

ИМУНОЛОГИЧНА ХОМЕОСТАЗА. НЕСПЕЦИФИЧНИ ЗАЩИТНИ ФАКТОРИ. ОРГАНИ И КЛЕТКИ НА ИМУННИЯ ОТГОВОР.

Доц. Милена Атанасова, д.б.
Ръководител сектор “Биология”
МУ-Плевен

Хомеостаза – способност на организма да поддържа постоянството на вътрешната среда

Имунологична хомеостаза

- развива се в хода на еволюцията
- съхранява генетичната уникалност на организма, който има способността да:

- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">✓ разпознава✓ свързва✓ отстранява |  | чуждородни молекули и клетки, бактерии или техните продукти, химически вещества, лекарства, полени, храни и др. |
|---|---|---|

- **имунната защита** е сложна проява на хомеостазата
същност - разпознаване на „своето“ от „чуждото“
- **имунната защита** се осъществява от неспецифични и специфични фактори на имунитета
- **имунитет** – невъзприемчивост на организма спрямо инфекциозни и неинфекциозни агенти с чужда генетична информация

Неспецифичен имунитет:

- **вродена** способност на организма за невъзприемчивост
- **фагоцити** – клетки, които поглъщат, разграждат и смилат чуждите агенти

ПОНЯКОГА ТОВА НЕ Е ДОСТАТЪЧНО!!!

Специфичен имунитет – придобита способност да разпознава и разгражда специфични агенти и техните продукти.

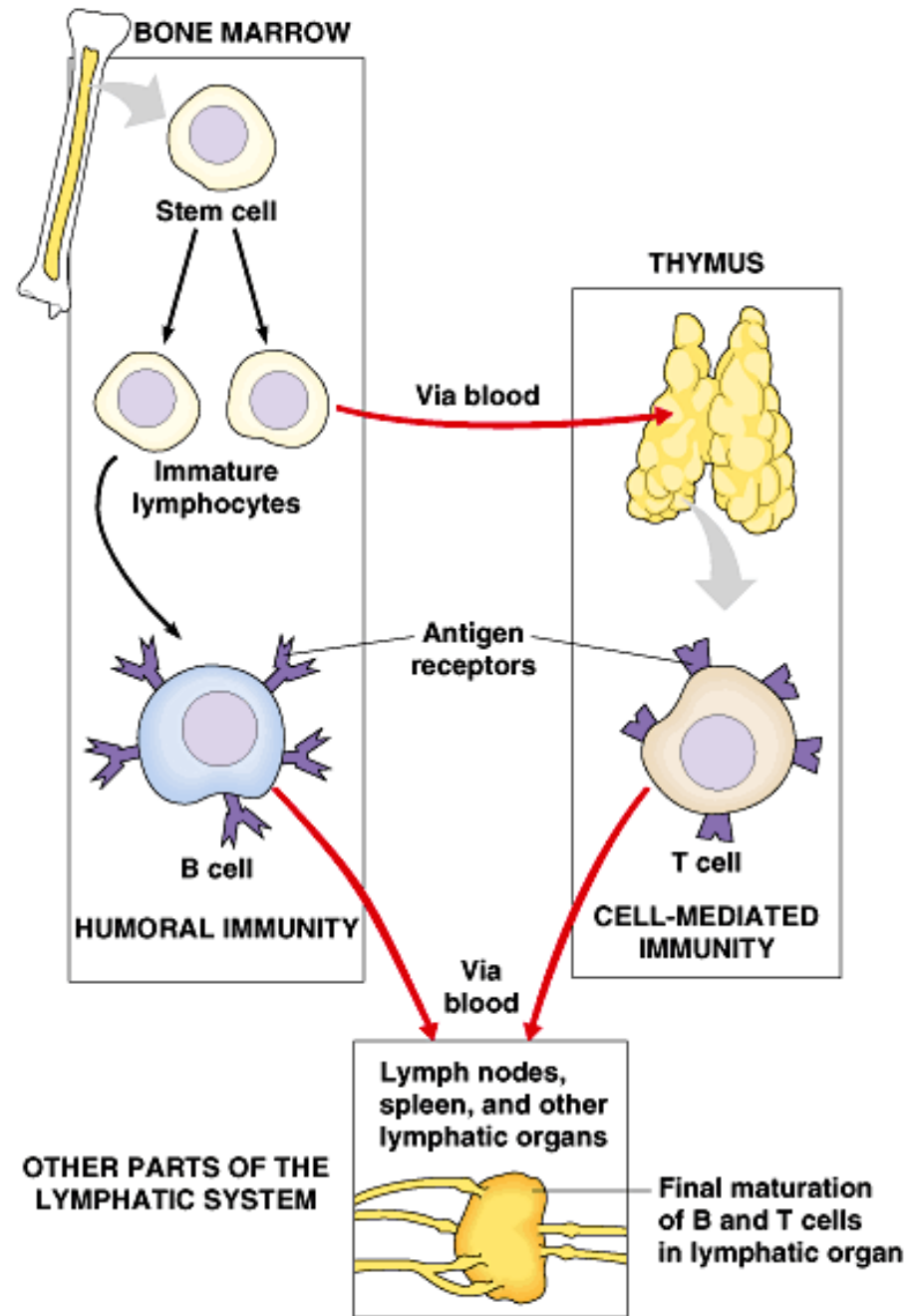
- Специфичният имунитет се осъществява от имунната система (ИС)
- ИС срещу чуждородни антигени реагира с:
 - имунен отговор
 - имунна памет
 - имунологична толерантност
- **Нормално** ИС не реагира срещу собствените си антигени и клетки. Тя е толерантна към тях. Осъществява непрекъснат **имунологичен надзор** по време на цялата онтогенеза на човека.

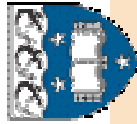
СПЕЦИФИЧНИЯТ ИМУНИТЕТ (КАКТО И НЕСПЕЦИФИЧНИЯТ) са резултат от действието на клетки в кръвта и лимфата

- Най-голям брой клетки в кръвта са **безядрени** еритроцити.
- Лимфата се различава от кръвта по това, че не съдържа еритроцити.
- 0,1% от кръвните клетки са **ядрени – левкоцити**. Лимфата се състои изцяло от левкоцити.
- **Стволовите клетки** са прекурсори (предшественици) на всички тези клетки и се намират в **костния мозък**

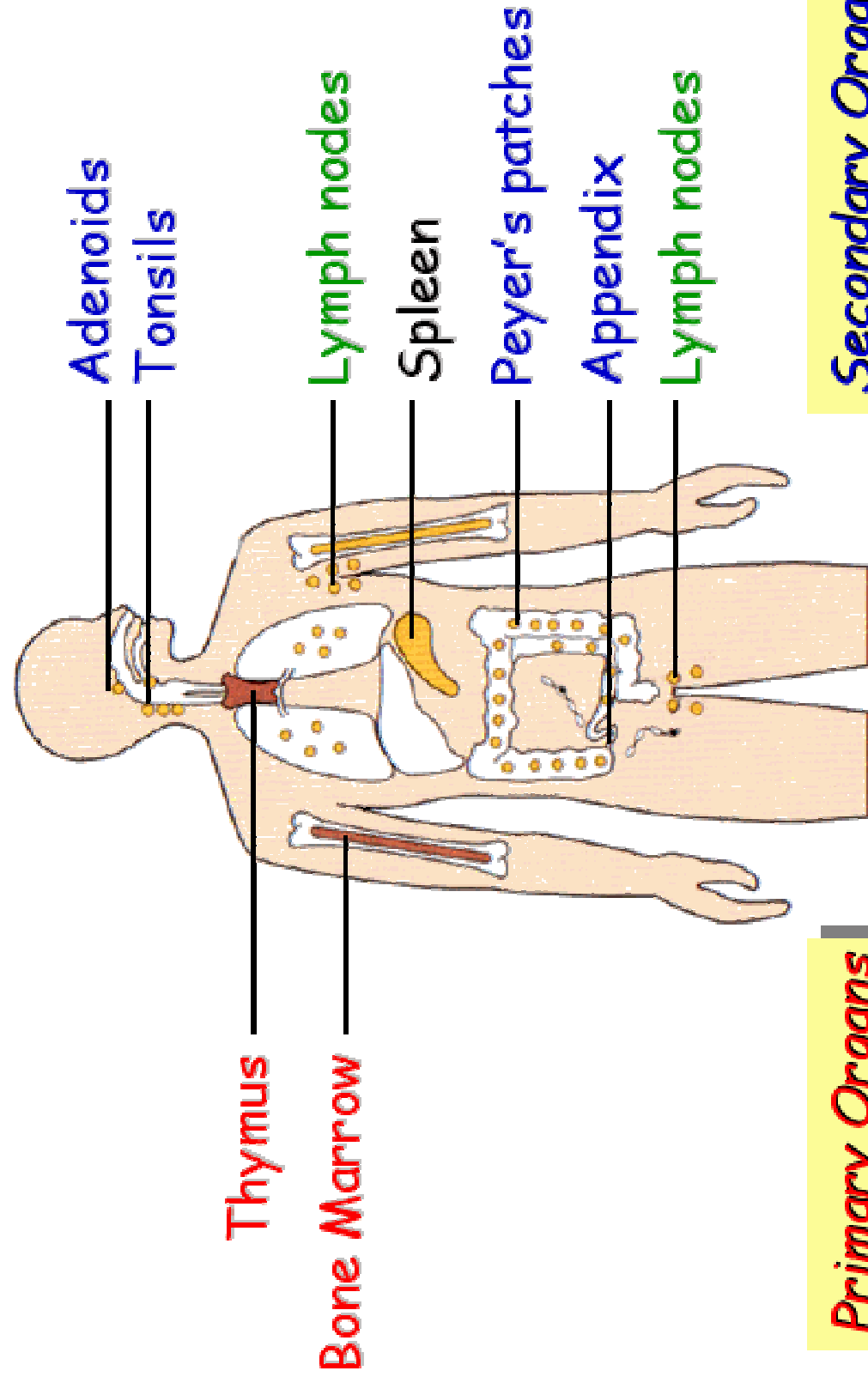
Имунна система – лимфоидни органи и тъкани

- първични –
производство на
лимфоидни клетки
(лимфопоеза)
- вторични –
осъществява се
антиген-специфична
пролиферация и
диференциация –
специфичен имунен
отговор (ИО)





Lymphoid Organs



Primary Organs

Secondary Organs

ПЪРВИЧНИ (ЦЕНТРАЛНИ) ЛИМФОИДНИ ОРГАНИ И ТЪКАНИ

- Костен мозък
- Тимус
- Бурса на Фабриций

Костен мозък

- **Централен орган** на имунната система
- Основна функция - **хемопоетична** (образуване на всички редове кръвни клетки)
- Разполага се в: медуларните канали на диафизите на дългите кости
- между гредичките на спонгиозната субстанция в плоските и късите кости и епифизите на дългите кости
- Заема около 4,5% от телесната маса на възрастния организъм

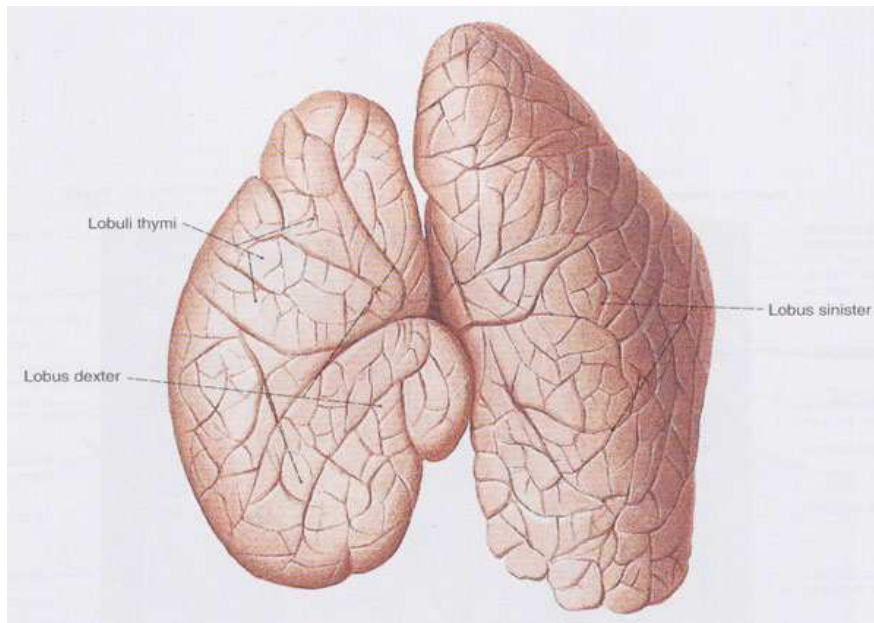
Костен мозък

- Стволовите клетки се развиват в 2 класа левкоцити:
 - **Моноцити** – фагоцитиращи клетки, които се развиват от миелоидни прекурсори
 - **Специализирани левкоцити**, които се включват в продукцията на **антитела и клетъчно-медирано убиване**, които се развиват от лимфоидни прекурсори
- Растежът и диференцирането на хемопоеичните костно-мозъчни стволови клетки (ХСК - HSC, haemopoietic stem cells) се контролират от биологично-активни вещества – **растежни фактори** и **интерлевкини**. Преди раждането ХСК се превръщат в B-Ly във феталния черен дроб.

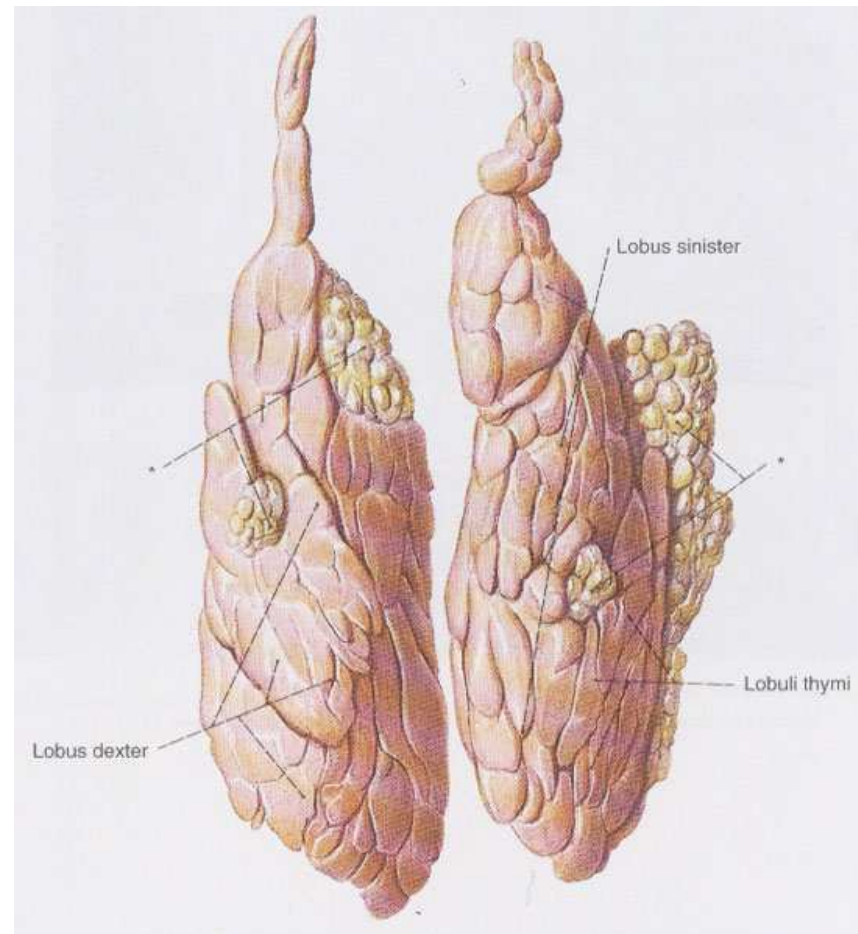
Тимус

- централен орган на имунната система
- Разполага се ретростернално, в горния медиастинум- trigonum thymicum
- Има два асиметрични дяла- lobulus dexter et sinister
- Формира се през първия месец от пренаталното развитие
- Ембрионален произход - в хронологичен аспект, първият орган от имунна система
- По кръвен път мигрират Т-лимфобласти, които се диференцират в зрели Т-Ly (имунна толерантност) - т. нар. антиген-независима диференциация
- Ендокринни функции-секреция на хормони и биологично активни вещества - повлияват диференциацията и функционалната активност на Т-Ly

Тимус - макроскопска анатомия



дете



възрастен

Тимус

- Подсигурява оптимално микрообкръжение за Т-лимфоцитното пролифериране, диференциране и селекция при физиологични и патологични условия
- Състав: лимфоцити, епителни и не-епителни клетъчни елементи: макрофаги, интердигитиращи, ретикулни клетки (много взаимно вдаващи се израстъци), дендритоподобни клетки, фибробласти, мастоцити и др.
- Формират **кортикална зона** (кора, кортекс) и **медуларна зона** (сърцевина, медула)
- Броят на Т-Лу намалява от кортекса към медулата, поради факта, че Т-Лу експресиращи рецептори, специфични за собствените антигени се елиминират чрез апоптоза – **отрицателна** (негативна) селекция

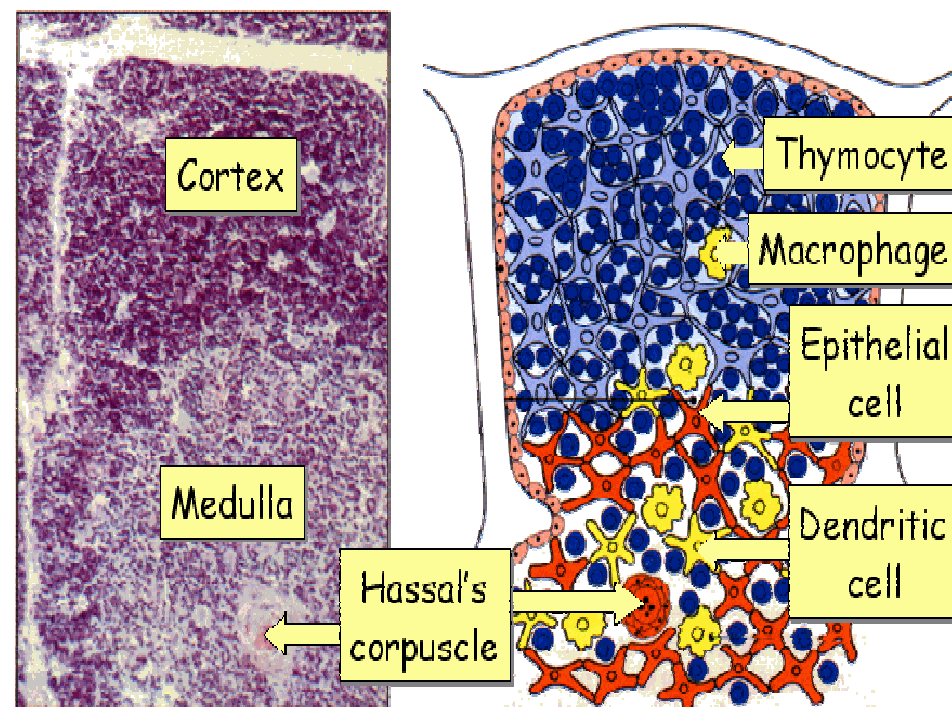
Тимус - микроскопски строеж

- **Строма**- тънка капсула от колаген-съдържаща съединителна тъкан
- От капсулата започват **септи** от рехавя съединителна тъкан
- **Същинска строма** - от видоизменена **епителоретикулоподобна** тъкан
- Стромалните епителоподобни клетки са 4 вида - субкапсулни, кортикални, медуларни и в телцата на Хасал



© Roger Booth 2001

Thymus Structure

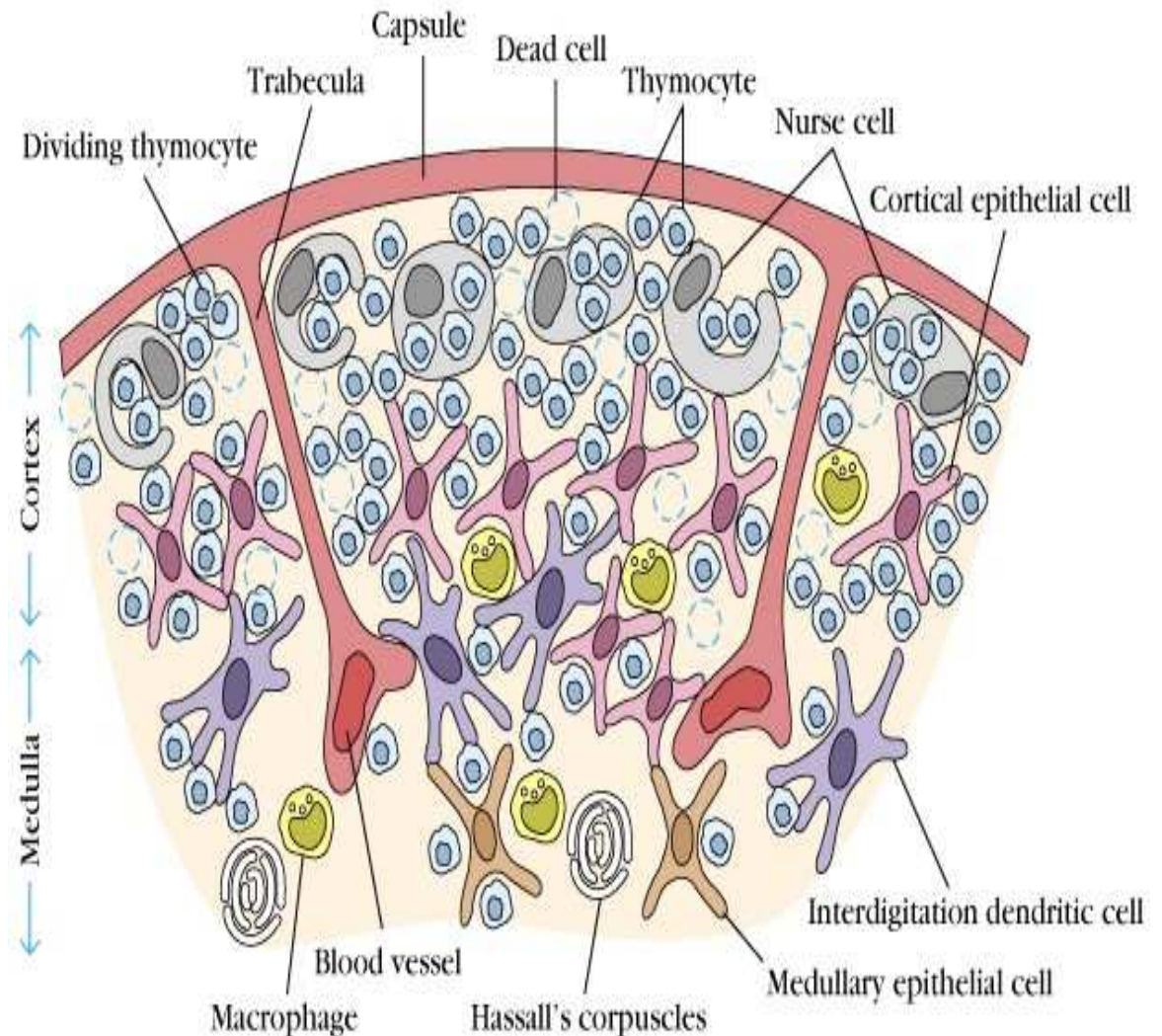


Тимус

- Стромалните епителоподобни клетки
- Разполагат се върху базална ламина, формират епителни повлечла
- Светлинно-микроскопски се отличават с еозинофилна цитоплазма, с по-големи размери са медуларните (светла, по-розово оцветяваща се медула), светли, с дифузен хроматин ядра
- Свързват се помежду си преди всичко чрез десмозоми

Тимус

- В **кортекса** стромалните епителоподобни клетки участват във формирането на **хемотимусна бариера** (предпазват Т-лимфоцитите от среща с антиген)
- Притежават **ендокринни свойства** - секретират хормона тимозин, калцитониноподобен фактор, IGF (insulin-like growth factor) и други растежни фактори



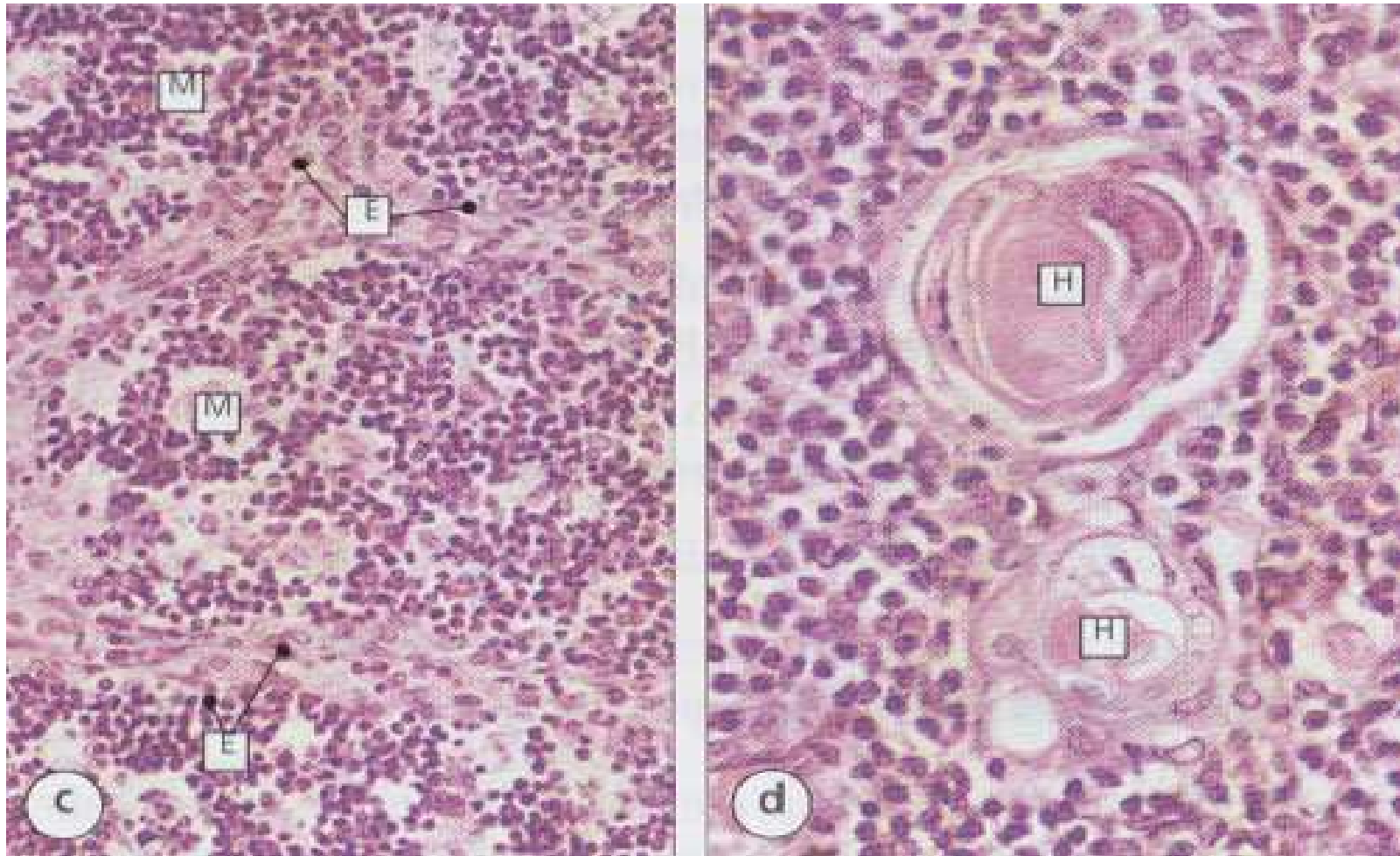
Тимус

- **Паренхим** - изразена лобулираност
- Всяко делче- две ясно различими части- **кора и медула**
- **Кора** - по-тъмно оцветяваща се на хистологични препарати
- Повече Т-Лу, стромалните епителоподобни клетки - с по-малки размери и по-дълги израстъци
- Т-Лу се отличават по своите маркери от тези в медулата
- Директно постъпват в кръвта, без да навлизат в медулата

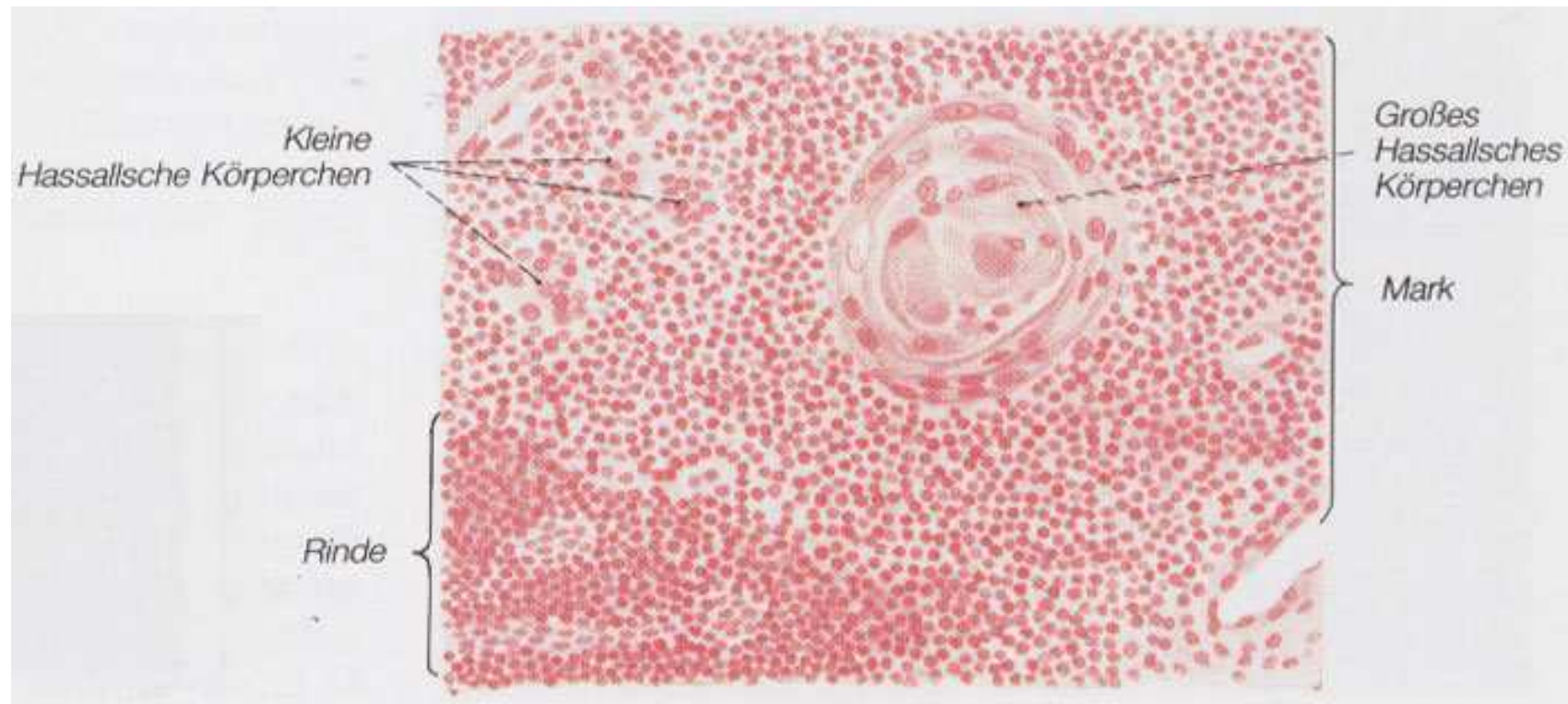
Тимус - Хасалеви телца

- Най-характерният морфологичен белег на медулата са т.нар. **Хасалеви телца**
- Те са с различни размери (размерите им се увеличават с възрастта) сферични телца
- Имат **ламелозна структура**
- Състоят се от концентрично наслоени стромални епителоподобни клетки в различна степен на дегенерация
- Функцията не е ясна - приемат се като белег за възрастовата инволюция на органа

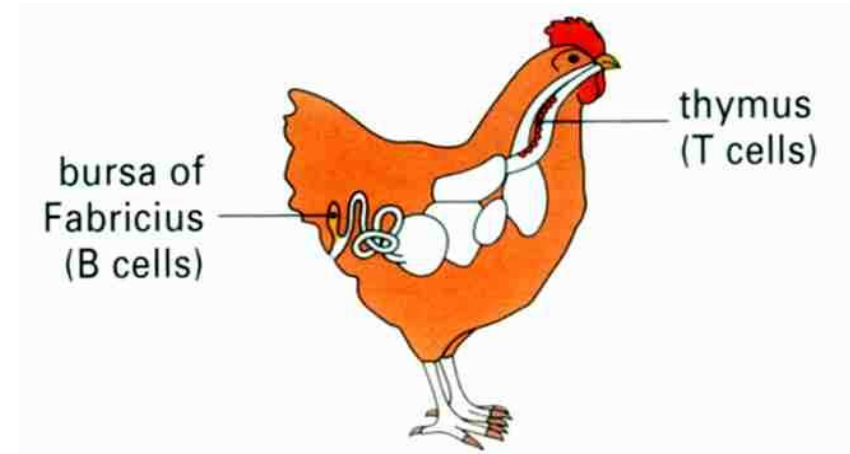
Тимус - кортекс (епителоподобни клетки на строма и макрофаги) и медула с Хасалеви телца



Тимус- медула с Хасалево телце



Бурса на Фабриций



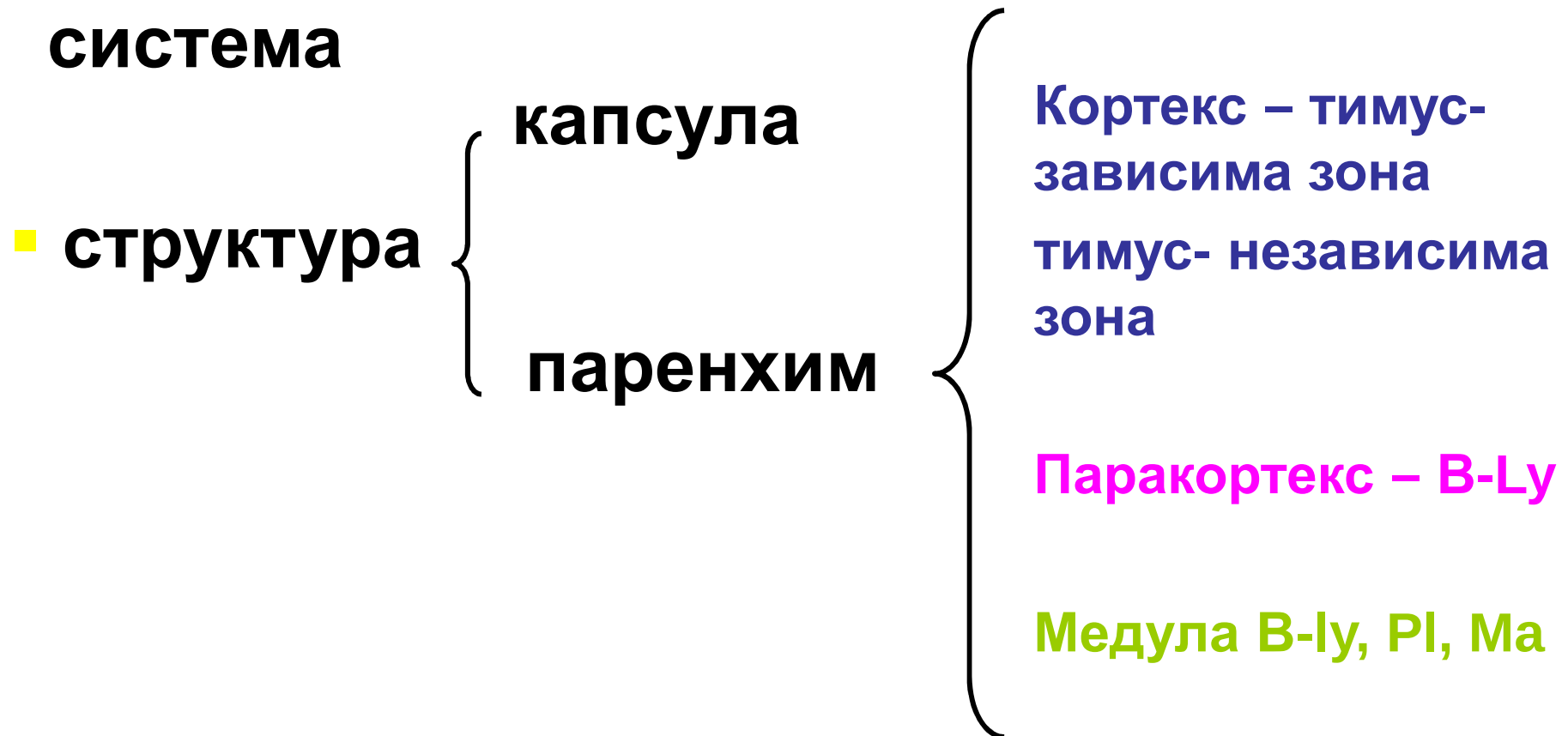
- Централен лимфоиден орган у птиците, разположен около клоаката. Тук става зреенето и диференцирането на предшествениците до В-Лу след антигенен стимул - **плазматични** клетки
- При бозайници и човек – еквивалент костен мозък или / и лимфоидни образувания, асоциирани с мукозата

ПЕРИФЕРНИ (ВТОРИЧНИ) ЛИМФОИДНИ ОРГАНИ И ТЪКАНИ

- Има **тимус зависими** и **тимус независими** зони, в които се заселват съответните T-Ly и B-Ly
- В тях проникват антигени, които стимулират T-Ly и B-Ly към пролиферация и диференциация
- **Системни органи** – лимфни възли, слезка
- **Мукоза-асоциирана лимфна тъкан (MALT)**

Лимфен възел

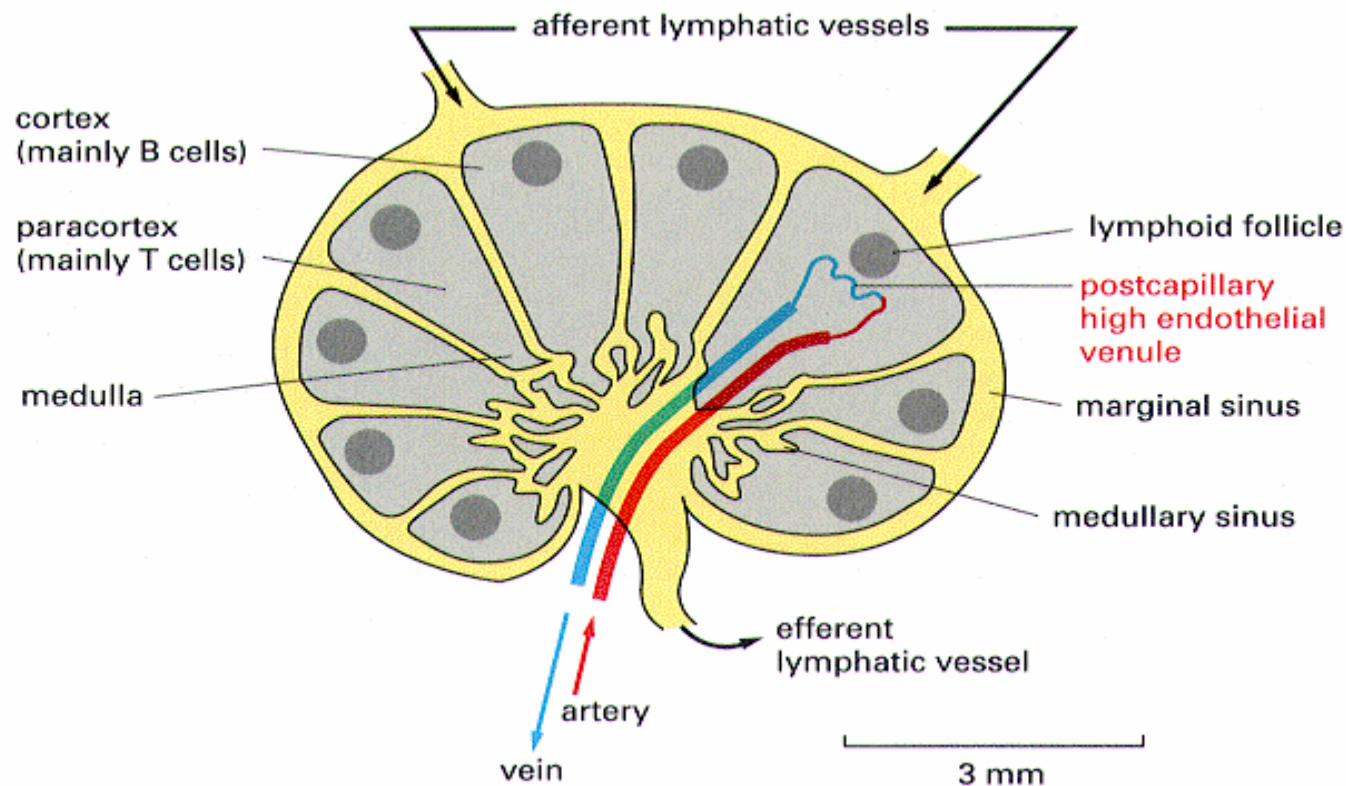
- пръснати по хода на лимфната система



■ функция

Филтър за антигени по
хода на лимфата

Имунна функция



Лимфен възел - микроскопски строеж

В паренхима се различават следните части:

- **Кора** - от кортикални лимфни фоликул (в един или няколко реда при по-големите лимфни възли)
- **Паракортикална зона** (Т- зависима зона, корово плато) - дифузна зона, не се различава ясно на хистологични препарати
- **Медула** - централна част, изградена от анастомозиращи медуларни повлекла
- Коровата и медуларната част са изградени от **B-Ly**
- Паракортикалната зона - от **T-Ly**

Лимфен възел - микроскопски строеж

- **Кора** - от сферични образувания в един или няколко реда-лимфни фоликули (folliculi lymphatici lymphonoduli)
- В стромата от преди всичко циркулярно ориентирани ретикуларни влакна се разполагат популации от лимфни клетки
- Различава се централна по-светла част - centrum lucidum (reactivum, germinativum)- **вторични фоликули**
- Съдържа активирани В-Лу, тъканни макрофаги (хистиоцити), фоликулни дендритни клетки - APCs за В-Лу

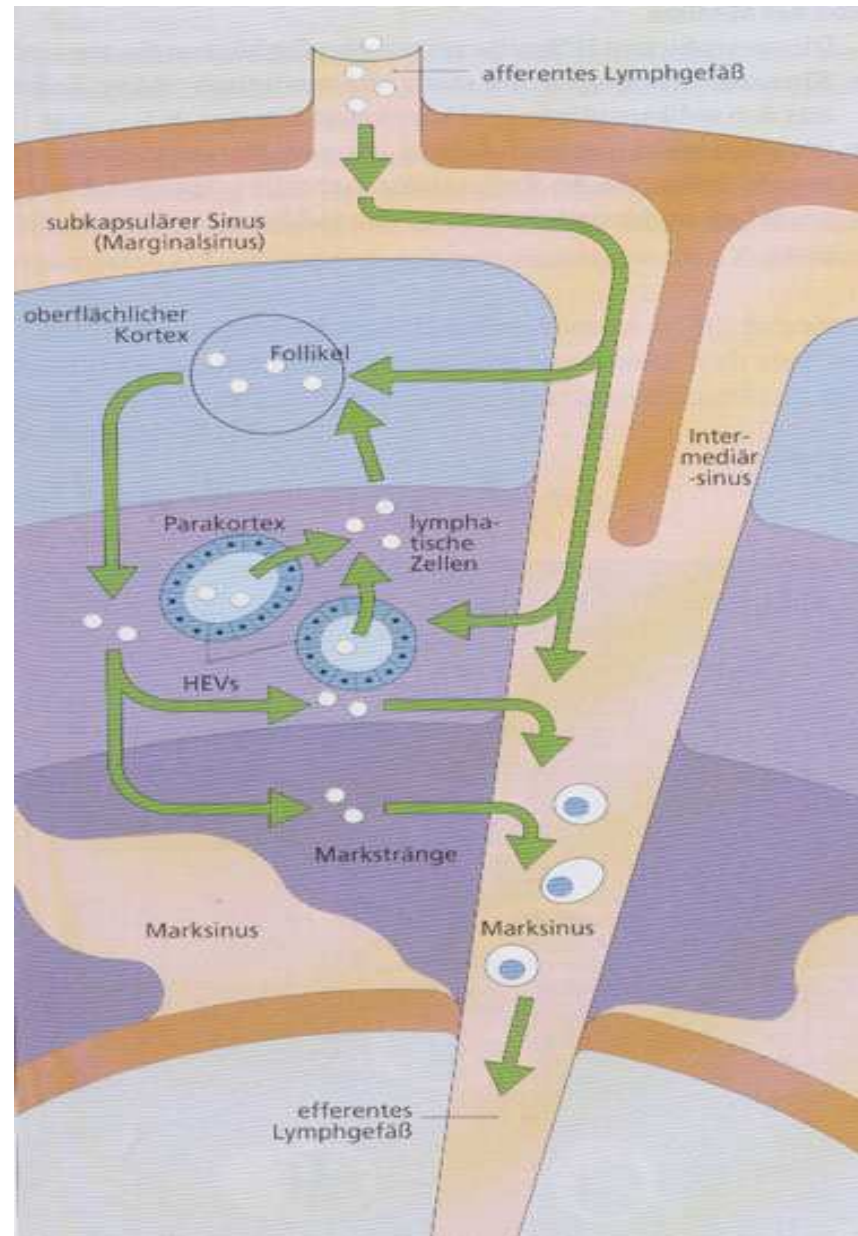
Лимфен възел - микроскопски строеж

- В-Ly влизат в лимфния възел чрез **високоендотелните посткапилярни венули (HEVs)** на паракортикалната зона
- Високоендотелните венули са част от кръвоносната система на органа
- Отличават се с **кубични** по форма ендотелни клетки - имат **специфични рецептори** (lymphocyte homing receptors) - лиганди са циркулиращите лимфоцити- така попадат в паракортикалната зона

Лимфен възел - микроскопски строеж

- От паракортикалната зона В-Лу мигрират до **коровите лимфни фоликули** - при среща с антиген се активират и в резултат цитоплазмата се увеличава, а ядра са бедни на хроматин.
- Индуцираните към пролиферация и диференциация В-Лу мигрират **обратно** - на границата между паракортикалната зона и медулата (клетъчно коопериране между Т и В лимфоцити) - превръщат се в **клетки на имунната памет** или **плазмоцити**. Плазмоцитите оттам достигат до медуларните повлечки и започват да произвеждат и секретират **антитела**.

Лимфен възел- циркулация на В- лимфоцити



Лимфен възел - микроскопски строеж

- Освен **вторични фоликули** със светъл център има и т.нар. **първични фоликули**
- Доминиращият тип през ембриогенезата и след раждането
- С по-малки размери, по-тъмно се оцветяват на хистологични препарати
- Съдържат преди всичко **неактивирани В- Ly**

Лимфен възел - микроскопски строеж

- **Паракортикална зона** - дифузна зона между кора и медула
- Състои се преди всичко от **T-Ly** - те навлизат от кръвната циркулация чрез високоендотелните посткапилярни венули
- Тук се извършва **антиген-стимулираната бластна трансформация на T-Ly** в ефекторни клетки (килъри, хелпери и супресори) - навлизат в кръвта
- Микросреда за T-Ly лимфоцитите са макрофаги (фагоцитиращи, хистиоцити) и *интердигитиращи APCs клетки*

Лимфен възел - микроскопски строеж

Медуларна част

- В стромата от ретикуларна съединителна тъкан се разполага лимфна тъкан
- Тя се състои от **медуларни повлекла** от В лимфоцити, плазмоцити, макрофаги (хистиоцити)

Слезка (далак)

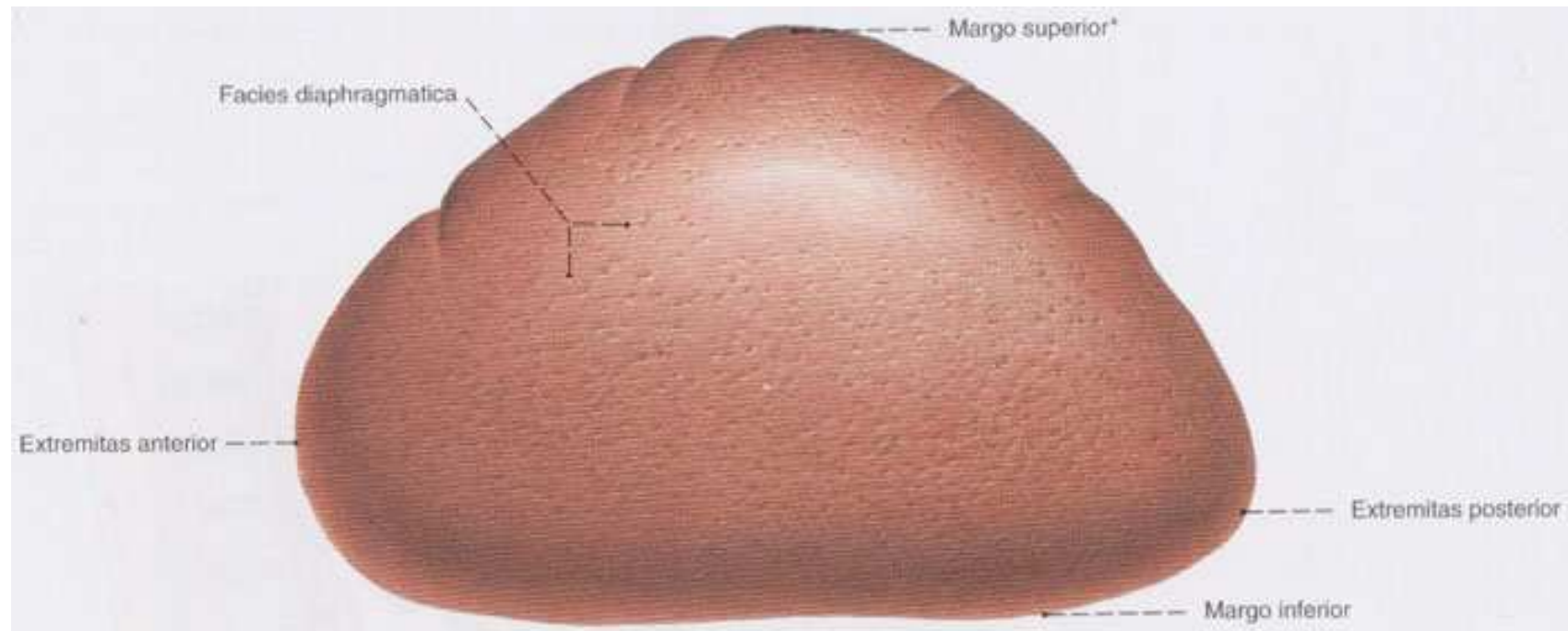
- локализирана в ляво подребрие в горно-левия отдел на коремната кухини



Функции:

- филтър на кръвта - отстранява остарелите еритроцити
- имунна – антигените стимулират В- и Т-Лу към диференциране
- хемопоетична
- резервоар на кръв

Слезка - макроскопска анатомия

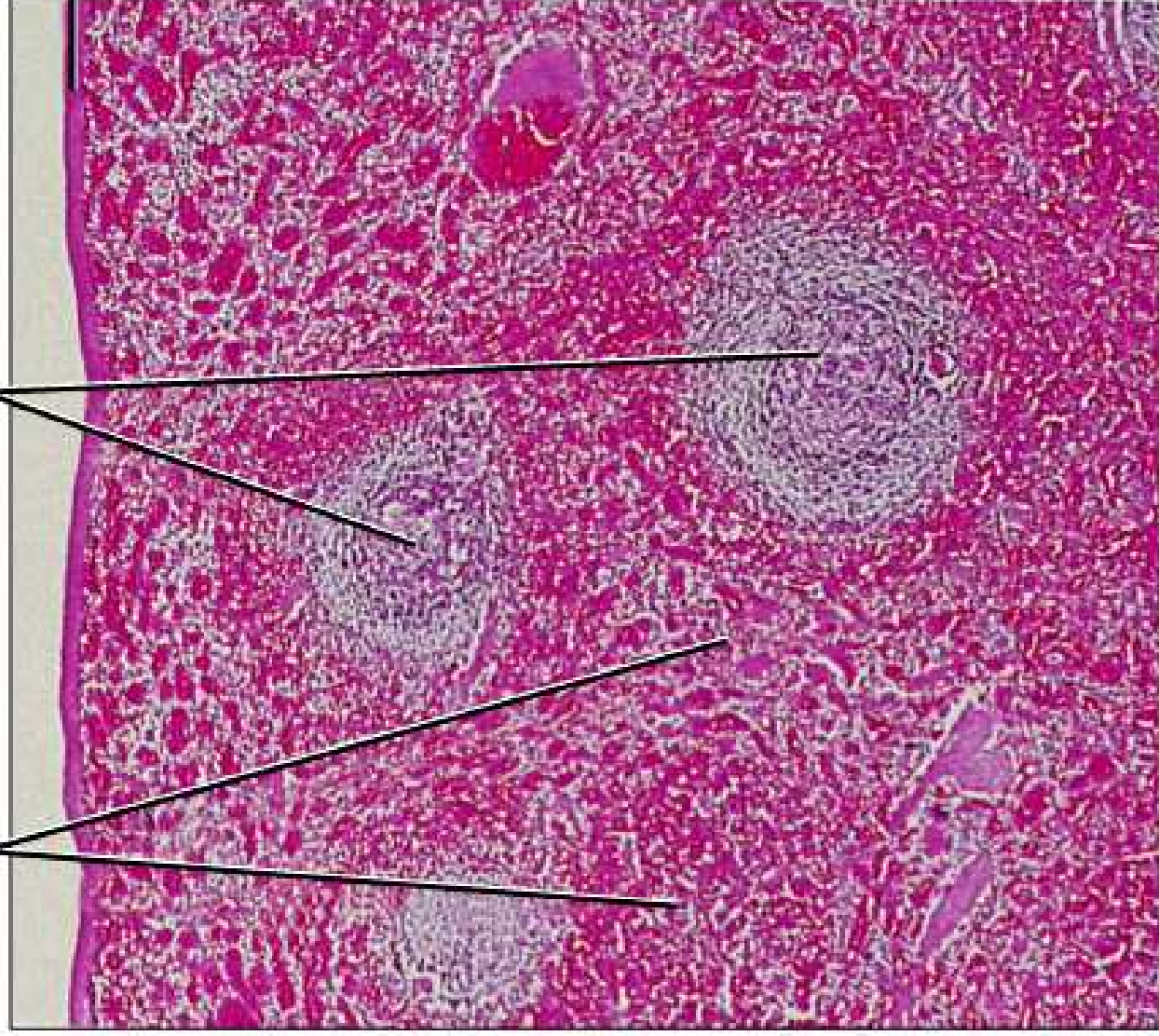


Най-големият лимфен
орган - нечифтен,

Red pulp

White pulp

Capsule



(b)

Слезка - микроскопски строеж

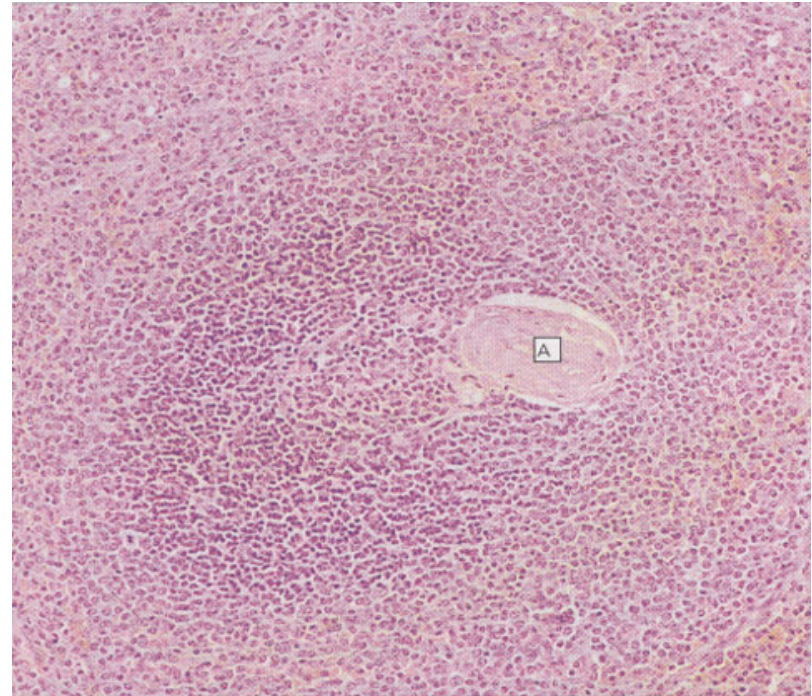
- На принципа на паренхимните органи
- **Строма** - капсула от колагенна съединителна тъкан с много гладкомускулни клетки
- От стромата започват **трабекули** от рехава съединителна тъкан с много гладкомускулни клетки и еластични влакна - опорно съкратителен апарат на слезката - 5-7% от масата на органа (кръвно депо!)
- **Същинска строма**- ретикуларна съединителна тъкан

Слезка - Бяла пулпа на слезката

- периартериален лимфен пръстен:
преобладават **T- Ly – тимус-зависима зона**
- съвкупност от **Малпигиеви телца**
състоящи се от лимфен фоликул и
артериола (ексцентрично разположена)
- лимфни фоликули: **B-Ly - тимус
независима зона**

Слезка - Бяла пулпа на слезката

- Зони на Малпигиевото телце
- **Светъл (герминативен, реактивен) център** - фоликулни дендритни антиген-представящи клетки (АПК) елемент на стромата, фагоцитиращи макрофаги, активирани В-Ly
- **Мантийна зона** - периферна зона от неактивирани В-Ly и малко Т-Ly



Слезка - микроскопски строеж

- **Маргинална зона**- тънка, на границата с червената пулпа, от неактивирани В- лимфоцити и макрофаги - в контакт със стената на кръвните синуси
- **Периартериалната зона** - аналог на паракортикалната **Т- зависима зона** на лимфния възел. Състои се от Т- лимфоцити, интердигитиращи APCs дендритни клетки, фагоцитиращи макрофаги

Слезка – червена пулпа

- Артериална синусоидна система: Ery и Ma, малко Ly
- По строеж прилича на медулата на лимфния възел - B-Ly, плазмоцити организирани в повлекла и кръвни синуси
- **Кръвните синуси** са част от кръвоносната система (венозна) на органа,

Мукоза-асоциирана лимфна тъкан (mucosa associated lymphoid tissue - **MALT**)

- Под формата на **единични (солитарни)** или **групи** от лимфни фоликули (напр. Пайерови плаки)
- Разполага се в туника мукоза на различни органи
- Най-застъпени са в храносмилателната система – т.нар. **gut associated lymphoid tissue (GALT)**
- Дихателната система – т.нар. bronchopulmonal associated lymphoid tissue (**BALT**)
- В някои региони се формират **тонзили** (строма от рехава съединителна тъкан)
- В урогенитален тракт, конюнктива, кожа (**SALT**)

MALT - Тонзили

- включват небцовите сливици, езиковата и фарингеална сливици
- включват дифузна лимфоидна тъкан и големи герминативни центрове с В-Ly
- **МАЛТ ПРЕДПАЗВА ОРГАНИЗМА ОТ АНТИГЕНИ ПРОНИКВАЩИ ДИРЕКТНО ПРЕЗ ЛИГАВИЦИТЕ НА ЕПИТЕЛНИТЕ ПОВЪРХНОСТИ !!!**

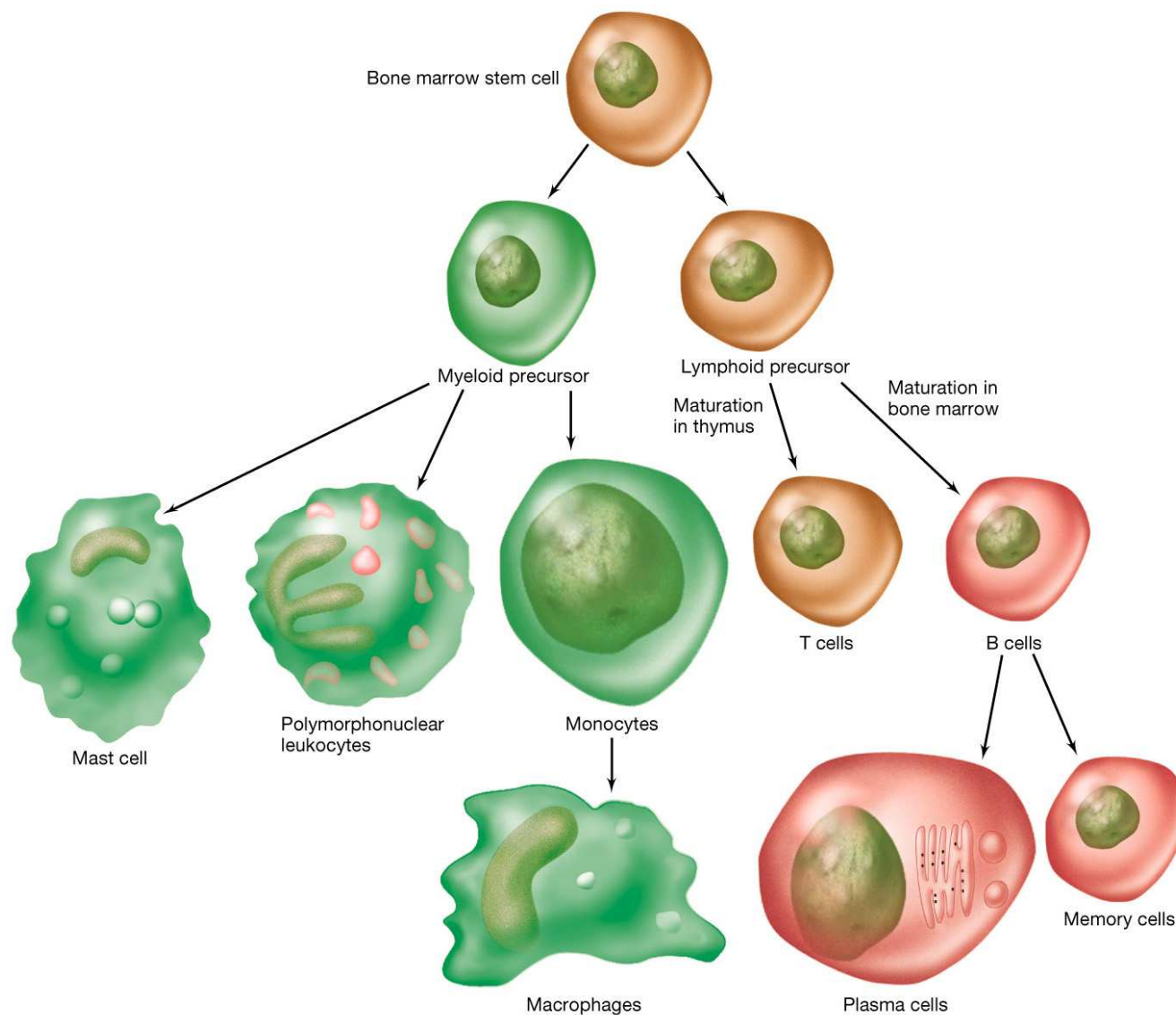
MALT - Пайерови плаки

- струпвания от лимфоцити в субмукозата на **тънкото черво**
- съдържат **вторични големи фоликули** с В-Ly и по-малки участъци с Т-Ly между тях
- лимфоидната тъкан в чревната мукоза – **GALT** (gut-associated lymphoid tissue)

Клетки на имунната система

- Всички клетки произлизат от **ХСК** по пътя на диференциацията от два основни клона – **лимфоиден и миелоиден**
- Основни клетки в реализацията на ИО са лимфоцитите.
- Лимфоцитна диференциация – 2 клетъчни типа: **T-Ly** и **B-Ly**
- Миелоиден път на диференциация – еритроцити, гранулоцити, грануло-съдържащи клетки от гранулоцитно-моноцитния ред

Развитие на клетките, участващи в имунния отговор



- Т-Лу и В-Лу в хода на диференциация придобиват **имунокомпетентност** – притежават определени **рецептори за определен антиген**.
- Придобиването на специфичност в първичните лимфоидни органи не зависи от наличието на антиген.
- Имунокомпетентните Т- и В-Лу пролиферират в отговор на антигенна стимулация.
- В-Лу осъществяват основно **хуморалния** имунен отговор (**ХИО**).
- Т-Лу реализират основно **клетъчен** имунен отговор (**КИО**)

Т-КЛЕТКИ и СУБПОПУЛАЦИИ

- **Th** – клетки помощници – **CD 4**

При контакт с антигена секретират цитокини /
лимфокини

Биват 2 типа: **Th1** и **Th2** – регулират КИО и ХИО

Th1 при антигенен стимул секретират **IL-2** и **IFN γ** –
усилват функцията на **Tc (КИО)**

Th2 - секретират **IL-4,5,6** и **10** – стимулират **B-Ly** и
усилват **ХИО**

- **Tc (T-cytotoxic, killers, T„убийци“)** – **CD 8**
 - при директен контакт с клетката-мишена, отделят белтък „перфорин“ образува трансмембранни пори в клетъчната мембрана и разрушава мишената
- **Ts (T-„супресори“)** – **CD 8** – секретират супресорни фактори – подтискат функцията на В-Лу, плазматични клетки, Th. Ts – имат отношение към имунологичната толерантност – регулаторна функция
- **Tm (T- помнещи клетки)** – **CD 4** - живеят дълго осъществяват имунологичната памет

В – КЛЕТКИ и СУБПОПУЛАЦИИ

- Костно-мозъчни В-клетки – могат да синтезират IgM – имат рецептори за IgM.
- **В1-клетки** – в ембрионалния период:
 - ✓ синтезират **IgM естествени** антитела
 - ✓ Тимус-независими
 - ✓ Откриват се в телесните кухини
- **В2-клетки**
 - ✓ скоро след раждане
 - ✓ Населяват вторичните лимфоидни органи
 - ✓ диференцират се в В-клетки и плазматични клетки с
 - ✓ рецептори IgM и IgD

В – КЛЕТКИ и СУБПОПУЛАЦИИ

- **ВЗ-клетки (B-killers)** - Fc-рецептори за Fc-участъците на имуноглобулини, свързани с клетки мишени – **цитотоксичен ефект**
- **Bs (B-suppressors)**
 - подтискат пролиферацията на предшествениците на плазмоцитите и функцията на Tc

NK (ЕСТЕСТВЕНИ УБИЙЦИ, NATURAL KILLER CELLS)

- съществуват в организма преди раждане
- не разпознават специфичния антиген, преди да взаимодействат с него
- ефективни срещу широк кръг инфекциозни причинители
- имат **рецептори** за Fc – фрагмента на антителата – **антитяло-зависима клетъчна цитотоксичност**
- притежават **активиращи** (killer activating receptors) или **инхибиращи** (killer inhibitory receptors) рецептори
- Разрушават вирус-инфектирани и туморни клетки при първа среща чрез директна цитолiza – отделят **перфорин**

АНТИГЕН-ПРЕДСТАВЯЩИ КЛЕТКИ

Макрофаги - нямат способност за специфично разпознаване на антигена

2 типа:

- **фиксиращи**

- ✓ Купферови клетки (черен дроб),
- ✓ Лангерхансови клетки (кожа)
- ✓ остеокласти (костна тъкан)
- ✓ микроглиални клетки (мозък)
- ✓ алвеоларни Ма (бял дроб)
- ✓ хистиоцити (съединителна тъкан)

- **свободни** - лимфни възли, слезка, МАЛТ
- ✓ поглъщат, преработват и представят антигена на Th в подходяща форма за ИО
- ✓ моноцити (кръв)
- ✓ макрофаги (тъкани) – убиват патогените
- ✓ възпаление – цитокини
- ✓ цитотоксичност – надзор над туморни образувания
- ✓ секретират цитокини, стимулиращи пролиферация, диференциация и ефекторна функция на Ly

Дендритни клетки

- силни активатори на CD4 T-Ly
(Лангерхансови клетки - епидермис) и
интердигитиращи клетки в Т-зоните на
лимфоидните органи
- слаба фагоцитираща функция
- специализирани в представянето на **вирусни
антигени**

B-Ly

- не са фагоцити
- чрез техните имуноглобулинови рецептори залавят, обработват и представят на T-Ly **нискомолекулни антигени** – напр. **бактерийни токсини**

Молекули

- **Имуноглобулини**
 - Гликопротеини
 - синтезират се след антигенна стимулация на В-Лу, които се диференцират до плазмоцити (PI)

Цитокини

- **Лимфокини** – отделят се от сенсibiliзирани L_u
- **Монокини** – синтезират се от M_a , имат регулаторна функция (IL-1, TNF- α , и др.

НЕСПЕЦИФИЧНИ ЗАЩИТНИ ФАКТОРИ

I. Анатомични и физиологични бариери

1. Кожа

2. Мукозни повърхности

- епителни клетки
- слуз

3. Нормалната флора на гастроинтестиналния тракт създава неблагоприятна среда – рН от 2 до 7

- лизозим на очната секреция (сълзи) и на бъбреците

4. Секрети на жлезите с външна секреция

5. Кръвната плазма съдържа бактерицидни субстанции

6. Специфичност на тъканите

НЕСПЕЦИФИЧНИ ЗАЩИТНИ ФАКТОРИ

II. Клетъчни фактори на естествения имунитет

A. Фагоцити и фагоцитоза

1. Фагоцити

- неутрофили
- моноцити
- макрофаги

Неутрофили

- около 60 -70% от левкоцитите (полиморфонуклеари)
- не се рещат нормално в тъканите
- първи клетки в мястото на инфекция / увреждане
- осъществяват **неимунна** фагоцитоза след активиране на бактерицидни механизми

- Всички фагоцити съдържат **лизозоми** и **хидролитични ензими**, чрез които осъществяват разграждане на погълнатите микроорганизми (неимунна фагоцитоза)
- Вътреклетъчното смилане се осъществява чрез:
 - **ензими** и други **биологично-активни токсични молекули** (катионни протеини, лактоферин, лизозим и др.)
 - **кислороден взрив** (супероксиден анион, хидроксилни радикали, азотен оксид, хипохлорна киселина и др.)

Имунна фагоцитоза

- улеснява се от различни имуноглобулини (антитела), наречени **опсонини** и серумни **компоненти на комплемента**, свързани с чуждородния агент

МОНОЦИТИТЕ И МАКРОФАГИТЕ СА ПОСРЕДНИЦИ МЕЖДУ ЕСТЕСТВЕНИЯ И ПРИДОБИТ ИМУНИТЕТ!!!

2. Дендритни клетки

- антиген-представящи клетки (АПК)
- слаба фагоцитираща способност към извънклетъчни агенти (Лангерхансови епидермални клетки)

3. Еозинофилни клетки

- слаби фагоцити
- при активиране отделят реактивни кислородни метаболити, простагландини, цитокини и др., чрез които увреждат и по-големи патогени (паразити)

4. Базофилни клетки и мастоцити

- притежават рецептори за IgE
- в цитоплазмата – гранули, съдържащи биологично – активни вещества
- участват в алергични реакции на свръхчувствителност от бърз тип

5. Големи гранулирани лимфоцити (LGL)

- убиват таргетни клетки без посредничеството на антитяло и комплемент
- унищожават туморни клетки, вирус-инфектирани клетки, алогенни клетки без да са сенсibiliзирани

6. Еритроцити и тромбоцити

- притежават **рецептори за комплемента**
- участват в **отстраняването на имунни комплекси** (антиген-антитяло-комплемент)

Б. Възпаление

- **неспецифична** реакция към токсини и патогени
- медира се от подгрупа левкоцити, отделящи **цитокини** – $\text{TNF}\alpha$, IL-1,6,18, IFN- γ , хемокини и стимулират образуване на фибринова мрежа на мястото на възпалението
- характеризира се със **зачервяване, подуване, затопляне и болка**
- впоследствие Ма задействат и **придобития имунитет**

В. Разтворими фактори на естествения имунитет

1. Система на комплемента

- комплекс от 20 – 30 серумни белтъци с ензимна функция
- компоненти: от C1 до C9 и фактори В, D, H, I, пропердин /P/ и регулаторни фактори
- нормални съставки на плазмата
- активират се последователно на **каскаден принцип**
- **Класически път** – активиране от комплекс Аг-Ат

Алтернативен път – директно от определен агент

- участва в опсонизацията
- опосредства локалния възпалителен процес
- някои от компонентите активират мастните клетки – освобождава се **хистамин** и **TNF α**
- терминалните компоненти водят до **цитоллиза**
- **усилва** антитяловия отговор и **имунната памет**

2. Пропердин

- активира комплемента по алтернативния път
- бактерицидно действие
- антитоксично действие
- участва в лизирането на някои клетъчни паразити

Лизозим

- бактерицидни свойства
- литични свойства

Опсонини

- подготвят бактериите за фагиране
- неспецифични

Цитокини

- интерлевкини
- тумор-некротизиращ фактор ($\text{TNF}\alpha$ и $\text{TNF}\beta$)
- колонио-стимулиращи фактори (CsFs)
- интерферони ($\text{INF-}\alpha, \beta, \gamma$)

Функция на човешките интерферони

- подтискат пролиферацията на лимфоцитите
- повишават температурата
- **активират Ма, NK и Тс**
- повишават експресията на повърхностните антигени

Резюме

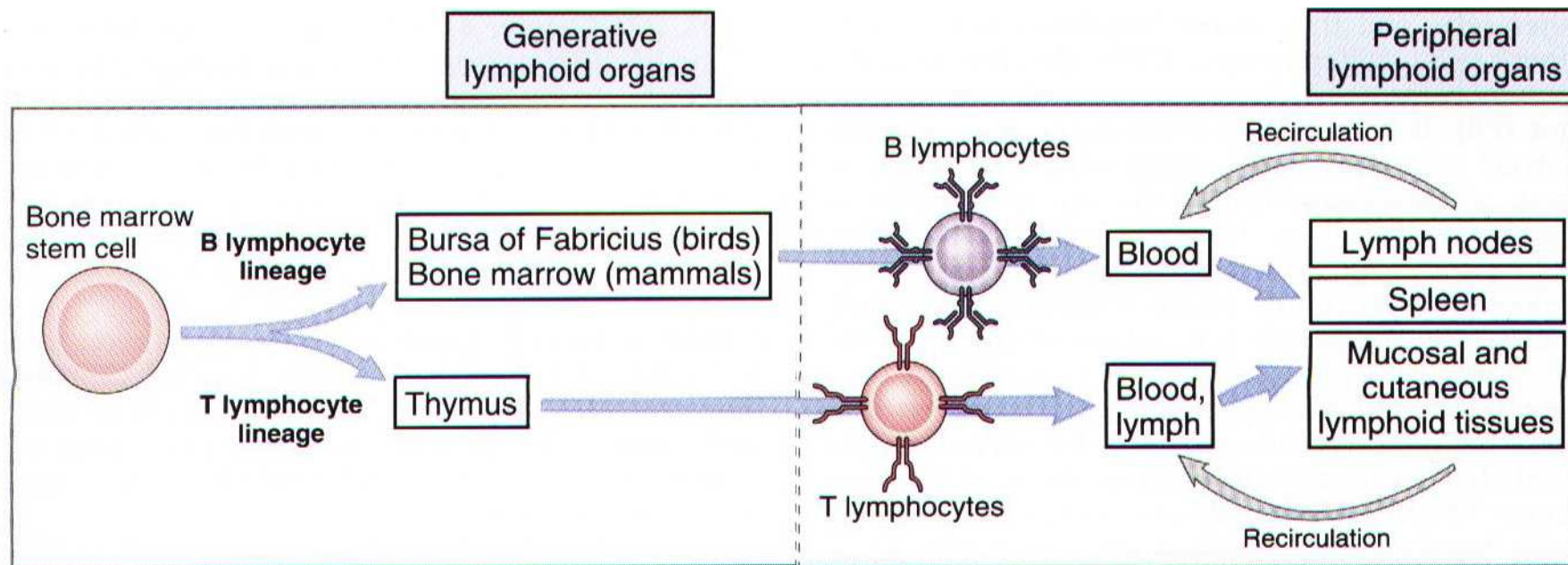


Figure 2–2 Maturation of lymphocytes.