

# **Физиология лейкоцитов. Иммунитет.**

План лекции:

I. Характеристика лейкоцитов.

Лейкоцитарная формула

II. Функции лейкоцитов

III. Регуляция лейкопоэза

IV. Виды иммунитета

V. Кооперация иммунокомпетентных клеток  
в иммунном ответе

# **I. Характеристика лейкоцитов. Лейкоцитарная формула**

**Лейкоциты (Лц)** – бесцветные ядерные клетки крови.

Размеры Лц – 4-20 мкм

Количество Лц –  $4 \cdot 10^9/\text{л}$  –  $9 \cdot 10^9/\text{л}$

**Лейкоцитоз** – увеличение количества Лц

**Лейкопения** – уменьшение количества Лц

Классификация Лц:

1) Зернистые Лц или гранулоциты (нейтрофилы, эозинофилы и базофилы)

2) Незернистые Лц или агранулоциты (моноциты и лимфоциты)

Физиологические свойства Лц:

- 1) Амебовидная подвижность
- 2) Миграция (диapedез) – способность Лц проникать через стенку неповрежденных капилляров
- 3) Фагоцитоз

**Лейкограмма** или **лейкоцитарная формула** выражает процентное содержание различных видов лейкоцитов в крови

# Лейкоцитарная формула здорового человека (в %)

**Гранулоциты**

**Агранулоциты**

## Нейтрофилы

юные Палочко- Сегменто-  
ядерные ядерные

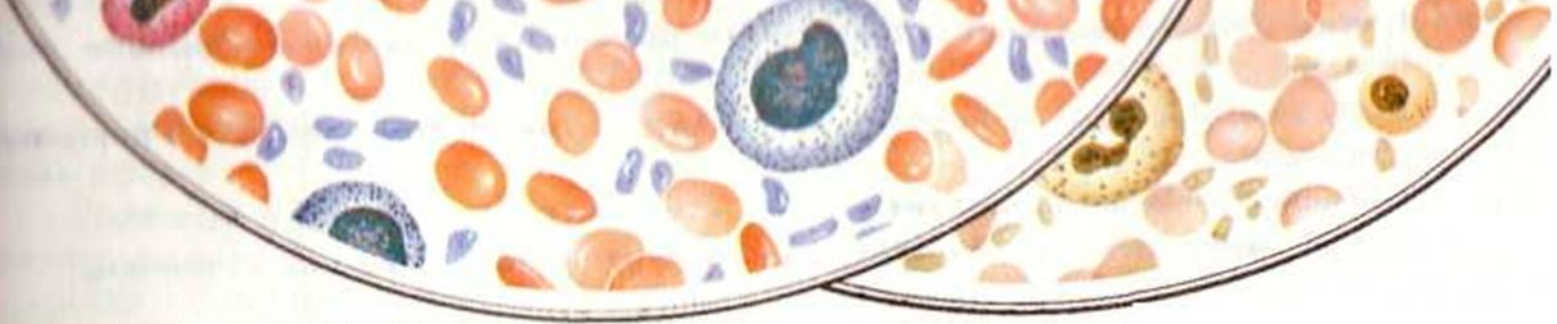
Базофилы

Эозинофилы

Лимфоциты

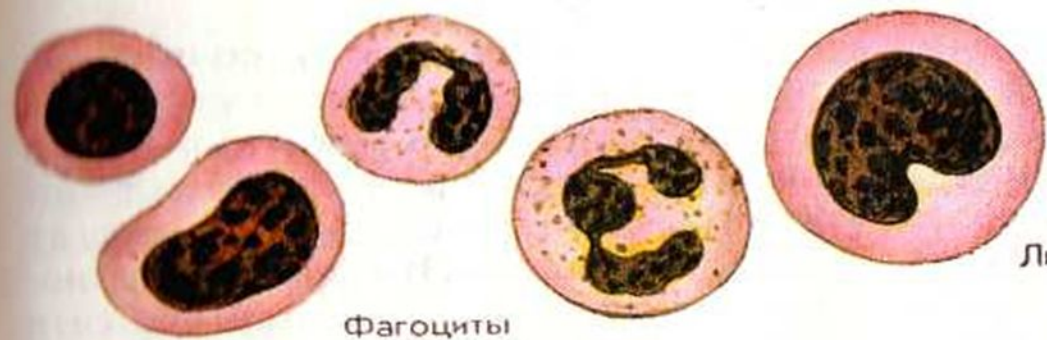
Моноциты

0 – 1    1 – 5    45 – 65    0 – 1    1 – 5    25 – 40    2 - 8



Обращенный препарат крови

Лейкоциты



Лимфоциты

Фагоциты

Кровяные пластинки

Эритроциты



Сдвиг влево лейкограммы является следствием повышенной функции красного костного мозга и сопровождается увеличением в крови молодых форм нейтрофилов (миелоцитов, метамиелоцитов и палочкоядерных нейтрофилов).

Сдвиг вправо – понижение функций красного костного мозга – характеризуется увеличением содержания в крови старых форм нейтрофилов (сегментоядерных нейтрофилов )

Вывод:

Лц – бесцветные клетки крови, способные проникать через стенку капилляров и фагоцитировать. Процентное содержание отдельных видов Лц между собой называется лейкоцитарной формулой

## II. Функции лейкоцитов

- 1) Защитная (фагоцитоз микробов, отмирающих клеток, бактерицидное и антитоксическое действие, участие в иммунных реакциях, в процессе свертывания крови и фибринолизе)
- 2) Регенеративная (способствуют заживлению поврежденных тканей)
- 3) Транспортная (являются носителями ряда ферментов)

**Фагоцитоз** – компонент иммунитета, характеризуется распознаванием, поглощением и перевариванием фагоцитами различных чужеродных корпускулярных объектов и отмирающих клеток

В зависимости от локализации выделяют внутрисосудистый и тканевой фагоцитоз, который может быть завершенным и незавершенным.

Все Лц, обладающие способностью к фагоцитозу делятся на 2 группы: **микрофаги** и **макрофаги**. К микрофагам относятся гранулоциты (нейтрофилы, эозинофилы, базофилы), к макрофагам – моноциты костного мозга и крови, а также свободные и фиксированные макрофаги тканей (мигрировавшие моноциты)

Моноциты и макрофаги тканей являются основными клетками **моноклеарно-фагоцитирующей системы (МФС)**



Макрофаги соединительной ткани называются гистиоцитами, печени – звездчатыми ретикулоэндотелиоцитами (купферовские клетки), легких – альвеолярными макрофагами

### **Стадии фагоцитоза:**

- 1) Стадия приближения (хемотаксиса) фагоцита к объекту фагоцитоза
- 2) Стадия аттракции – распознавание и прикрепление фагоцита к объекту фагоцитоза с помощью опсонинов – компонентов плазмы крови, способных осаждаться на поверхности чужеродного объекта
- 3) Стадия поглощения частицы
- 4) Стадия киллинга (убивания) и переваривания жизнеспособных объектов

## Функциональные особенности гранулоцитов

- Сегментоядерные нейтрофилы, после созревания, задерживаются в костном мозге в течение 3-4 дней. Далее появляются в кровеносном русле на 6-8 часов, затем мигрируют в слизистые оболочки и ткани. Часть из них разрушается в тканях, часть удаляется из организма через ж-к-т. В кровоток обратно не возвращаются.

Нейтрофилы продуцируют гуморальные неспецифические факторы защиты – комплемент, лизоцим, интерферон.

Нейтрофилы первыми прибывают в место повреждения тканей так как обладают двигательной способностью

- Эозинофилы имеют округлую форму, диаметр -до 12 мкм, в крови циркулируют не более 5 часов и переходят в ткани. Накапливаются в подслизистом слое ЖКТ. В кровоток не возвращаются, разрушаются в тканях.

Количество эозинофилов повышается при аллергических реакциях, глистных инвазиях и аутоиммунных заболеваниях, что свидетельствует об участии эозинофилов в развитии воспалительных и иммунных реакций.

Эозинофилы поглощают и инактивируют гистамин, брадикинин и ряд БАВ

**Эозинофилия** – повышение количества эозинофилов

- Базофилы выходят в кровь через 2-7 дней после созревания, циркулируют около 6 часов. Базофилы участвуют в аллергических и воспалительных реакциях за счет содержания в них БАВ (имеют гранулы с гистамином, гепарином).

### Функциональные особенности агранулоцитов

- **Моноциты** – крупные клетки, размер – 12-18 мкм, являются предшественниками тканевых макрофагов, входят в МФС

После миграции в ткани, они превращаются в макрофаги, живут более 60 дней, сохраняя способность возвращаться в кровеносное русло.

Для них характерно максимальное количество лизосом, образование псевдоподий, наличие множества выростов и инвагинаций на мембране.

Моноциты обеспечивают реакции клеточного, противоинфекционного и противоопухолевого иммунитета

- Лимфоциты являются основным звеном специфического иммунитета. Популяция В-лимфоцитов сложна и гетерогенна. Различают В-супрессоры (подавляют иммунный ответ), В-клетки иммунной памяти и В-киллеры, осуществляющие цитоллиз клеток мишеней.

В-лимфоциты обеспечивают реакции гуморального иммунитета. В-лимфоцит превращается в антителопродуцирующую клетку – **плазмоцит**

# Лимфоциты



Т – лимфоциты

распознают антигены, расшифровывают  
их химическую структуру

В – лимфоциты

получив информацию об антигене  
от Т-лимфоцитов, начинают  
размножаться и вырабатывать антитела

Таким образом, лейкоциты обеспечивают фагоцитоз, вырабатывают неспецифические гуморальные факторы защиты, участвуют в воспалительных, аллергических реакциях, обеспечивают развитие иммунитета

### **III. Регуляция лейкопоэза**

**Лейкопоэз** – продукция Лц в органах кроветворения. Различают миелопоэз – созревание гранулоцитов и моноцитов и лимфопоэз – процесс созревания лимфоцитов

#### **Регуляция миелопоэза**

Стимуляторами миелопоэза являются **лейкопоэтины** (колониестимулирующий фактор – КСФ). КСФ – гликопротеид, имеет гетерогенный состав.

Для стимулирования продукции моноцитов достаточно низких концентраций КСФ, а для активации гранулоцитов нужны высокие концентрации КСФ.

Ингибиторами миелопоэза являются лактоферрин, кислый изоферритин и гранулоцитарные **кейлоны**. Кейлоны – пептиды, тормозят пролиферативную активность миелобластов и промиелоцитов.

Гормональная регуляция лейкопоэза:

- Катехоламины увеличивают выход Лц из депо
- Глюкокортикоиды ускоряют процессы созревания и старения Лц
- Андрогены усиливают лейкопоэз



## Регуляция лимфопоэза

Дифференцировка лимфоцитов стимулируется лимфопоэтинами. Подавляют лимфопоэз избыточная концентрация глюкокортикоидов, лимфоцитарные келлоны (вырабатываются селезенкой, тимусом, лимфобластами).

Раздражение симпатических нервов увеличивает количество нейтрофилов в крови. Раздражение блуждающего нерва ведет к уменьшению количества лейкоцитов.

Вывод: регуляция лейкопоэза осуществляется нейрогуморальным путем

## IV. Виды иммунитета

**Иммунитет (Имм.)**– способ защиты организма от живых тел и веществ, несущих на себе признаки генетической чужеродности

Иммунитет обеспечивается иммунной системой – совокупностью лимфоидных органов, тканей и клеток.

Центральные органы иммунной системы – тимус и костный мозг.

Периферические органы иммунной системы – лимфатические узлы, селезенка, лимфатическая ткань кишечника (аппендикс, пейеровы бляшки) и лимфотическая ткань носоглотки

Выделяют **неспецифический** (врожденный) и **специфический** (приобретенный) иммунитет

Неспецифический Имм. – клеточные и гуморальные механизмы, которые не имеют специфики в противодействии чужеродному началу и эффективны против любых чужеродных агентов

Специфический Имм. – механизмы защиты направленные против конкретных, определенных чужеродных агентов и обеспечивают ему специфическое противодействие

# Типы иммунитета

**Специфический иммунитет** носит индивидуальный характер и формируется на протяжении всей жизни в результате контакта его иммунной системы с различными микробами и антигенами. Он сохраняет память о перенесенной инфекции и препятствует ее повторному возникновению.

**Неспецифический иммунитет** практически одинаков у всех представителей одного вида и обеспечивает борьбу с инфекцией на ранних этапах ее развития, когда специфический иммунитет еще не сформировался.

Неспецифический иммунитет обеспечивается функционированием неспецифической гуморальной и неспецифической клеточной системами

Неспецифическая гуморальная система (гуморальный иммунитет) включает:

- 1) Система комплемента
- 2) Кининовая система
- 3) Пропердиновая система
- 4) Лейкины, плакины,  $\beta$ -лизины
- 5) лизоцим, интерфероны

Неспецифический клеточный механизм  
(неспецифический клеточный иммунитет):

- 1) Фагоциты (нейтрофилы, моноциты, макрофаги)
- 2) Нормальные киллеры (**НК-клетки**) – лимфоциты, обладающие цитотоксической активностью

## **Специфический иммунитет**

Т-система иммунитета включает тимус, Т-лимфоциты и цитокинины (группа регуляторных молекул), обеспечивает противовирусный и противоопухолевый Имм.

Предшественники Т-лимфоцитов из костного мозга переходят в тимус, где проходят дальнейшее развитие (пролиферацию, дифференцировку и селекцию). Созревшие Т-лимфоциты поступают в кровь и далее в

в лимфатические узлы и селезенку. Здесь продолжается дифференцировка Т-лимфоцитов ((антигензависимый этап иммуногенеза) – при 1-м контакте с антигеном образуется клеточный клон Т-лимфоцитов.

*Виды Т-лимфоцитов:*

- **Т-киллеры** (иммунный лизис клеток-мишеней, отторжение трансплантата)
- **Т-хелперы** (передача антигенного сигнала на В-лимфоцит, превращение его в плазмочит, синтез антител).
- **Т-супрессоры** (подавление иммунного ответа на антиген, предотвращение аутоиммунных реакций)
- **Т-клетки иммунной памяти** (обеспечение возможности воспроизведения иммунного ответа в случае повторного контакта с данным антигеном)

**В-система иммунитета** включает костный мозг, В-лимфоциты, антитела (иммуноглобулины А, Е, G и т. д.), приводит к накоплению специфических антител, нейтрализующих бактерии и их токсины.

В-лимфоциты проходят дифференцировку в костном мозге и пейеровых бляшках кишечника.

В-лимфоциты из костного мозга через кровотоки поступают в периферические лимфоидные органы (где концентрируется попавший в организм антиген), и приводят к процессам накопления специфических антител к данному антигену.



# Защитная функция системы крови

## Неспецифические механизмы

### Гуморальные

Система комплемента

Лейкины, плакины, в-лизины

Кининовая система

Внеклеточные и внутриклеточные белки

Пропердиновая система

### Клеточные

Фагоцитирующие клетки крови и ткани

НК-клетки

## Специфические механизмы

### T-система иммунитета

Тимус

Цитокины

T-лимфоциты

### B-система иммунитета

Костный мозг

Иммуноглобулины А, G, E, D, M

B-лимфоциты

## **V. Кооперация иммунокомпетентных клеток в иммунном ответе**

Иммунокомпетентными клетками являются лимфоциты и макрофаги.

1) Попавшие в кровоток антигены накапливаются в печени, костном мозге, селезенке и лимфатических узлах. Здесь антигены взаимодействуют с макрофагами и активируют их.

2) Макрофаги взаимодействуют с Т-хелперами, которые секретируют цитокины. Цитокины стимулируют пролиферацию В-лимфоцитов и их дифференцировку в плазматические клетки, синтезирующие антитела против данного антигена, и в клетки В-памяти. Последние превращаются в плазматические клетки при повторной встрече с антигеном.

3) Образовавшиеся антитела взаимодействуют с антигеном, образуя комплекс «антиген-антитело»  
Вследствие чего активируется система комплемента,

4) *Комплекс «антиген-антитело»* распознается макрофагом, взаимодействует с **тучными клетками**. Тучные клетки выбрасывают в кровь медиаторы воспаления (гистамин, серотонин)

5) *Комплекс «антиген-антитело»* взаимодействует с рецепторами НК-клетками, которые способны распознавать и убивать клетки, на которых находится *комплекс «антиген-антитело»*

Клеточное звено иммунитета:

Т-лимфоцит взаимодействует с антигеном, находящимся на поверхности клетки, в результате активируется Т-киллер, он выделяет белок **перфорин**. Под действием перфорина на мембране клетки-мишени образуются перфориновые поры, пропускающие воду и соли, но не пропускающие белки. Вода и соли входят в клетку и вызывают осмотический шок. Клетка набухает и лопается (погибает).

Следовательно, различают неспецифический (клеточный и гуморальный) и специфический (Т-система иммунитета и В-система иммунитета) иммунитет. Это взаимодополняющие друг друга механизмы, которые обеспечивают защитную функцию крови.

**Благодарю за внимание!**