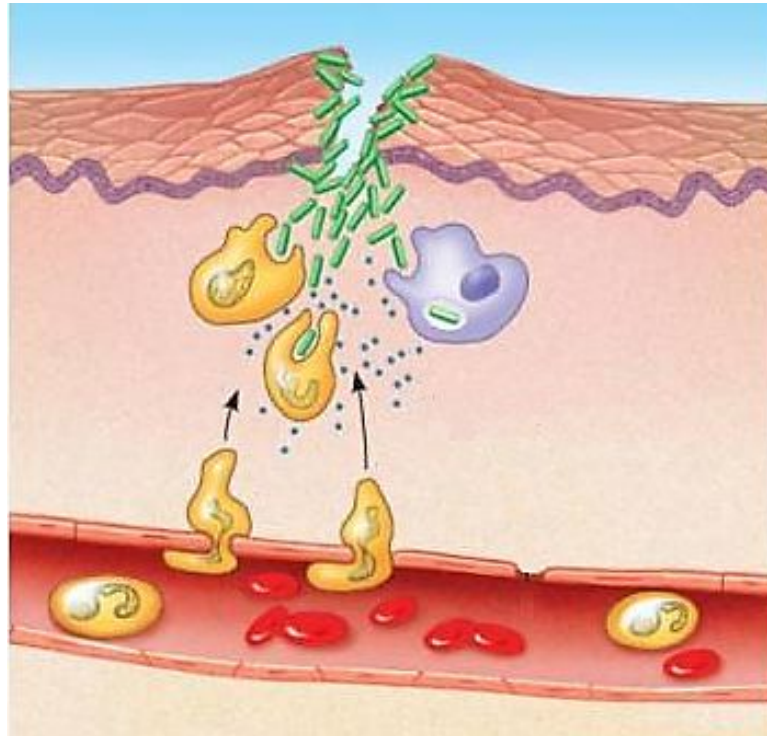


ПАТОГЕНЕЗ ОСТРОГО ВОСПАЛЕНИЯ



Воспаление

(лат. *inflammatio*, греч. *phlogosis* – воспламенение)

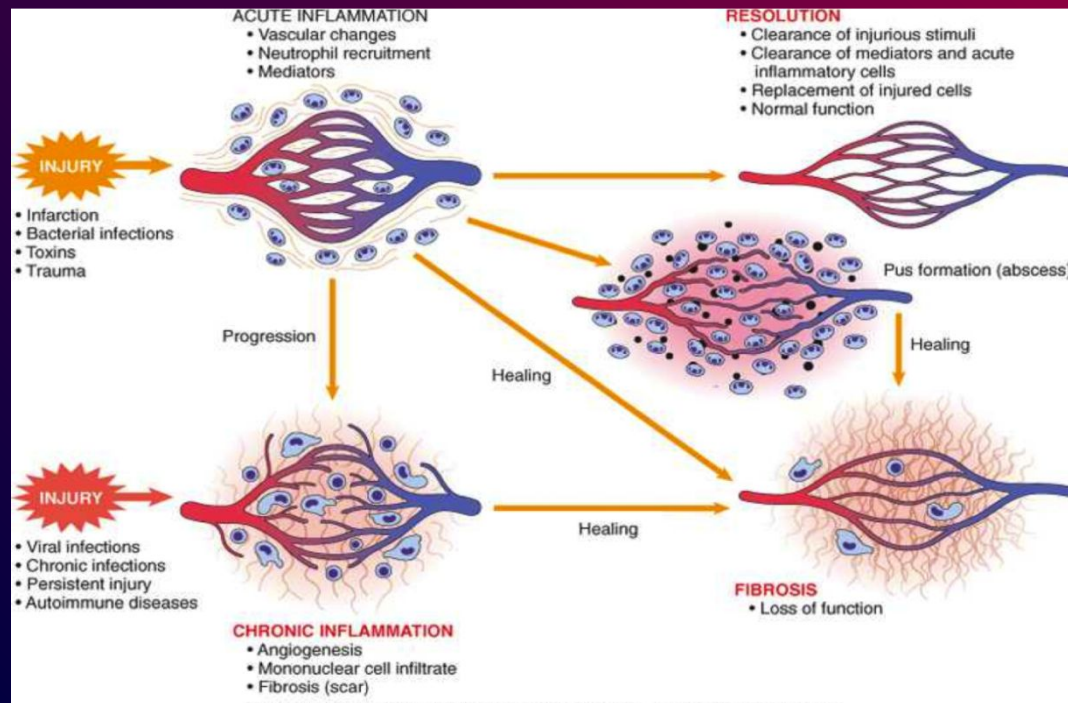
- типовой патологический процесс,
- заключающийся в преимущественно защитной реакции организма
- на различные болезнетворные воздействия

Цель воспаления:

- локализация, уничтожение и удаление патогенного агента
- устранение последствий его действия

Классификация воспаления

Острое воспаление – защитная, целесообразная реакция (14-35 дней)



❖ **Хроническое воспаление** – патологическое состояние, реакции, не адекватные первичному сигналу (месяцы-годы)

Острое воспаление

Причины воспаления - ФЛОГОГЕНЫ

Внешние

- ▶ **биологические** - инфицирование бактериями, вирусами, грибами, простейшими...
- ▶ **физические** - травма, ожог, облучение...
- ▶ **химические** - яды, окислители, кислоты, щелочи...

Внутренние

- ❖ **реакции гиперчувствительности** иммунный ответ, вызывающий повреждение тканей
- ❖ **расстройства кровообращения** (ишемия—>некроз)
- ❖ **опухолевый рост**
- ❖ **камни, отложения солей**

Стадии острого воспаления

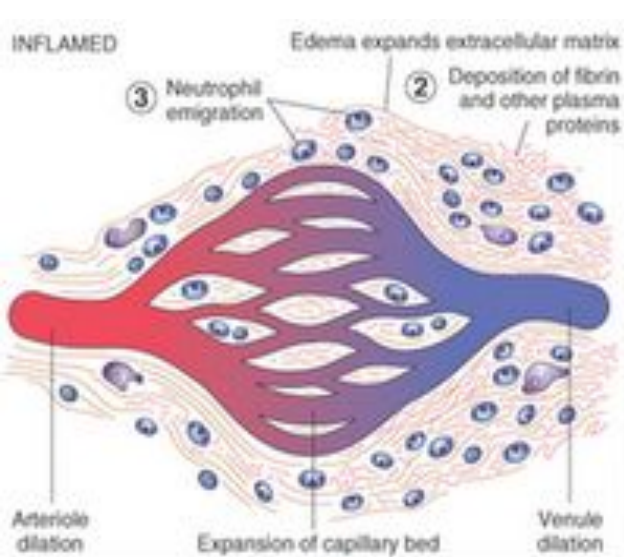
1. Альтерация (повреждение ткани)
2. Экссудация и эмиграция (изменение микроциркуляции)
3. Пролиферация (восстановление целостности ткани)

Компоненты воспаления:

- **Сосудистый** – обеспечивает выход плазмы и клеток крови в очаг воспаления

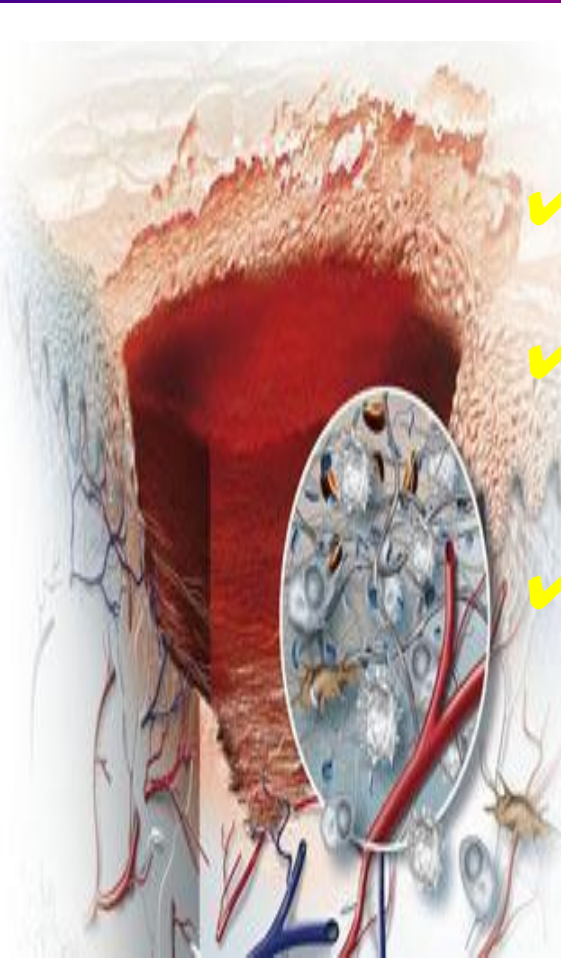
- **Клеточный** – накопление и функционирование в поврежденной ткани клеток иммунной системы

- Координация – сигналами – **медиаторами**



1 стадия - Альтерация (повреждение ткани)

- ✓ Обратимая, необратимая
- ✓ Первичная, вторичная



Первичная альтерация → последствие прямого влияния флогогена

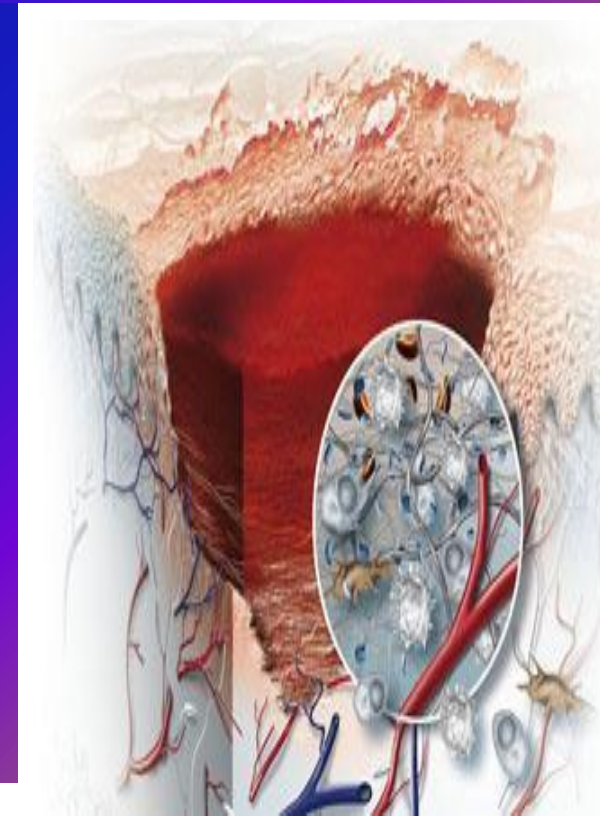
- ✓ **на мембраны** → нарушение ионных градиентов (K^+ , Na^+ , Ca^{++})
- ✓ **МИТОХОНДРИИ** → дефицит энергии, активация гликолиза, $pH \downarrow$, образование свободных радикалов кислорода
- ✓ **ЛИЗОСОМЫ** → активация протеолитических ферментов

с повреждения лизосом формируется
вторичная альтерация

Вторичная альтерация → последствие влияния

- ❖ ферментов
- ❖ свободных радикалов
- ❖ кислот
- ❖ медиаторов воспаления

- ♦ расширяет зону повреждения даже после прекращения действия флогогена



Физико-химические изменения при альтерации

1) Повышение осмолярности

- а) повреждения ткани → накопление в ней внутриклеточных ионов (K^+) и (H^+)
- б) активация катаболизма (гликолиз, липолиз, протеолиз) → образование и выделение органических кислот (молочной, жирных, аминокислот...)

2) Повышение онкотического давления

- а) активация и выделение во внеклеточную среду лизосомальных ферментов → накопление полипептидов
- б) повышение сосудистой проницаемости → выход в ткань плазменных белков

3) Ацидоз

Вследствие сосудистых реакций

нарушается удаления из очага кислых продуктов

метаболизма:

молочная к-та, пировиноградная к-та, аминокислоты и др.

В процессе альтерации в очаге накапливаются

МЕДИАТОРЫ ВОСПАЛЕНИЯ

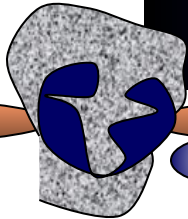
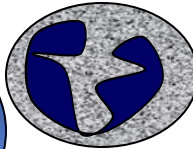
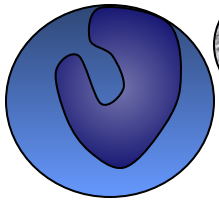
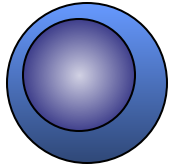
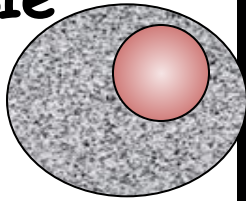
- биологически активные вещества
- запускают сосудистые и клеточные реакции в очаге

Клеточные медиаторы – вырабатываются клетками в очаге воспаления

Плазменные медиаторы (гуморальные) – поступают в очаг из плазмы крови

Медиаторы воспаления

Клеточные



Тучные клетки – гистамин, простагландины(ПГ), лейкотриены(ЛТ)...

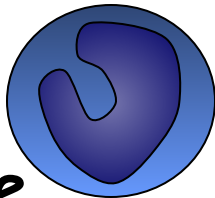
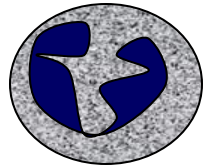
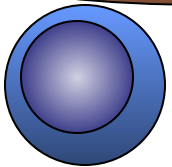
Нейтрофилы – ПГ, ЛТ, ФАТ (ф-р активации Трц)

Моноциты/макрофаги – цитокины (ИЛ-1, ИЛ-6, ФНО-альфа)...

Лимфоциты – цитокины...

Эндотелиоциты – ФАТ, эндотелин...

Тромбоциты – серотонин...



Плазменные

- Калликреин-кининовая система
- Система комплемент
- Система свертывания крови
- Фибринолитическая система



2-я стадия - Экссудация и эмиграция (изменение микроциркуляции)

Стадии сосудистых реакций в очаге:

- Кратковременный спазм артериол
- Артериальная гиперемия (активная)
- Венозная гиперемия (пассивная)
- Стаз

Спазм артериол

- ♦ длится несколько секунд
- ♦ возникает в результате

1/ прямого воздействия повреждающего фактора на гладкие мышцы артериол

2/ выделения сосудосуживающих медиаторов

✓ тромбоксан A₂

✓ эндотелин

✓ катехоламины

*необязательный компонент воспаления
(выражен при ожоге или механическом повреждении, может отсутствовать при инвазии бактерий)

❖ расширение артериол,
расслабление
прекапиллярных
сфинктеров



❖ увеличивается приток
артериальной крови,
повышается
гидростатическое давление



❖ раскрываются
нефункционировавшие
капилляры



**Артериальная
гиперемия**
10-30 мин

Покраснение и, если
воспаление на коже, – жар

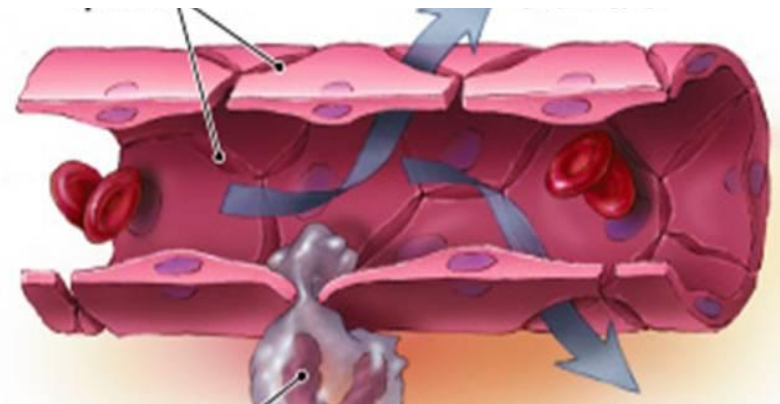
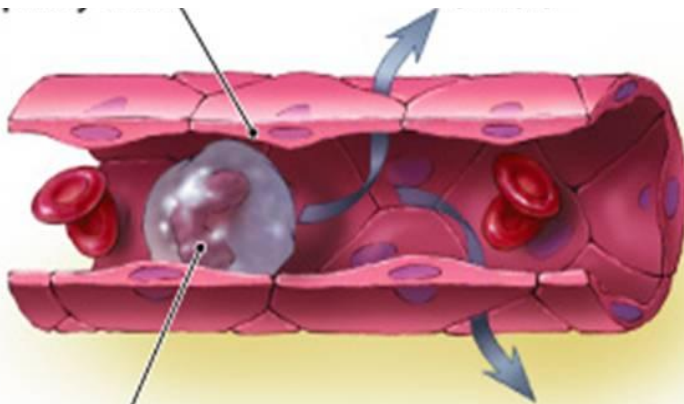
Медиаторы - гистамин, брадикинин, простаглицлин, NO...

Венозная гиперемия

начинается через 20-30 мин, длится в течение всей воспалительной реакции

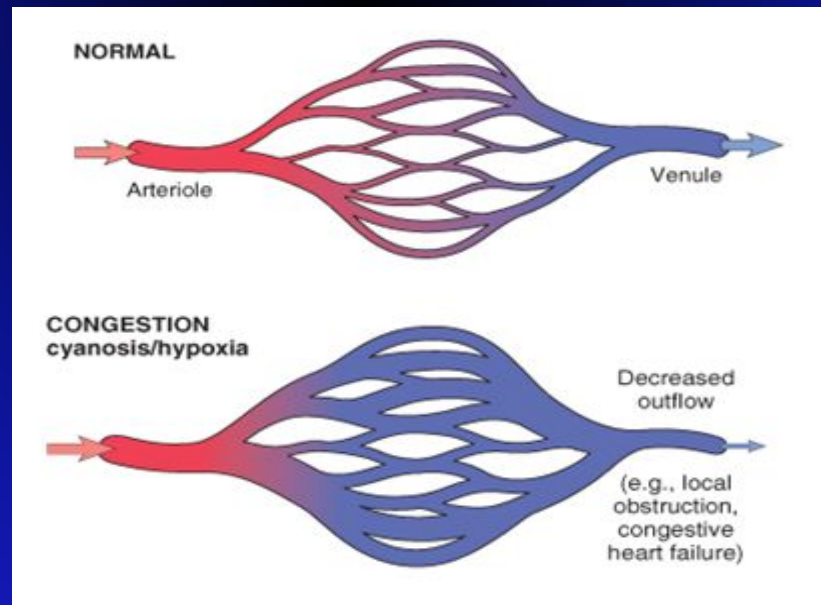
□ повышается проницаемость посткапиллярных венул для белков – **начинается экссудация:**

альбумины, вода, устремляются за пределы сосуда в очаг
появляется отек (экссудат)



- вязкость крови повышается
- растет сопротивление току крови
- скорость кровотока снижается

- микротромбы, агрегаты клеток крови, **затрудняют кровоток**
- **сосуды сдавливаются снаружи** отечной тканью, нарушается **венозный отток** крови
- содержание восстановленного гемоглобина повышается, **синюшный оттенок** ткани



- при значительно сниженной скорости кровотока
 - повышенной проницаемости

микрососуды заполнены плотно прилегающими форменными элементами крови

- эта масса не способна продвигаться по сосудам



- Стаз

Биологический смысл сосудистых реакций

- Нарушается отток жидкости из очага воспаления по венулам, что препятствует распространению флогогенов по организму
- Замедление кровотока в очаге облегчает выход лейкоцитов из сосудов, т.е. способствует развитию клеточных реакций

Экссудация (лат. ex-sudare – потеть) – выпотевание белоксодержащей жидкой части крови через сосудистую стенку в воспаленную ткань

Механизмы:

- повышение проницаемости сосудов под влиянием медиаторов (простагландины; лейкотриены C₄, D₄, E₄; гистамин; брадикинин; лизосомальные ферменты; C_{3a}, C_{5a})
- Повышение кровяного давления в сосудах очага в стадию артериальной гиперемии
- Повышение онкотического и осмотического давления в очаге в результате альтерации

Факторы экссудации

1. Немедленный краткосрочный – 30-60 мин

✓ гистамин

2. Отсроченный – 2-3 часа

✓ простагландины

✓ лейкотриены C₄, D₄, E₄,

✓ компоненты комплемента C_{3a}, C_{4a}, C_{5a}

✓ брадикинин

✓ лизосомальные ферменты

3. Немедленный продленный – более 24 часов

✓ прямое повреждение эндотелия при ожогах, травмах, действии токсинов

Жидкость, накапливающаяся во внесосудистом пространстве при воспалении – **экссудат**

♦ состав экссудата близок к составу плазмы

♦ белки плазмы

- включая **иммуноглобулины**
- **комплемент**
- **фибриноген**

♦ компоненты крови - **клетки,**



при разных формах воспаления экссудаты различаются

Серозный экссудат

Содержит

- ✓ малое кол-во альбуминов (1,7-2,0 г/л)
- ✓ малое кол-во лейкоцитов



Характерен для **воспаления на коже, слизистых и серозных оболочках** – серозный плеврит, перитонит, перикардит

Причины:

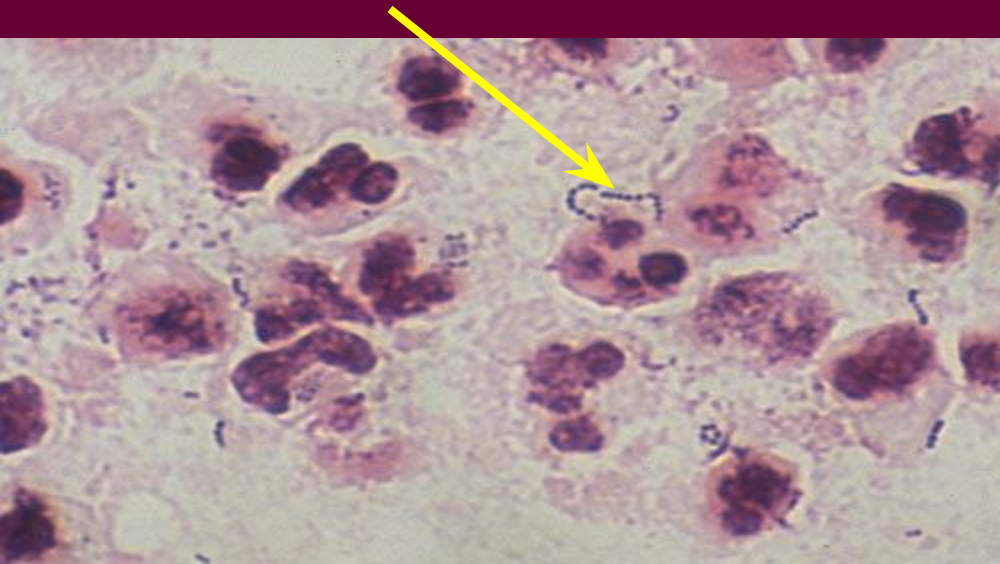
- ✓ термические и химические факторы (ожоги и отморожения)
- ✓ аллергены
- ✓ вирусы, бактерии
- ✓ укусы насекомых...

Гнойный экссудат

- преобладают **нейтрофилы**,
- также входят лимфоциты, макрофаги,
- **некротизированные клетки ткани**,
- **гиролитические ферменты**
- **микробы**, называемые пиогенными, которые располагаются свободно, либо содержатся внутри пиоцитов (погибших нейтрофилов)
- это **септический гной**, способный к распространению инфекции



Причины: гноеродные микробы
стафилококки, стрептококки, гонококки,
менингококки, вирусы



брюшнотифозная палочка,
микобактерия туберкулеза,
грибы

Асептическое гнойное воспаление развивается под влиянием
химических флогогенов

Гной без микробов - асептический гной

Фибринозный экссудат

Образуется при повреждении эндотелия сосудов с утечкой фибриногена, который затем полимеризуется в нити фибрина

Характерен в верхних дыхательных путях, толстом кишечнике, брюшине, перикарде

Причины:

- ✓ возбудители дифтерии, дизентерии,
- ✓ стрептококки и стафилококки,
- ✓ микобактерия туберкулеза,
- ✓ вирусы гриппа ...



Геморрагический экссудат

- ◆ содержит большое количество **эритроцитов** при воспалении, со значительным повреждением сосудистой стенки
- ◆ иногда содержание эритроцитов так велико, что экссудат напоминает кровоизлияние
- ❖ встречается **в коже, в слизистой верхних дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта, в легких, в лимфатических узлах**

Причины:

Чума, сибирская язва, грипп...

Значение экссудации

- ❑ **Разведение токсинов**, в том числе бактериальных способствует их удалению с лимфой
- ❑ **Экссудация фибриногена** с образованием **нитей фибрина** ограничивает очаг, препятствует распространению микроорганизмов, способствуя их фагоцитозу
- ❑ **Доставка кислорода и субстратов клеткам**, в том числе нейтрофилам, имеющим высокую метаболическую активность

□ **Стимуляция иммунного ответа** –

дренаж экссудата по лимфатическим сосудам доставляет растворимые антигены в локальные лимфатические узлы, развивается иммунный ответ

□ **Доставка антител** через сосудистую стенку с повышенной проницаемостью способствует

- 1 - **лизису микроорганизмов** с участием комплемента (МАК),
- 2 - **фагоцитозу** за счет опсонизации,
- 3 - **нейтрализации** токсинов

□ **Транспорт лекарств** – жидкость приносит с собой лекарственные вещества (антибиотики...)

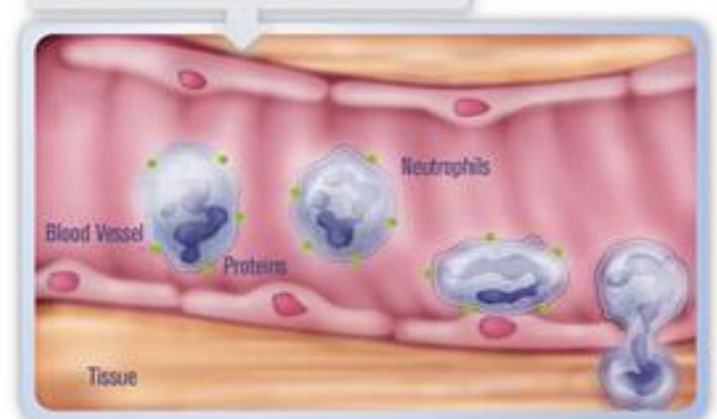
Клеточные реакции

Эмиграция лейкоцитов, фагоцитоз

Посткапиллярные венулы в стадию венозной гиперемии - место выхода лейкоцитов во внесосудистое пространство

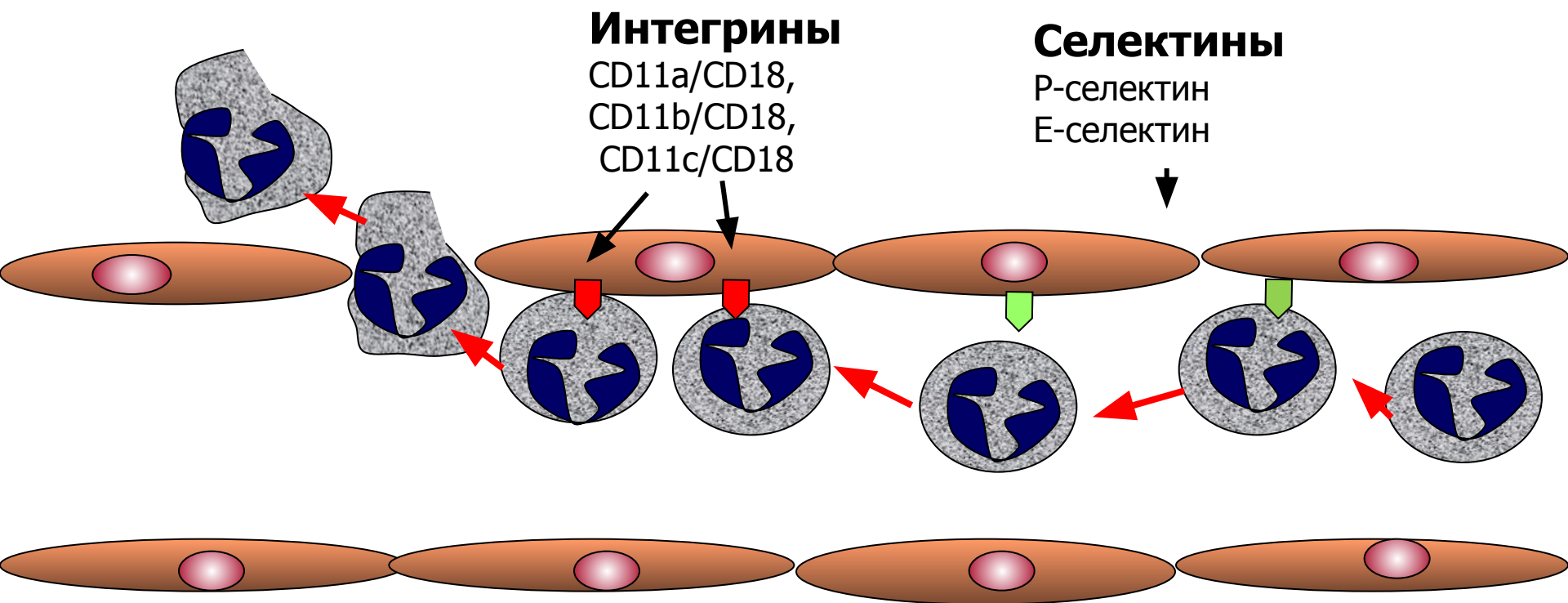
1. «Краевое стояние»
2. Активация
3. Адгезия
4. Миграция сквозь стенку сосуда
5. Хемотаксис

опосредуется молекулами адгезии – **селектинами и интегринами**



- Гистамин, тромбин стимулируют появление **P-селектинов**,
- ИЛ1, ФНО – **E-селектинов** на эндотелии
- На лейкоцитах экспрессируются **интегрины**

через 1-2 часа начинается массовая эмиграция лейкоцитов через сосудистую стенку в очаг воспаления



Фагоцитоз

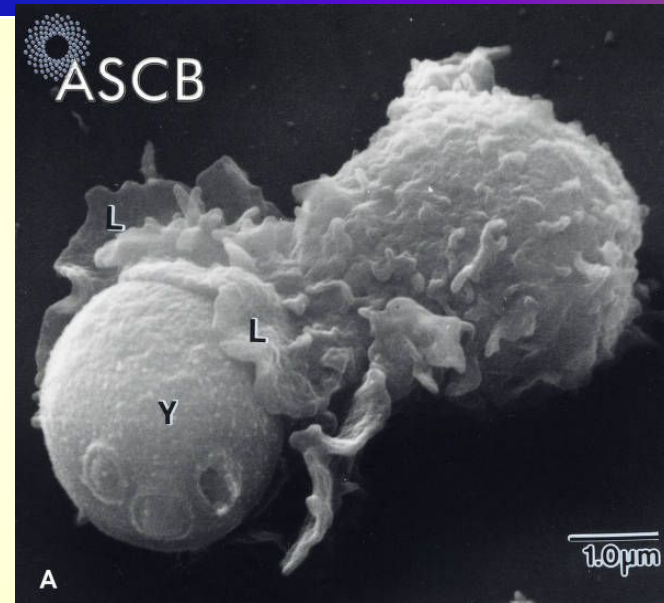
Процесс распознавания, поглощения и разрушения

- ✓ микроорганизмов
- ✓ чужеродных частиц
- ✓ собственных нежизнеспособных тканей

Профессиональные фагоциты: **нейтрофилы, моноциты/макрофаги, эозинофилы**

Стадии

1. Хемотаксис (направленное движение)
2. Прикрепление (опсонизация)
3. Поглощение
4. Переваривание



Хемотаксис – направленное движение фагоцита в очаг

Обеспечивают:

1 – Продукты жизнедеятельности бактерий или компоненты их мембран (липополисахариды - ЛПС)

2 – Продукты активации комплемента – С3а, С5а

3 – Липидные клеточные медиаторы – лейкотриен B_4 , фактор активации тромбоцитов (ФАТ)

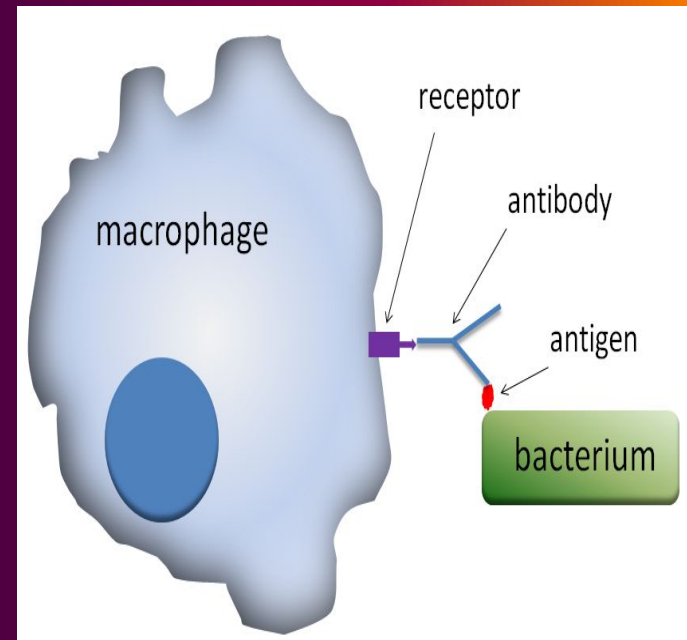
4 – Хемотаксические цитокины (хемокины)
ИЛ-8, MCP-1, NAP-2, RANTES...



Опсонизация – покрытие объекта фагоцитоза специальными белками (опсонидами)

Опсонины:

- белки комплемента C3b, C4b
- иммуноглобулины G (IgG)
- С-реактивный белок
- фибронектин



Любые частицы, которые покрыты опсонидами (т.е. опсонизированы) фагоцитируются значительно легче, чем «голые» частицы

У фагоцитов есть специальные **рецепторы для опсонинов**

Поглощение объекта

Актин-зависимый механизм

- Взаимодействие частицы с рецептором фагоцита по механизму молнии - последовательно с несколькими рецепторами
- Сигнал передается мономерному актину, запускается полимеризация актина с формированием волокон F-актина
- Формируются ложноножки, окружающие частицу
- образуется частица, попавшая в клетку вместе с участком цитоплазматической мембраны - **фагосома**

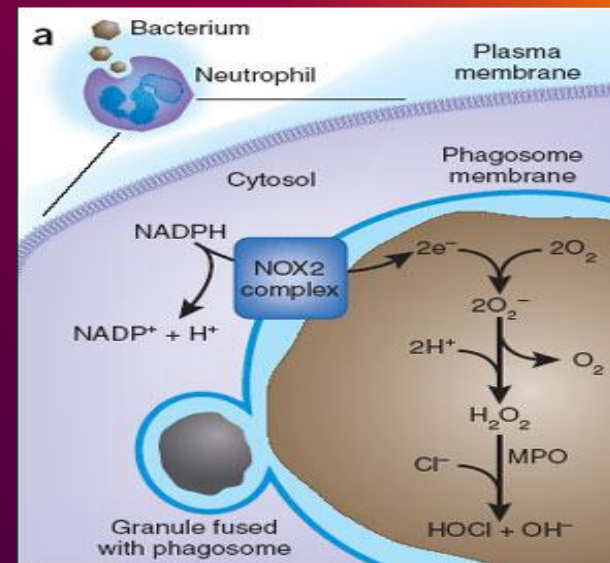
Переваривание объекта

Кислород-зависимый механизм

Фагоциты начинают активно захватывать кислород («респираторный взрыв»)

► **НАДФН-оксидаза** начинает синтез и радикалов кислорода, которые поступают в фагосому

► **Миелопероксидаза** катализирует образование гипохлорной кислоты из H_2O_2 и ионов хлора, которая также поступает в фагосому



Кислород-независимый механизм – переваривание объекта с участием лизосомальных гидролитических ферментов

Нейтрофилы

✓ первыми эмигрируют в зону острого воспаления

✓ являются главными клетками воспалительного экссудата в первые 24 часа

✓ преимущественно фагоцитируют микроорганизмы

✓ могут фагоцитировать некротизированный материал



Гидролазы нейтрофилов разрушают

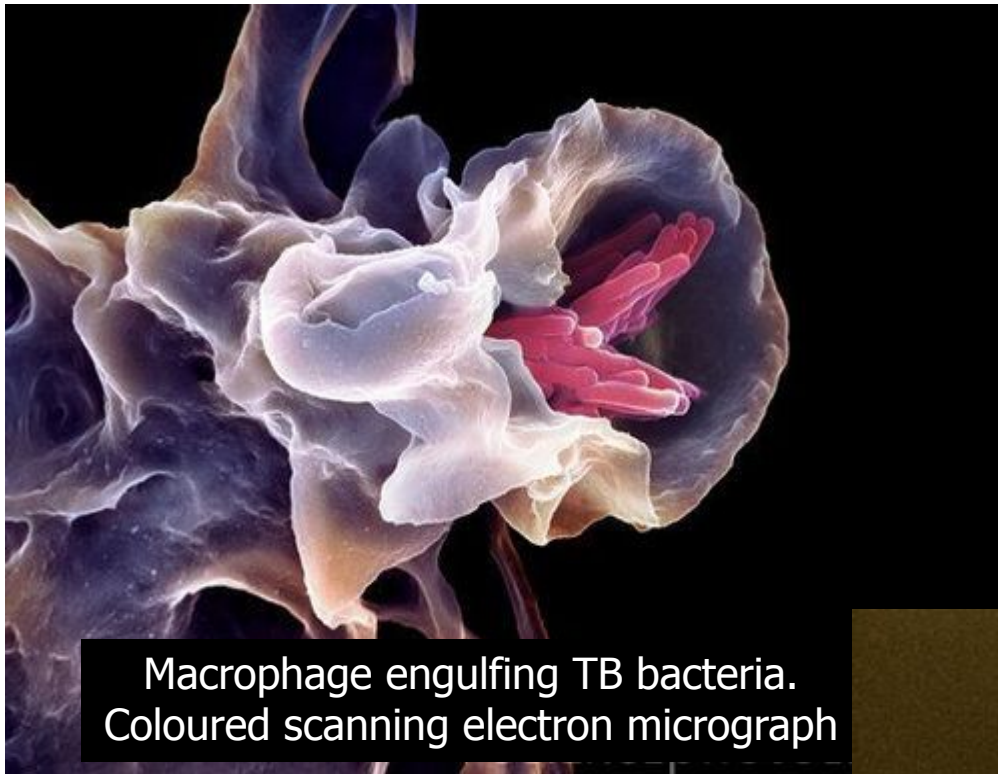
- ✓ полисахаридную оболочку
- ✓ цитоплазматические белки
- ✓ ядерные нуклеопротеиды микроорганизмов

- ▶ наиболее мощный арсенал - против белков
эластаза, катепсин G, кислые протеиназы
содержится в азурофильных гранулах
- ▶ в специфических гранулах содержатся коллагеназа,
лизоцим, лактоферрин
- ▶ негидролитический фермент азурофильных гранул –
миелопероксидаза, участвует в кислород-зависимом
переваривании

Макрофаги

- ▶ появляются через 24-48 часов
- ▶ Фагоцитоз собственных нежизнеспособных тканей, микроорганизмов
- ▶ Участие в **иммунном ответе** в качестве **антиген-представляющих клеток**
- ▶ выделяют цитокины (ИЛ-1; ИЛ-6; интерферон-гамма; ФНО-альфа)
- ▶ регулируют пролиферацию (разнообразные фактор роста)





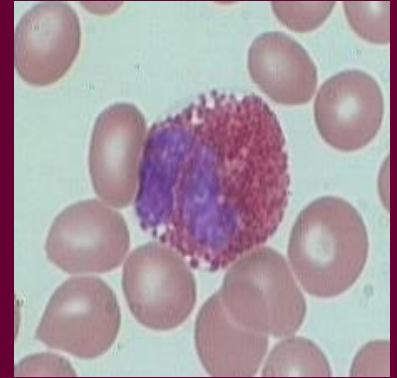
Macrophage engulfing TB bacteria.
Coloured scanning electron micrograph



Macrophage attacking a foreign body

Эозинофилы

- ▶ накапливаются в ткани при:
воспалении,
вызванном **гельминтами и простейшими**



аллергическом воспалении (аллергический ринит,
бронхиальная астма...)

- ▶ осуществляют **внеклеточное разрушение флогогена**
- ▶ секретируют катионный белок, пероксидазу...,
которые повреждают мембрану паразита

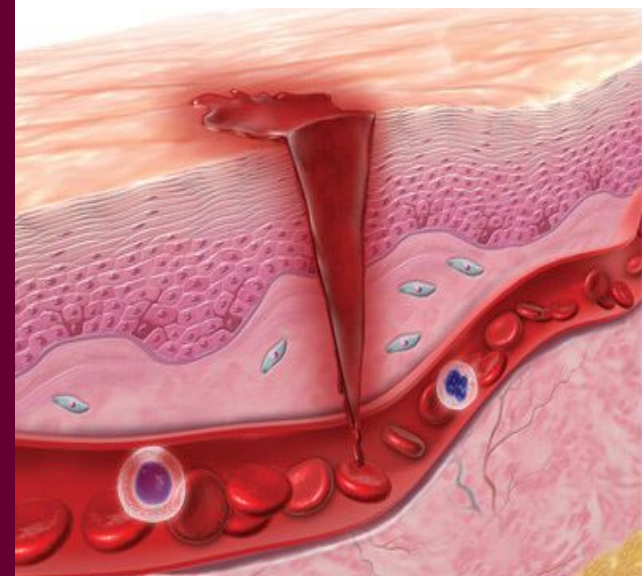
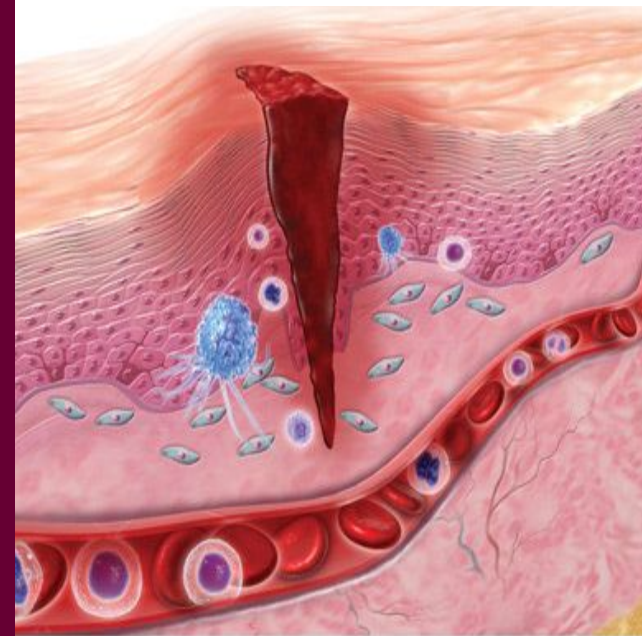
3-я стадия - Проллиферация

Восстановление целостности
поврежденной ткани

- .Рассасывание
- .Регенерация
- .Репарация

1. Медиаторы исчезают за счет диффузии и инактивации ферментами

- После исчезновения медиаторов
проницаемость восстанавливается
- Жидкость и клетки
удаляются лимфатической системой



- 2. Полное восстановление (регенерация) ткани** возможно при
- небольших повреждениях
 - в тканях с высокой регенерацией
- (повреждения кожи, слизистых, паренхимы печени, крупозное воспаление легких...)

3. В остальных случаях образуется соединительная ткань (репарация)

Клетки-участники репарации

Фибробласты – синтезируют и секретируют компоненты соединительной ткани

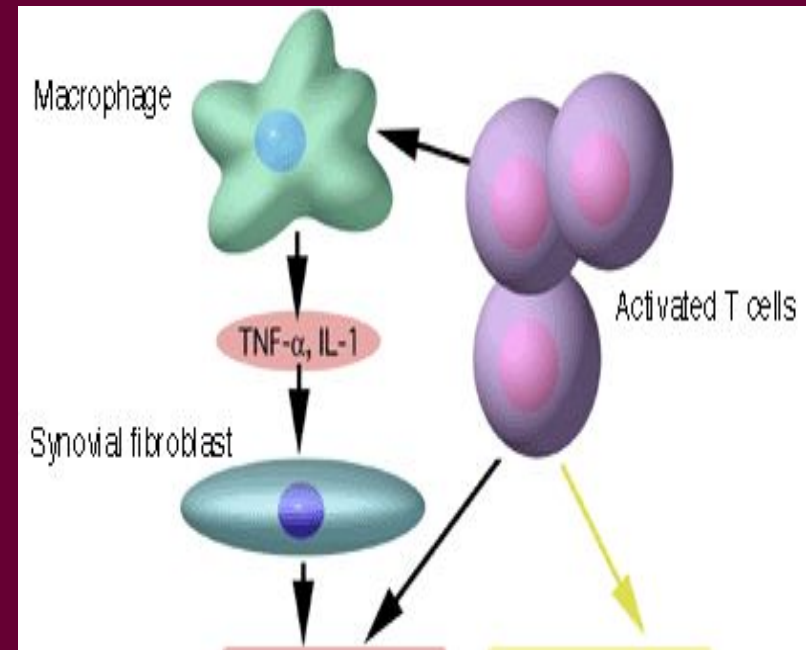
Макрофаги, лимфоциты –

♦ освобождают ткань от микробов

♦ продуктов распада

♦ регулируют пролиферацию

за счет синтеза цитокинов – **факторов роста(ФР)**



□ Трансформирующий фактор роста (TGF-β)

□ Эндотелиальный фактор роста (VEGF)

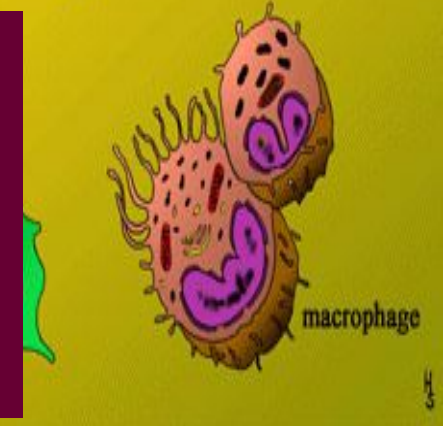
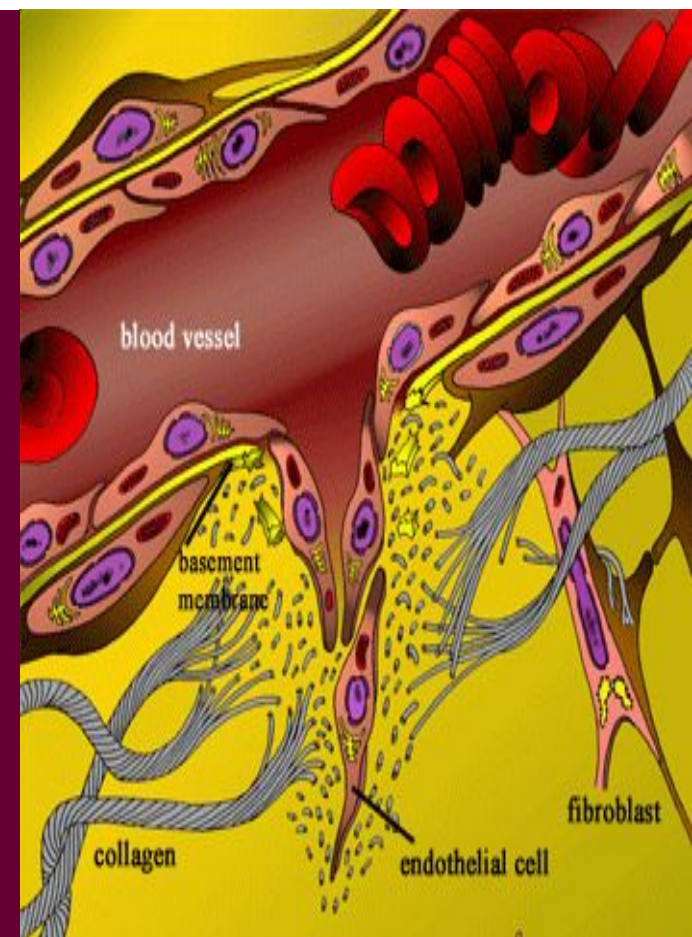
□ Тромбоцитарный фактор роста (PDGF)

□ Факторы роста фибробластов (FGF)

Клетки эпителия,
восстановление покровов
синтез ФР

Клетки эндотелия
восстановление сосудов – ангиогенез
синтез ФР

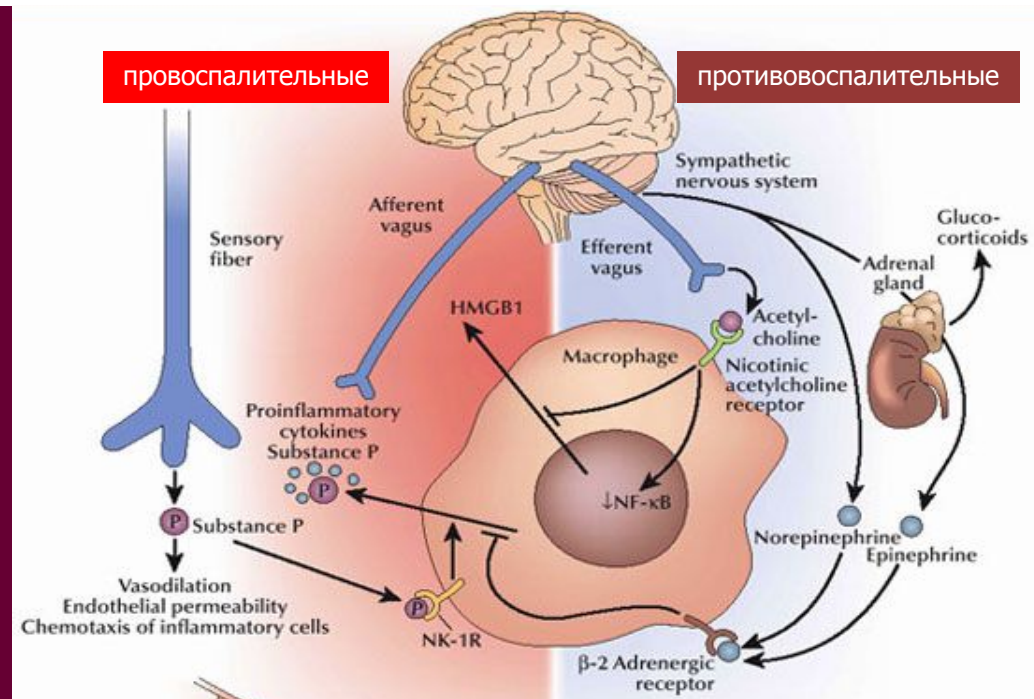
Клетки местной ткани, в которой
разворачивается процесс воспаления
(частичная регенерация)



РЕГУЛЯЦИЯ ВОСПАЛЕНИЯ

Факторы

- Гормональные
- Нервные
- Иммунные



- ✓ Гормоны, усиливающие воспалительную реакцию – **провоспалительные** (минералокортикоиды, соматотропный гормон, тиреоидные, альдостерон)
- ✓ Уменьшающие - **противовоспалительные** (глюкокортикоиды, адренокортикотропный гормон, половые гормоны)

♦ **Холинергические** вещества

стимулируют выброс медиаторов воспаления,
действуют подобно **провоспалительным** гормонам

❖ **Адренергические**, угнетают активность клеток, медиаторов
ведут себя подобно **противовоспалительным** гормонам

Состояние иммунитета

♦ Воспаление протекает бурно при антигенной стимуляции
(сенсibilизации) - иммунное или аллергическое воспаление

❖ При недостаточном иммунном ответе
воспаление приобретает **вялотекущее течение**,
переходит в **хроническую форму**

защитное значение воспаления

1. ограничение
(локализация)
поврежденного,
инфицированного
участка

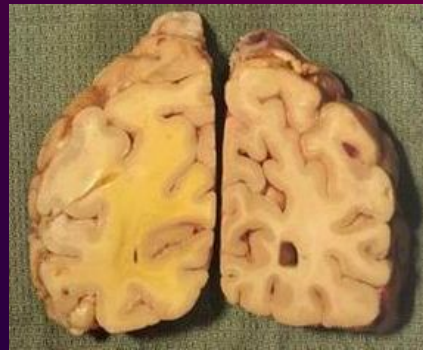
2. уничтожение
флоггена
и/или продуктов
распада ткани

3. восстановление
целостности ткани



Отрицательные последствия (осложнения)

- **Распространение** на соседние (или отдаленные) ткани и органы



- **Сдавление** отеком

- ✓ острый респираторный дистресс-синдром ОРДС,
✓ ДВС-синдром, полиорганная недостаточность

- **Переход в хроническую форму**

- **Прогрессирующее развитие соединительной ткани** – спаяк, рубцов, контрактур...

- **Смерть**

- **Разрывы стенок** органов, сосудов...

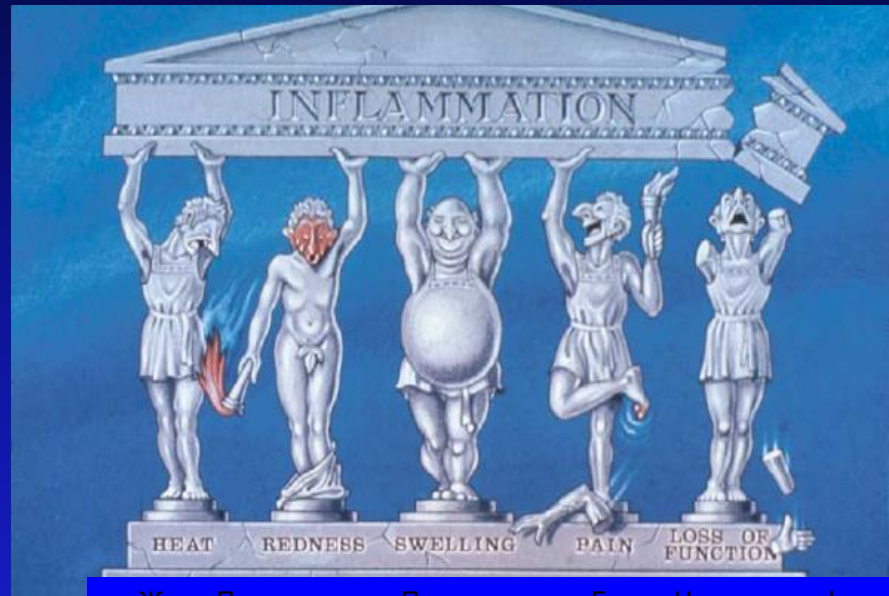
- **Генерализация**

Местные признаки воспаления



Авл Корнелий ЦЕЛЬС:

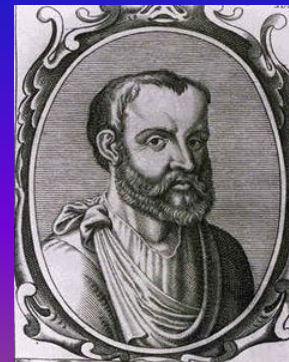
- ♦ **Rubor** (покраснение)
- ♦ **Calor** (жар)
- ♦ **Tumor** (припухлость)
- ♦ **Dolor** (боль)



Жар Покраснение Припухлость Боль Нарушение функции

ГАЛЕН:

- ♦ **Functio laesa** (нарушение функции)



♦ **1. Rubor** (покраснение)

вследствие усиленного притока крови в очаг в стадию артериальной гиперемии

♦ **2. Calor** (жар, местное повышение t)

за счет притока артериальной крови → усиление доставки кислорода и субстратов для окисления → усиление экзотермических обменных процессов

▶ **3. Tumor** (припухлость, отек) – за счет экссудации

▶ **4. Dolor** (боль) - активация болевых рецепторов

медиаторы – брадикинин, гистамин, серотонин, простагландины; протоны водорода; сдавление экссудатом; альтерация

❖ Первые 4 признака формируют пятый

5. Functio laesa (нарушение функции)

Общие системные признаки воспаления

Если воспаление затрагивает большие участки ткани



Активация большого количества макрофагов и лимфоцитов



Синтез цитокинов ИЛ-1, ИЛ-6, ФНО-альфа
в большом количестве



Цитокины поступают в кровоток и действуют на органы и
ткани, прежде всего на **головной мозг, красный костный мозг и
печень**

Возникает системная реакция организма
на локальное воспаление
(Реакция острой фазы)

Развиваются защитно-приспособительные изменения

Головной мозг

- Лихорадка (повышение t° тела)
- Интоксикационный синдром (сонливость, слабость, потеря аппетита, боли в мышцах и суставах)
- Активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы → глюкокортикостероиды

Красный косный мозг

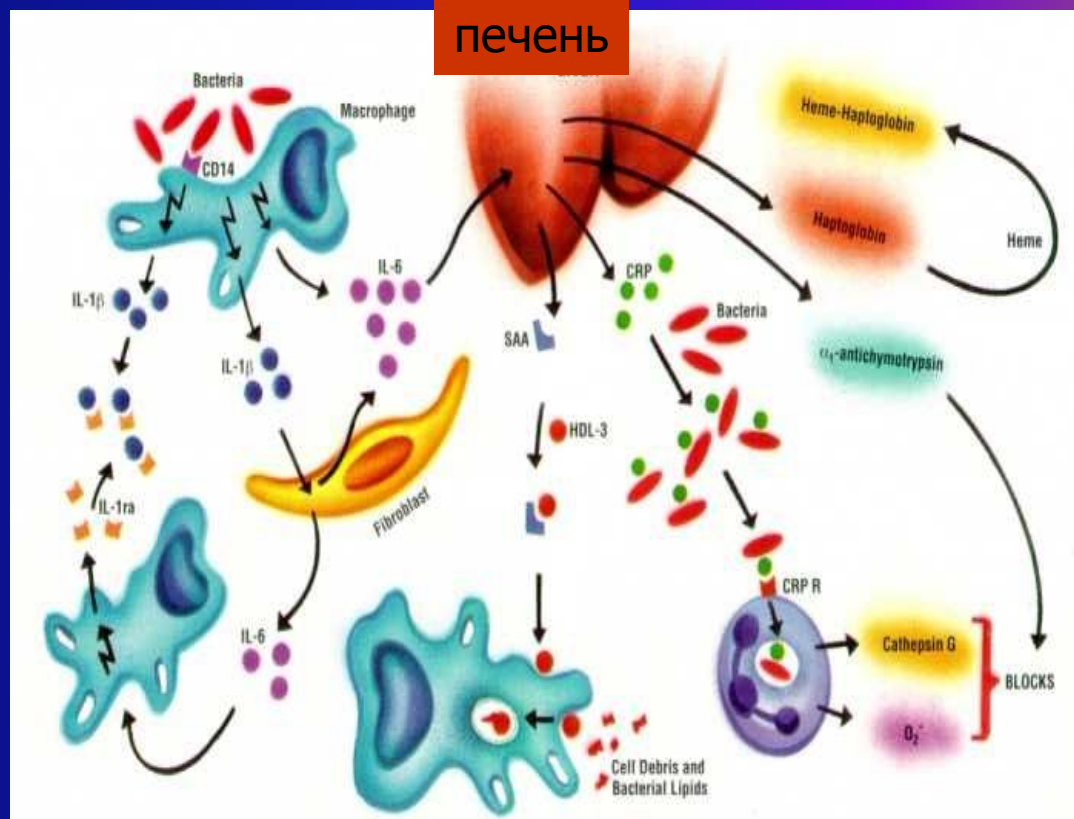
- Увеличение скорости размножения клеток-предшественников лейкоцитов и повышение кол-ва лейкоцитов в крови (Лейкоцитоз)
- нейтрофилия - бактериальные инфекции, некрозы
- эозинофилия - паразитарные инфекции, аллергия;
- лимфоцитоз – вирусные инфекции;
- моноцитоз - некоторые бактериальные и хронические инфекции

Печень

- синтез **белков острой фазы** гепатоцитами и макрофагами
→ **ускорение СОЭ**

Функциональные группы белков острой фазы (БОФ):

- Медиаторы
- Ингибиторы
- Транспортные
- Иммунорегуляторы
- Репараторы



Каждый БОФ многофункционален

Медиаторы

- **C-реактивный белок** - стимулирует фагоцитоз (опсонин), активирует классический путь комплемента
- **Белки Комплемента** – лизис, хемотаксис, опсонизация, дегрануляция тучных клеток
- **Калликреин, кинины** – вазодилатация, повышение сосудистой проницаемости
- **Фибриноген** – свертывание крови, образование фибринового матрикса для репарации

Ингибиторы

Ингибирование и дезактивация ферментов и свободных радикалов, освобождающихся при повреждении клеток и приводящих к вторичной альтерации

- **альфа-1-антитрипсин** связывает нейтральные протеазы из лизосом лейкоцитов - коллагеназу, эластазу...
- **альфа -1-антихимотрипсин** ингибитор протеолитического фермента - катепсина В, высвобождающегося при разрушении тканей

- **церулоплазмин** - подавляет окисление липидов в разрушенных клеточных мембранах, связывает радикалы кислорода
- **гаптоглобин** - ингибирует свободно-радикальные реакции

Транспорные (выводят продукты повреждения)

- **гаптоглобин** - связывание гемоглобина, высвобождаемого из поврежденных эритроцитов
- **сывороточный амилоид-А** - выведения холестерина и липидов, высвобождаемых из поврежденных клеток
- **С-реактивный белок** - удаление фрагментов повреждённых клеток

Иммуномодуляторы

- **С-реактивный белок**

способствует связыванию антигена с дендритными клетками, повышает активность лимфоцитов, нейтрализует иммунные комплексы

- **Орозомукоид**

подавляет иммунный ответ, снижает продукцию антител

Репараторы

- **Орозомукоид** - активация роста фибробластов, взаимодействие с коллагеном
- **Альфа -1-антитрипсин, альфа -1-антихимотрипсин** - ограничение поверхности вновь образованных эластических волокон

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !!!