

ГБОУ ВПО УГМУ  
Минздрава РФ  
кафедра биохимии

Лекция

**Кровь. Общие свойства.  
Биохимия плазмы крови**

**Екатеринбург  
2014**

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Кровь: клеточный состав, функции, физико-химические константы и свойства.
2. Плазма и сыворотка крови: качественный и количественный состав органических соединений их классификация, функции и клинко-диагностическое значение. Неорганические соединения: перечислить; их общие функции.
3. Белки и ферменты плазмы крови: классификация, методы количественного определения и качественного разделения. Клинко-диагностическое значение электрофореграмм. Гипо- гипер- парадис- протеинемии: определение понятий причины, диагностическое значение, последствия.
4. Альбумины: место биосинтеза, особенности структуры, физико-химические свойства, физиологическая роль, диагностическое значение.
5. Глобулины  $\alpha$  и  $\beta$  фракций: характеристика отдельных представителей по структуре, физико-химическим свойствам, физиологическим функциям, диагностическому значению. Белки острой фазы воспаления -  $\alpha$ 1-антитрипсин, гаптоглобин, С-реактивный белок,  $\alpha$ 2-макроглобулин: причины появления, место биосинтеза, физиологическое и клиническое значение.
6. Иммуноглобулины: классификация, общая структура, место биосинтеза, функции каждого класса. Другие регуляторы иммуногенеза: интерлейкины, интерфероны, система комплемента и др.- понятие, место биосинтеза, функции.

# Функции крови:

1. Основная функция крови - это **транспорт** веществ и тепловой энергии;
  - **Дыхательная функция.** Кровь переносит газы:  $O_2$  от легких к органам и тканям, а обратно  $CO_2$ ;
  - **Трофическая и выделительная функция.** Кровь доставляет органам и тканям питательные вещества, забирая от них продукты метаболизма;
  - **Коммуникативная функция.** Кровь переносит гормоны от места их синтеза к органам-мишеням;
  - **Кровь транспортирует по организму воду и ионы;**
  - **Терморегуляторная функция.** Кровь перераспределяет в организме тепловую энергию;
2. Кровь содержит различные **буферные системы**, которые участвуют в поддержании кислотно-основного равновесия;
3. Кровь, с помощью неспецифического и специфического иммунитета, **защищает организм** от внешних и внутренних вредных факторов.

# Общие и специфические свойства крови:

1. Объем 4-6 л.
2. Удельная плотность крови – 1050-1060 г/л; плазмы – 1,025-1,034 г/л; эритроцитов – 1,080-1,097 г/л;
3. Вязкость – 4 – 5 мПа;
4. рН капиллярной крови – 7.37 – 7.45; рН венозной крови 7.32 – 7.42;
5. Осмотическое давление: 7,6 атм.
6. Онкотическое давление – 0,03 атм.
7. СОЭ: мужчины – 1 – 10 мм/ч; женщины – 2-15 мм/ч;
8. Цветовой показатель – 0,86 – 1,05;
9. Гематокрит: мужчины – 40-48%; женщины – 36-42%

**Кровь** является разновидностью соединительной ткани и, как любая ткань, состоит из клеток и межклеточного вещества.

## 1. КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ КРОВИ

Форменные элементы (клетки) крови составляют 45% от общего объема крови.

№	Клетки крови	Концентрация	% от общего V крови	
1	Эритроциты	у ♂ $4,0-5,1 * 10^{12}/л$ у ♀ $3,7-4,7 * 10^{12}/л$	44	
2	Тромбоциты	$180-320 * 10^9/л$	≈1	
3	Лейкоциты	$4,0-8,8 * 10^9/л$	<1	

В основном форменные элементы крови образуются в красном костном мозге, разрушаются в селезенке

# Гематологические исследования

Этилендиаминтетраацетат (**ЭДТА**, трилон Б) - антикоагулянт для **гематологических и ПЦР исследований**.

ЭДТА создает хелатные соединения с IV фактором свертывания крови ( $\text{Ca}^{2+}$ ) с образованием растворимых высокостабильных комплексов.



**ЭДТА-К2/3. Цвет крышки – сиреневый (маркировка G2K\*, P2K\*, G3K\*, P3K\*)**

Цитрат натрия является антикоагулянтом для сбора венозной крови с целью проведения исследований **коагуляционных свойств крови.**

Антикоагуляционные свойства цитрата проявляются в формировании комплекса с ионами  $\text{Ca}^{2+}$ .



**Цитрат натрия.**  
Цвет крышки – голубой  
(маркировка G8C\*, P8C\*,  
G2C\*, P2C\*)

# Биохимические исследования

## 2. МЕЖКЛЕТОЧНОЕ ВЕЩЕСТВО КРОВИ

Межклеточное вещество крови называется **плазмой крови**, она составляет 55% от общего объема крови.

Для получения плазмы крови, цельную кровь центрифугируют с антикоагулянтами:



ЭДТА



Цитрат натрия



Гепарин

## Для проведения исследований:

- электrolитного состава крови,
- газового состава крови,
- содержания алкоголя в крови.



## Гепарин

маркировка (GLH\*,  
PLH\*, GSH\*, PSH\*)

Гепарин активирует создание комплексов между антитромбином III и тромбином, факторами XIIa, XIa, Xa, IXa и VIIa. В таком комплексе факторы свертывания инактивируются необратимо.

## Для определения концентрации глюкозы в крови

Фторид натрия ингибирует киназы и позволяет предотвратить потребление глюкозы в гликолизе клетками крови



Фторид натрия/ЭДТА калия.  
Цвет крышки – серый  
(маркировка GSF\*, PSF\*)

Нельзя использовать для определения активности ферментов.

Существует также понятие **сыворотка крови**, в отличие от плазмы сыворотка крови не содержит белок фибриноген.

Сыворотку крови получают при центрифугировании цельной крови без антикоагулянта, с фактором свертывания крови (clot activator).



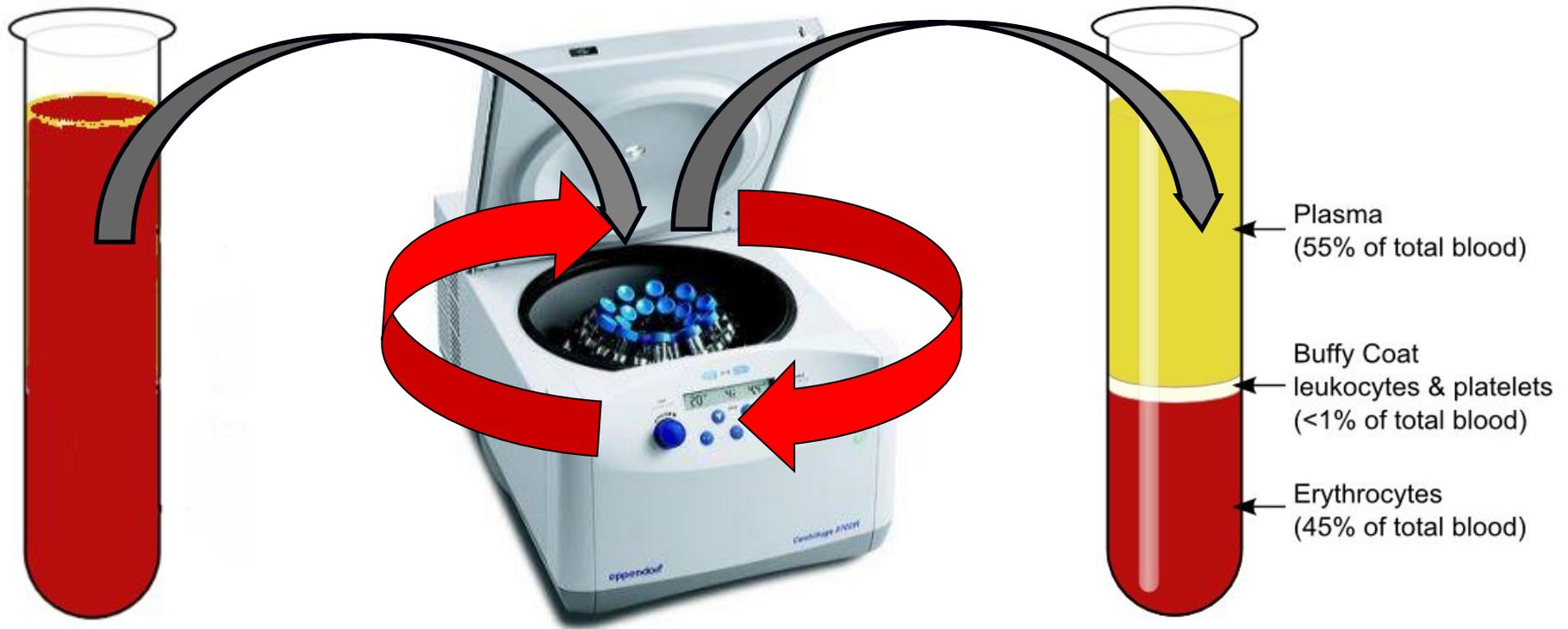
кремния диоксид



кремния диоксид  
+ олефиновый гель

Сыворотка крови применяется для биохимических, ИФА и иммунологических исследований

# Центрифугирование



# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Группа	Вещество	В плазме
Растворитель	Вода	90-91%
Сухой остаток	Орг и неорг. вещества	9-10%
Белки	Общий белок	65-85 г/л
Углеводы	Глюкоза	3,3 - 5,5 ммоль/л (капил) 3,3- 6,1 ммоль/л (венозн)
	Фруктоза	0,56-2,77 ммоль/л
	Галактоза	0,11-0,94 ммоль/л
	Молочная кислота	0,99-1,78 ммоль/л
	ПВК	45,6-91,2 мкмоль/л

# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛАЗМЫ КРОВИ

Группа	Вещество	В плазме
Липиды	Общие липиды	4,6-10,4 ммоль/л
	Общий холестерин	3,1-5,0 ммоль/л
	Холестерин ЛПВП	> 1,2 ммоль/л
	Холестерин ЛПНП	< 3 ммоль/л
	Фосфолипиды	1,95-4,9 ммоль/л
	Триглицериды	0,5-1,7 ммоль/л
	Свободные ЖК	0,3-0,8 мкмоль/л

# ОСТАТОЧНЫЙ АЗОТ (безбелковый азот)

## –7,06–14,1 ммоль/л (0,2–0,4 г/л)

Группа	Вещество	В плазме
<i>Низкомолекулярные орг. вещества</i>	Мочевина	<b>3,3-6,6 ммоль/л</b>
	Аммиак	11-32 мкмоль/л
	Креатин	♂ <b>13-53 мкмоль/л</b> ♀ <b>27-71 мкмоль/л</b>
	Креатинин	♂ <b>88-177 мкмоль/л</b> ♀ <b>44-141 мкмоль/л</b>
	Мочевая кислота	♂ 202-461 мкмоль/л ♀ 148-357 мкмоль/л
	Аминокислоты	<b>1,43-3,07 ммоль/л</b>
	Общий билирубин	8,6-20,5 мкмоль/л
	Билирубин неконъюгир.	75% от общего
	Билирубин моноглюкур	5 % от общего
	Билирубин диглюкур	20 % от общего

<b>Группа</b>	<b>Вещество</b>	<b>В плазме</b>
<b><i>Минер. вещества</i></b>	Натрий	130,5-156,6 ммоль/л
	Хлориды	96-110 ммоль/л
	Калий	3,48-5,3 ммоль/л
	Кальций	2,2-3,0 ммоль/л
	Магний	0,7-0,99 ммоль/л
	Железо	12,5-30,4 мкмоль/л
	Медь	11,02-22,04 мкмоль/л
<b><i>Газы</i></b>	O <sub>2</sub>	капил 83-108 мм рт.ст. веноз 37-42 мм рт.ст.
	CO <sub>2</sub>	♂ 35,8-46,6 мм рт.ст. ♀ 32,5-43,7 мм рт.ст.

1. Источниками органических компонентов крови являются пища, метаболические процессы протекающие в печени, ЖКТ, почках, эндотелии сосудов, других органах и тканях.
2. Минеральные компоненты поступают в кровь из пищи и могут выходить в кровь из органов тканей (костная)
3. Газы поступаю в кровь из воздуха,  $\text{CO}_2$  и из тканей при катаболизме.

# Белки крови

1. В плазме крови открыто более 100 видов белков, которые составляют 6,5- 8,5% объема плазмы.
2. Белки плазмы крови синтезируются в основном в печени и макрофагах, а также в эндотелии сосудов, в кишечнике, лимфоцитах, почках, эндокринных железах.
3. Разрушаются белки плазмы крови печенью, почками, мышцами и др. органами.
4. T<sub>1/2</sub> белков плазмы крови составляет от нескольких часов до несколько недель

# Функции белков крови:

- 1. Создают онкотическое давление.** Оно необходимо для удержания воды в кровяном русле.
- 2. Участвуют в свертывании крови.**
- 3. Образуют буферную систему (белковый буфер).**
- 4. Транспортируют в крови плохорастворимые в воде вещества (липиды, металлы 2 и более валентности).**
- 5. Участвуют в иммунных процессах.**
- 6. Образуют резерв аминокислот, который используется, например, при белковом голодании.**
- 7. катализируют некоторые реакции (белки-ферменты).**
- 8. Определяют вязкость крови, влияют на гемодинамику.**
- 9. Участвуют в реакциях воспаления.**

# Возрастные нормы содержания общего белка в сыворотке крови:

- новорожденные - 48-73 г/л,
- дети до 1 года - 47-72 г/л,
- дети 1-4 лет - 61-75 г/л,
- дети 5-7 лет - 52-78 г/л,
- дети 8-15 лет - 58-76 г/л,
- взрослые - 64-83 г/л,
- старше 60 лет - 62-81 г/л.



# Определение общего белка

## ПРИНЦИП

Белок реагирует в щелочной среде с раствором сульфата меди, содержащим тартрат (биуретовый реагент), формируя фиолетово-голубой комплекс. Оптическая плотность образующегося комплекса пропорциональна концентрации белка в пробе.

# Гипопротеинемия – снижение белка в крови

## Абсолютная:

- **Острое и хроническое воспаление**
  - Ревматические болезни.
  - Термические ожоги.
  - Большинство бактериальных инфекций.
  - Вирусные инфекции.
  - Некроз ткани.
  - Некоторые паразитарные поражения.
- **Понижение синтеза в печени**
  - заболевания печени.
  - нарушения питания.
  - злокачественные новообразования.
  - сердечная недостаточность.
  - врожденная альбуминемия.
  - при беременности.

- **Увеличение потери через поверхность тела**
  - Нефротический синдром.
  - Термические ожоги.
  - Травмы и раздавливание тканей.
  - Транссудация или экссудация из полых органов или эпителиальных поверхностей.
  - После кровотечений и введения кровозамещающих жидкостей.
  - Желудочно-кишечные и лимфатические фистулы.
- **Повышение катаболизма**
  - Повышенная температура тела.
  - Семейная идиопатическая гипопропротеинемия.
  - Состояния гиперметаболизма гормонального происхождения ( тиреотоксикоз, некоторые злокачественные новообразования).

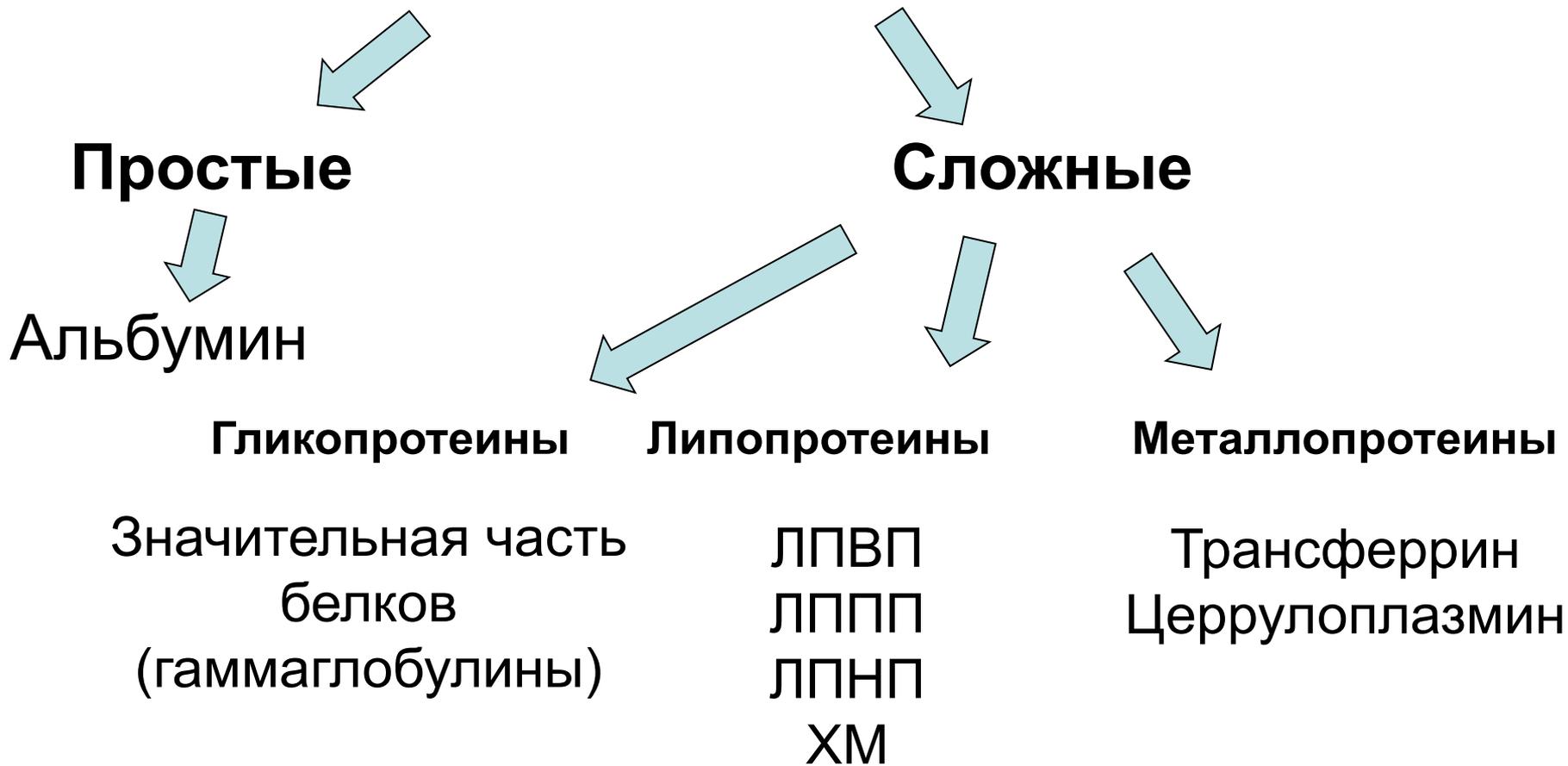
### **Относительная:**

- **Повышение объёма крови (гиперволемиа)**

# Гиперпротеинемия – повышение белка в крови

- **Абсолютная:** миеломной болезни и болезни Вальдемстрема - повышенным образованием патологических белков;
- **Относительная:** дегидратации организма при: травмах, ожогах, тяжелых инфекциях.

# Строение белков плазмы крови



# Фракции белков

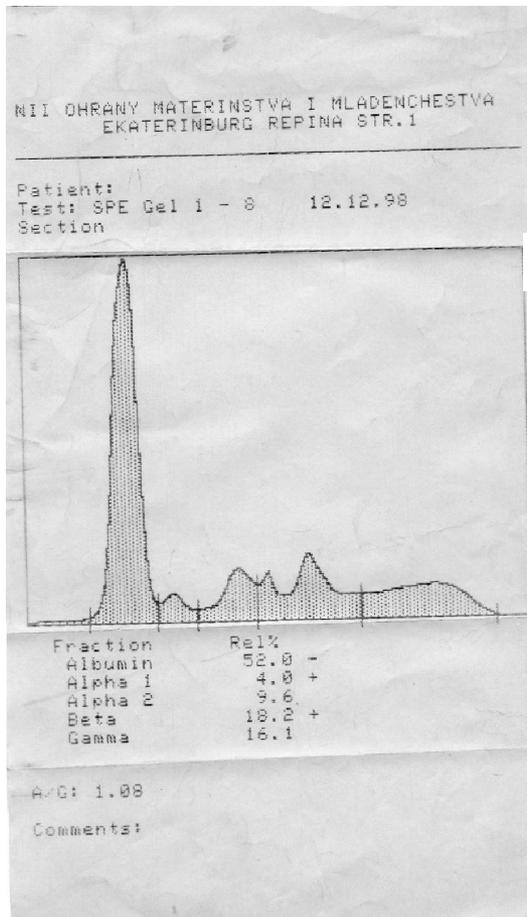
## Электрофорез

- на бумаге выделяют 5 белковых фракций,
- в агаровом геле — 7—8,
- в крахмальном геле — 16—18,
- методом иммуноэлектрофореза — около 30

**Высаливание** (3 фракции: альбумины, глобулины и фибриноген)

**Осаждение в спиртовом растворе**

# Денситограмма белков сыворотки крови



альбумины

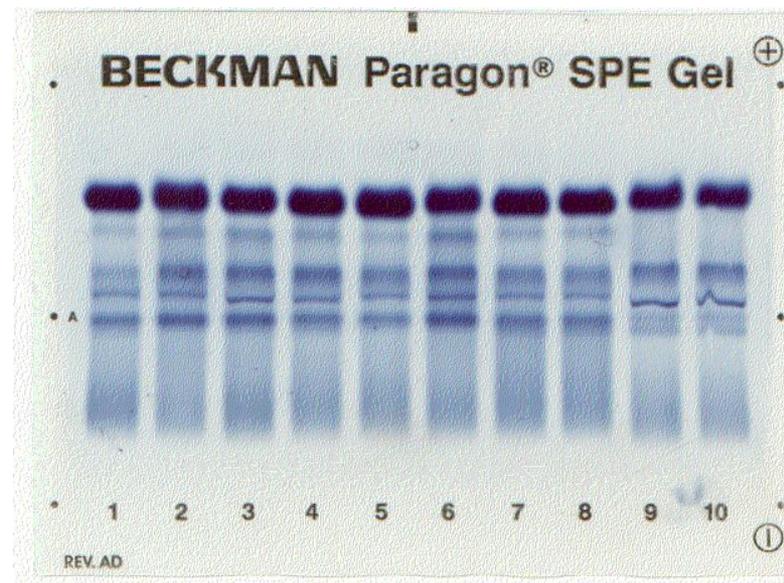
глобулины  $\alpha_1$

глобулины  $\alpha_2$

глобулины  $\beta$

глобулины  $\gamma$

# Электрофореграмма белков сыворотки крови (10 пациентов)



# Показатели белкового обмена плазмы крови у взрослых людей

**Общий белок**            65-85 г/л (100 %)

Белковые фракции :

**Альбумины**            40-50г/л (51 – 61,5%)

**Глобулины**            20-30г/л (33,2 – 43,5%)

- Альфа 1 – глобулины    3,6 – 5,6%
- Альфа 2 – глобулины    5,1 – 8,3%
- Бета – глобулины        9 – 13%
- Гамма – глобулины      15 – 22%

**Фибриноген**            2-4г/л (3 – 4%)

Альбумин/ глобулин    1,2 – 1,9

Нарушение соотношения белковых фракций плазмы крови называется **диспротеинемия**.

**Парапротеинемия** – появление в плазме крови нехарактерных белков.

**$\alpha$ -Фетоглобулин** — один из фетальных антигенов, которые циркулируют в крови примерно у 70% больных с первичной гепатомой. Этот антиген выявляется также у пациентов с раком желудка, предстательной железы и примитивными опухолями яичка.

Диспротеинемии определяются диспротеинемическими тестами:

1. Проба Вельтмана (0,4-0,5 мл раствор  $\text{Ca}^{2+}$ )
2. Сулемовая проба (1,6-2,2 мл  $\text{HgCl}_2$ )
3. Тимоловая проба (тимоловый буфер)

# Белки острой фазы воспаления

Понятие "белки острой фазы" объединяет до 30 белков плазмы крови, участвующих в реакции воспалительного ответа организма на повреждение. Белки острой фазы синтезируются в печени, их концентрация существенно изменяется и зависит от стадии, течения заболевания и массивности повреждения.

Синтез белков острой фазы воспаления в печени стимулируют вещества, образующиеся в очагах воспаления:

- 1). ИЛ-6,
- 2). ИЛ-1 и сходные с ним по действию (ИЛ-1 а, ИЛ-1Р, факторы некроза опухолей ФНО-ОС и ФНО-Р);
- 3). Глюкокортикоиды;
- 4). Факторы роста (инсулин, факторы роста гепатоцитов, фибробластов, тромбоцитов).

# Классификация белков острой фазы (воспаления) по механизму действия

1. ингибиторы протеаз (кислый  $\alpha$ 1-гликопротеид,  $\alpha$ -антитрипсин);
2. антиоксиданты (гаптоглобин, церулоплазмин);
3. иммуноглобулины и антителоподобные вещества (антитела, С-реактивный белок).

# Классификация белков острой фазы (воспаления) по реакции

- **Положительные** – при воспалении повышаются (СРБ, кислый  $\alpha$ 1-гликопротеид,  $\alpha$ 1- Антитрипсин, Гаптоглобин, Фибриноген, церулоплазмин)
- **Отрицательные** – при воспалении снижаются (альбумин, преальбумин, трансферин)
- **Нейтральные** – при воспалении не изменяются (гаммаглобулины G, A, M,  $\alpha$ 2 – Макроглобулин)

# **Основные представители белков плазмы крови**

# Альбумины

Основным белком этой фракции является альбумин.



- **Альбумин.** Простой белок из 585 АК, имеет много дикарбоновых АК, обладает высокой гидрофобностью.
- Синтезируется в печени (12 г/сут), утилизируется почками, энтероцитами и др. тканями.  $T_{1/2}=20$  дней.
- 60% - в межклеточном веществе,
- 40% - в кровяном русле.
- В плазме 40-50г/л, они составляют 60% всех белков плазмы крови.
- Функции: поддержание онкотического давления (вклад 80%), транспорт СЖК, билирубина, жёлчных кислот, стероидных и тиреоидных гормонов, ХС, лекарств, неорганических ионов ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ), является источником аминокислот.

**Диспротеинемия преимущественно за счет гипоальбуминемии.**

# Глобулины

## $\alpha$ 1-глобулины:

$\alpha$ 1-антитрипсин

Кислый  $\alpha$ 1-гликопротеин

ЛПВП

Протромбин

Транскортин

Тироксинсвязывающий  
глобулин

## $\alpha$ 2-глобулины:

$\alpha$ 2-макроглобулин

Гаптоглобин

Витамин Д-связывающий  
белок

Церулоплазмин

Антитромбин III

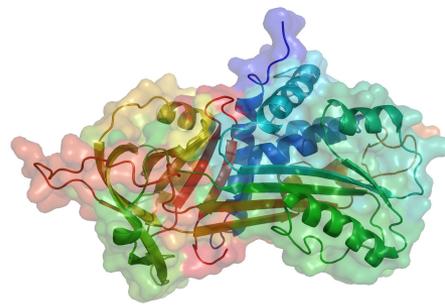
Ретинолсвязывающий белок

Парапротеины

- β-глобулины:
- ЛПОНП, ЛППП, ЛПНП
- Трансферрин
- Фибриноген
- С-реактивный белок

- γ-глобулины  
(антитела).
- Классы: G, A, M, E, D.

# $\alpha$ 1-глобулины:

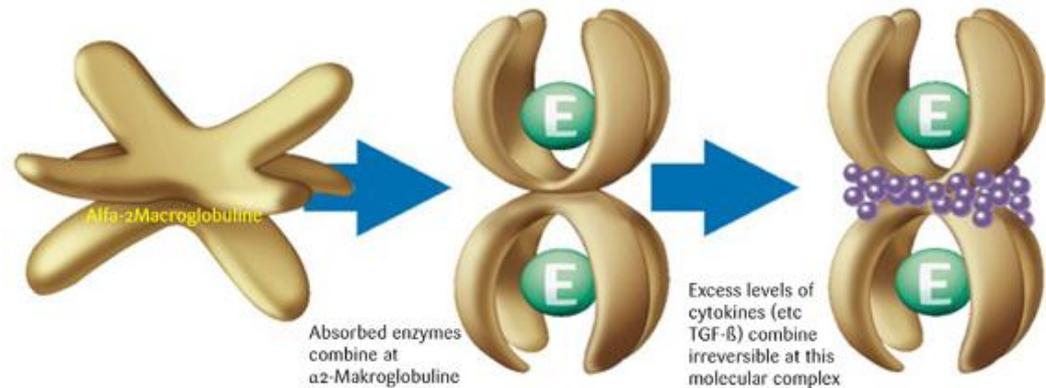


**$\alpha$ 1-Антитрипсин** - гликопротеин, синтезируемый печенью. В плазме 2,5г/л. Белок острой фазы +. Ингибитор протеаз, в том числе эластаз нейтрофилов, которые разрушают эластин альвеол лёгких и печени. Ингибирует коллагеназу кожи, химотрипсин, протеазы грибов и лейкоцитов. При дефиците могут возникнуть эмфизема лёгких и гепатит, приводящий к циррозу печени.

**Кислый  $\alpha$ 1- гликопротеин**, синтезируется печенью. В плазме 1 г/л. Белок острой фазы +. Транспортирует прогестерон и сопутствующие гормоны.

- Диспротеинемия за счет :
- 1). снижения синтеза  $\alpha$ 1-антитрипсина.
  - 2). Потере белков этой фракции с мочой при нефротическом синдроме.
  - 3). повышения белков острой фазы в период воспаления.

# α2-глобулины



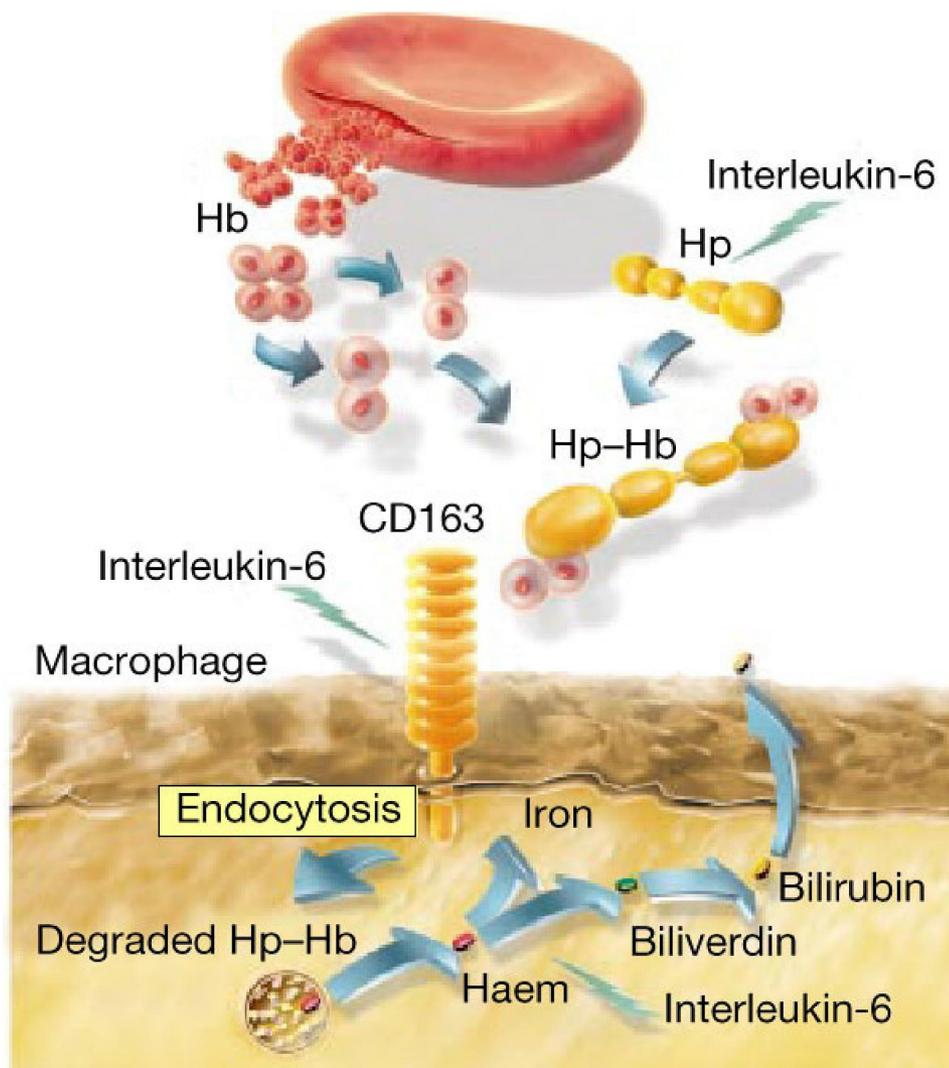
**α2-Макроглобулин** очень крупный белок (725 кДа), синтезируется в печени. Белок острой фазы +.

В плазме 2,6 г/л.

Главный ингибитор множество классов протеиназ плазмы, регулирует свертывание крови, фибринолиз, кининогенез, иммунные реакции.

Уровень в плазме уменьшается в острой фазе панкреатита и карциномы простаты, увеличивается - в результате гормонального эффекта (эстрогены).

**Гаптоглобин** – гликопротеид, синтезируется в печени. В плазме 1 г/л. Белок острой фазы +. Связывает гемоглобин с образованием комплекса, обладающего пероксидазной активностью, препятствует потери железа из организма. Ингибирует катепсины С, В и L, может участвовать в утилизации некоторых патогенных бактерий.



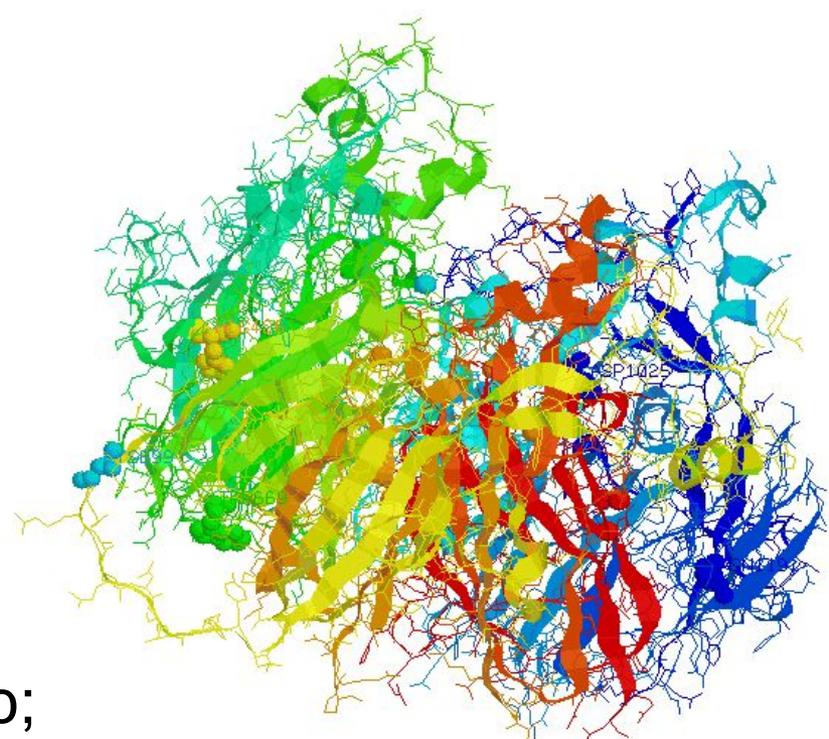
The Hp-Hb complex is engulfed by the macrophage and digested to release haem.

Dennis, C., *Nature* 2001 409(6817) p141-143

**Церулоплазмин** - главный медьсодержащий белок плазмы (содержит 95% меди в плазмы), синтезируется в печени.

Белок острой фазы +.

В плазме 0,35 г/л.  $T_{1/2}=6$  суток.

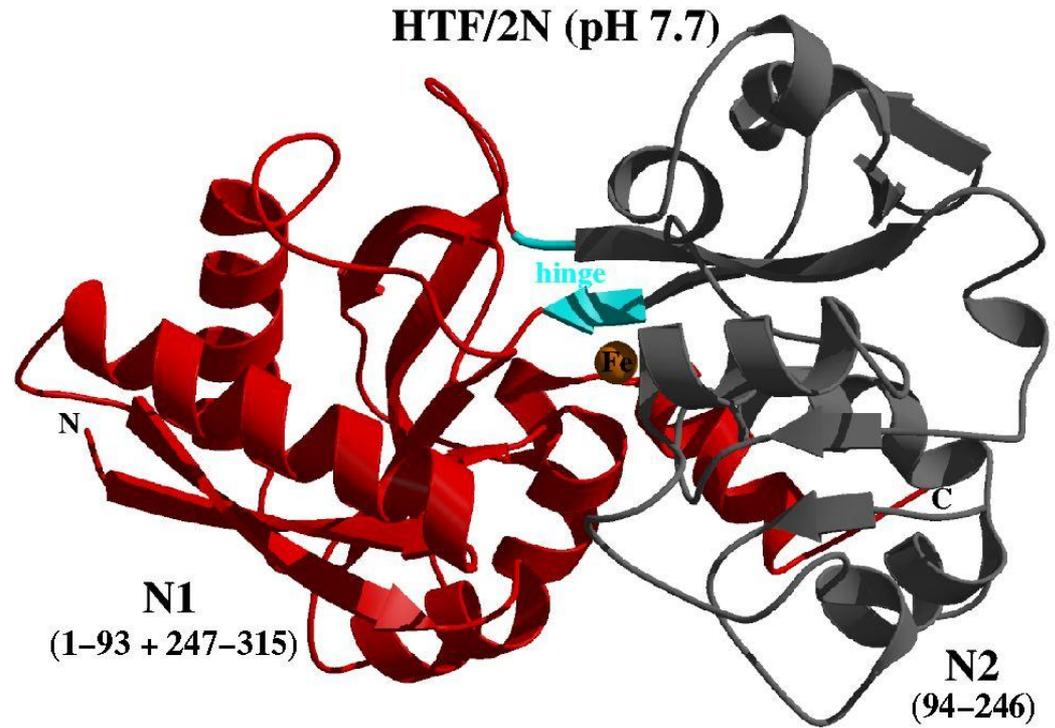


Обладает оксидазной активностью; обеспечивает транспорт железа в трансферине ( $Fe^{3+}-Fe^{2+}$ ), активирует окисление аскорбиновой кислоты, норадреналина, серотонина и сульфгидрильных соединений, инактивирует активные формы кислорода, предотвращая ПОЛ.

Диспротеинемия при воспалении, т.к. в этой фракции содержатся белки острой фазы.

# β-глобулины

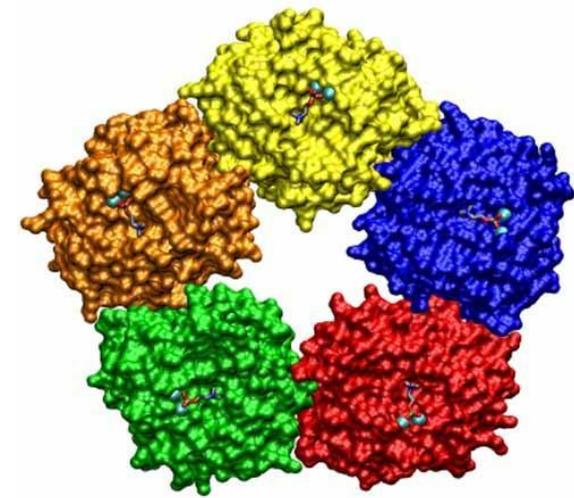
**Трансферрин** –  
гликопротеин,  
синтезируется  
печенью.  
В плазме 3 г/л.  
 $T_{1/2}=8$  суток.  
Главный транспортер  
железа в плазме



При снижении концентрации железа синтез трансферрина возрастает. Белок острой фазы «-».  
Снижается при печеночной недостаточности.

**C-реактивный белок** синтезируется преимущественно в гепатоцитах (может эндотелиоцитами артерий). В плазме <0,01 г/л. Белок острой фазы +++.

Синтез стимулируют антигены, иммунные комплексы, бактерии, грибы, травма. Способен связывать микроорганизмы, токсины, частицы поврежденных тканей, препятствуя их распространению



Эти комплексы активируют комплемент по классическому пути, стимулируя процессы фагоцитоза и элиминации вредных продуктов. Обладает антигепариновой активностью, ингибирует агрегацию тромбоцитов.

СРБ - это маркер скорости атеросклероза, воспалительных заболеваний различных органов.

- Диспротеинемия может возникать при 1). некоторых дислиппротеинемиях;  
2). воспалении, т.к. в этой фракции содержатся белки острой фазы;  
3). При нарушении свертывающей системы крови

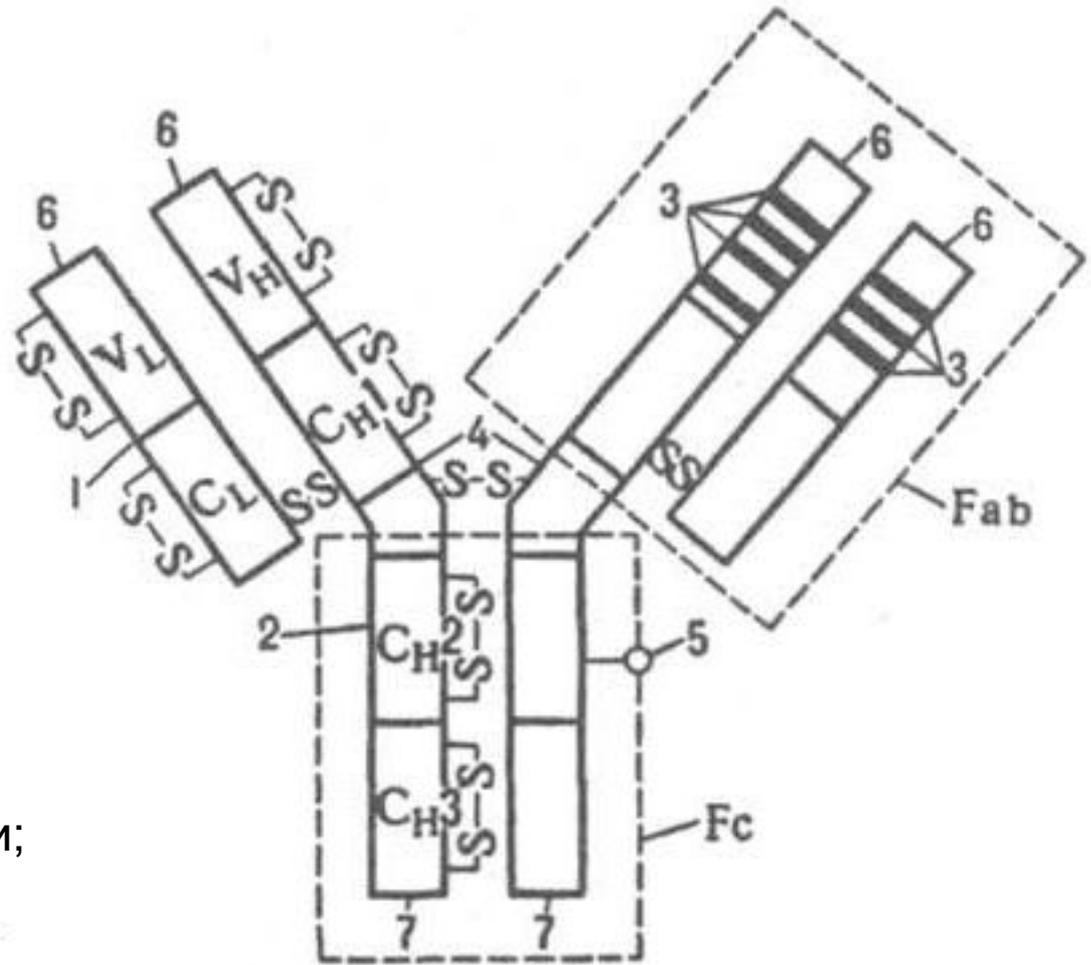
# Гаммаглобулины

Синтезируются функционально активными В-лимфоцитами (плазмоцитами).

У взрослого человека  $10^7$  клонов В-лимфоцитов которые синтезируют  $10^7$  видов  $\gamma$ -глобулинов.

Все  $\gamma$ -глобулины разделены на 5 классов G, A, M, D, E.  
В каждом классе выделяют несколько подклассов.

# Строение гаммаглобулина – антитела



1 - легкая цепь;

2 - тяжелая цепь;

3 - гипервариабельные участки;

4 - шарнирная область;

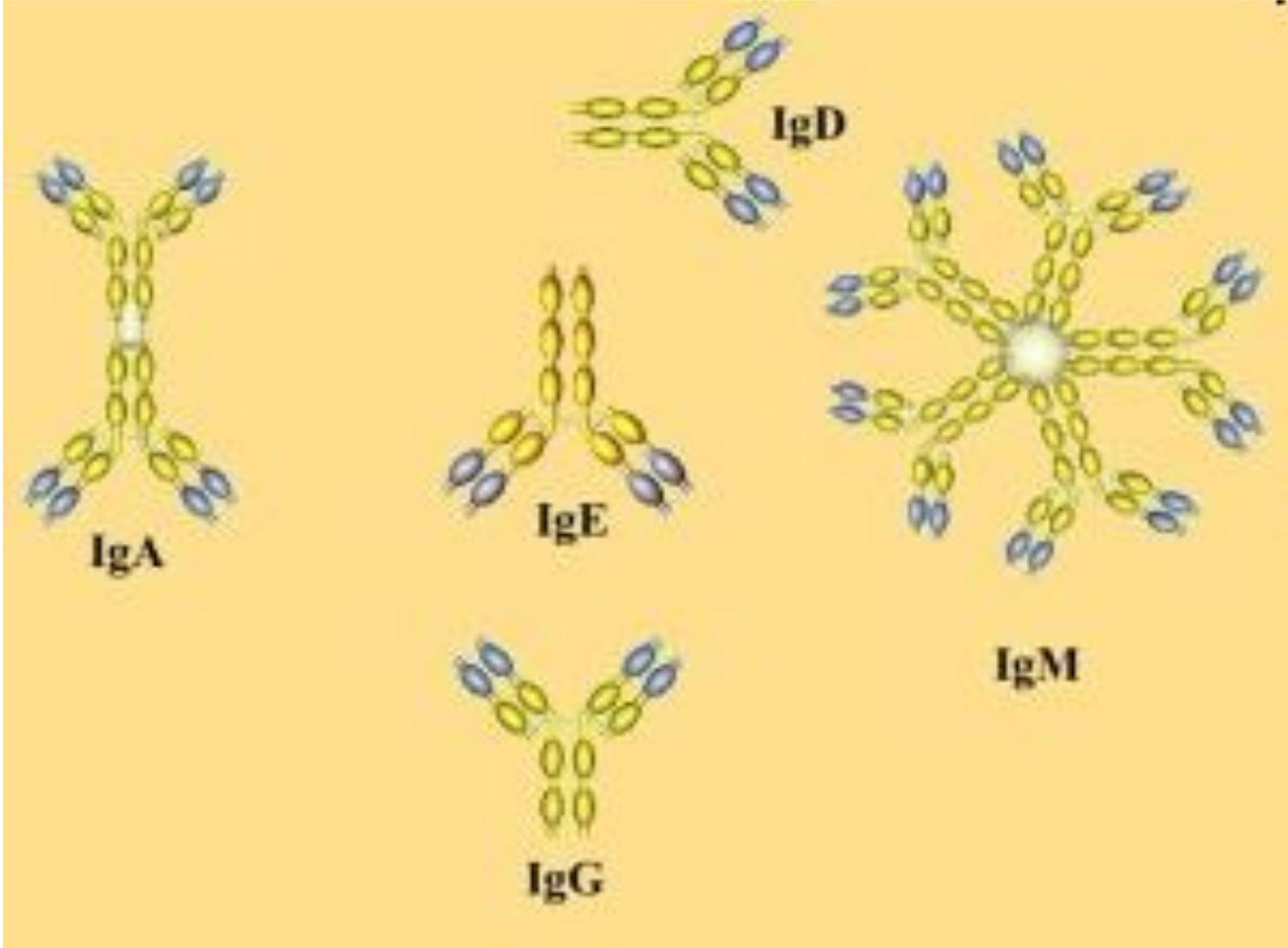
5 - остаток олигосахарида;

6 - N-концы;

7 - C-концы; VL и VH - соотв. вариабельные домены легкой и тяжелой цепей;

CH1, CH2 и CH3 - постоянные домены тяжелой цепи;

пунктиром обведены Fab- и Fc-фрагменты.



**Иммуноглобулины G** – мономеры, 75% от общего количества Ig.

Ведущая роль в обеспечении длительного гуморального иммунитета при инфекционных заболеваниях.

Синтезируются в ответ на хроническую, возвратную инфекцию или аутоиммунное заболевание (вторичный иммунитет).

Участвуют в нейтрализации бактериальных экзотоксинов, фагоцитозе, фиксации комплемента, в аллергических реакциях.

Имеет небольшой молекулярный вес могут (единственные из всех иммуноглобулинов) проникать через плаценту от матери к плоду, обеспечивая пассивный иммунитет новорожденного к некоторым инфекционным заболеваниям, например, к кори.

В крови плода и новорожденного содержатся только материнские IgG. Они исчезают в течении 9 месяцев после рождения когда начинается синтез собственных IgG

## **Иммуноглобулины М – пентамеры, 5-10% от общего количества Ig.**

Называют макроглобулинами из-за высокой (около 900 кДа) молекулярной массы;

IgM - наиболее древний класс антител.

Обеспечивают первичный иммунный ответ.

Синтезируется плазматическими клетками, мало проникают в ткани.

IgM эффективно связываются с комплементом, вызывают агглютинацию бактерий, нейтрализацию вирусов.

Играют важную роль в активации фагоцитоза и элиминации возбудителя из кровеносного русла.

IgM вырабатываются уже у плода.

Повышенное содержание IgM в пуповинной крови - диагностический критерий внутриутробной инфекции плода.

**Иммуноглобулины IgA** - моно и димеры, 10-15 % от общего количества Ig.

**Секреторные IgA** -80% находится на поверхности слизистых оболочек, в молоке, молозиве, слюне, в слезном, бронхиальном и желудочно-кишечном секрете, желчи, моче.

В основном в виде димеров: 2 мономерные единицы нековалентно связаны секреторным компонентом (полипептид - продуцируется эпителиальными клетками слизистых оболочек и секреторных желез облегчает транспорт IgA через эпителий и защищает молекулы IgA от расщепления пищеварительными ферментами).

**Сывороточные IgA** -20% - в основном в виде мономеров.

Обеспечивают местный иммунитет, защиту дыхательных, мочеполовых путей и желудочно-кишечного тракта от инфекций.

IgA обладают антиадсорбционным действием: препятствуют прикреплению бактерий, микроорганизмов и вирусов к поверхности эпителиальных клеток, защищая их от повреждения.

IgA не проходят через плацентарный барьер:

1. у новорожденных около 1% от уровня взрослых,
2. к концу 1 года около 20 % от уровня взрослых.
3. К 5 годам до 100% от уровня взрослых.

**Иммуноглобулины Е** мономерны, в крови < 0,001% от общего количества Ig.

Ввырабатываются в подслизистом слое тканей, контактирующих с внешней средой (кожа, дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, миндалины, аденоиды).

IgE фиксируются на поверхности тучных клеток, базофилов и эозинофилов.

Аллерген попавший в организм взаимодействует с IgE. Комплексы "IgE - антиген", открывают каналы кальция, который попав в клетки, вызывает выброс гистамина и других биологически активных веществ в межклеточное пространство. Это приводит к развитию местной воспалительной реакции, проявляющейся в виде ринита, бронхита, астмы, сыпи или формирует системную реакцию в виде анафилактического шока.

Повышенные уровни общего IgE связаны с гиперчувствительностью немедленного типа. У лиц, страдающих аллергией, IgE повышен, как во время атопических приступов, так и между ними.

Синтез IgE начинается уже у плода на 11 неделе, через плаценту он не проникает. Высокий уровень IgE в пуповинной крови является индикатором высокого риска атопических заболеваний.

# Ферменты плазмы крови

1. **Секреторные** – синтезируются в печени, эндотелии кишечника. Поступают в кровь. Где выполняют свои функции (ферменты свертывающей и противосвертывающей системы крови тромбин, плазмин, ферменты обмена липопротеинов ЛХАТ, ЛПЛ).
2. **Тканевые** – ферменты клеток органов и тканей. Некоторые имеют диагностическое значение – индикаторные. (ЛДГ с 5 изоформами, креатинкиназа с 3 изоформами, АСТ, АЛТ, кислая и щелочная фосфатаза и т.д.)
3. **Экскреторные** – синтезируются железами ЖКТ и участвуют в пищеварении. (при панкреатите в крови обнаруживают липазу, амилазу, трипсин, при воспалении слюнных желез – амилазу, при холестазах – щелочную фосфатазу (из печени))

**Спасибо за внимание!**