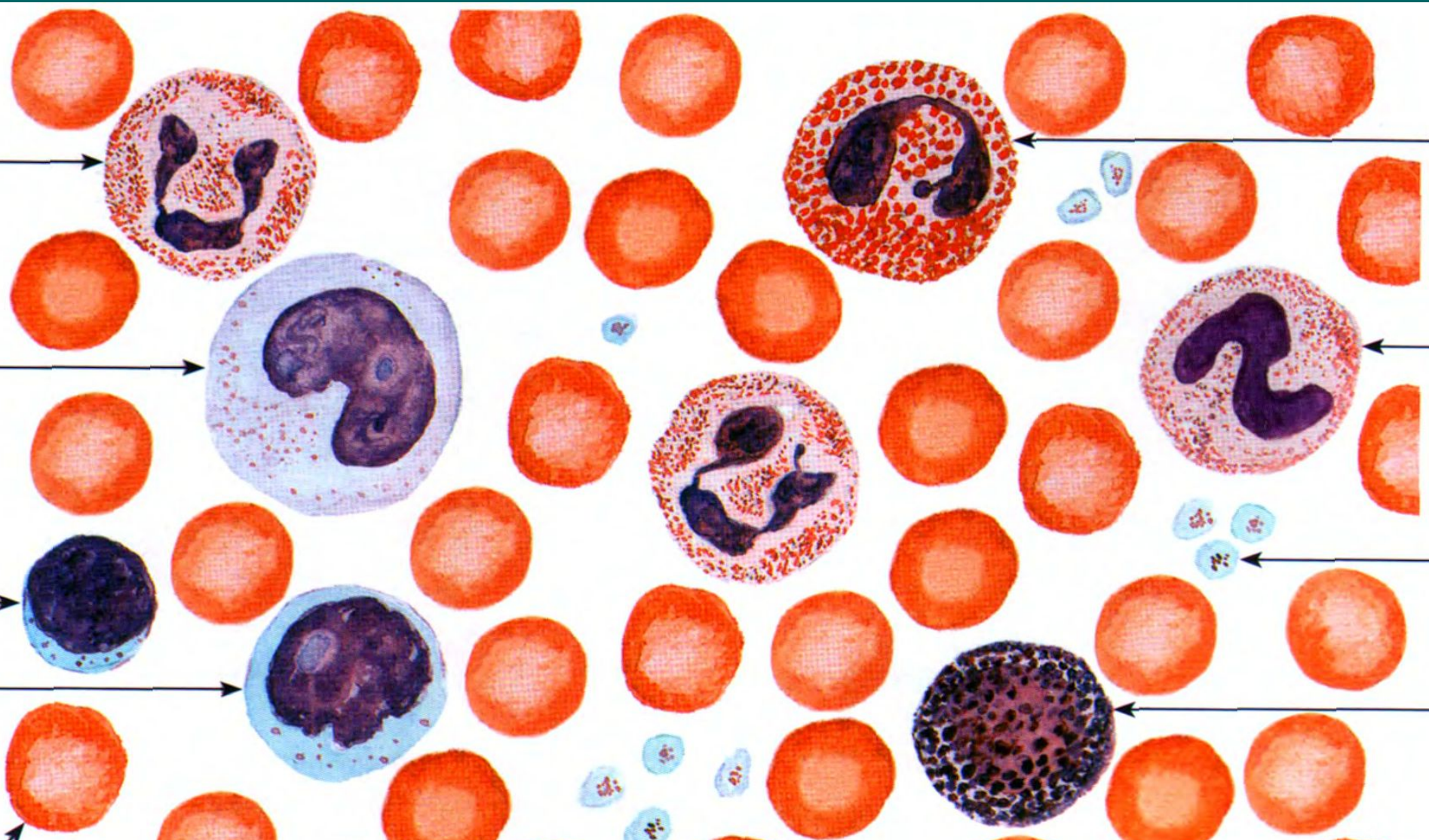
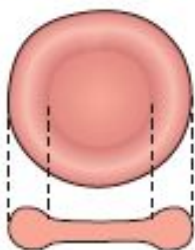


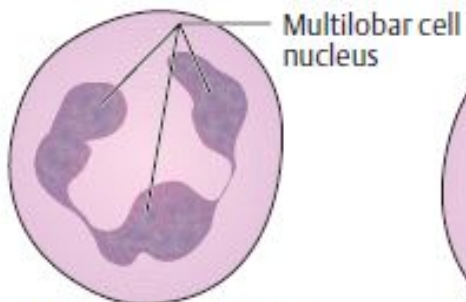
КРОВЬ



Cells originating in the red bone marrow



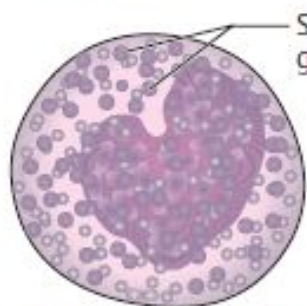
Red blood cell (erythrocyte)



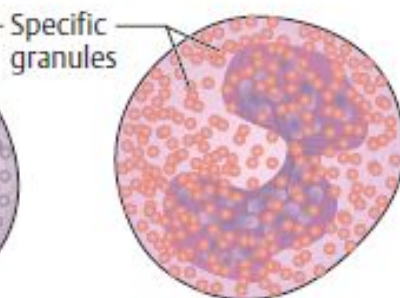
Neutrophil granulocyte



Monocyte



a Basophil granulocyte

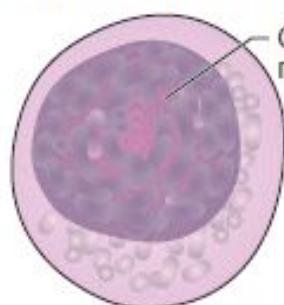


Eosinophil granulocyte

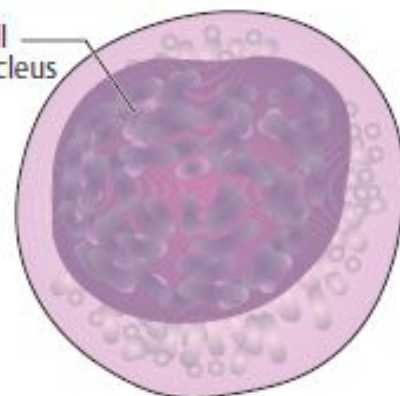


Platelets (thrombocytes)

Cells originating in the lymphoid organs



Small lymphocyte



Large lymphocyte

b

Состав крови

Объём крови в организме взрослого человека - около 5 л.

В крови различают 2 компонента: плазму (межклеточное вещество) - 55- 60 % объёма крови (около 3 л) и форменные элементы - 40-45 % объёма крови.

Форменные элементы

Гемограмма взрослого человека:

1) эритроцитов содержится:

а) у мужчин - $3,9-5,5 \times 10^{12}$ в 1 л;

б) у женщин - $3,7 - 4,9 \times 10^{12}$ в 1 л

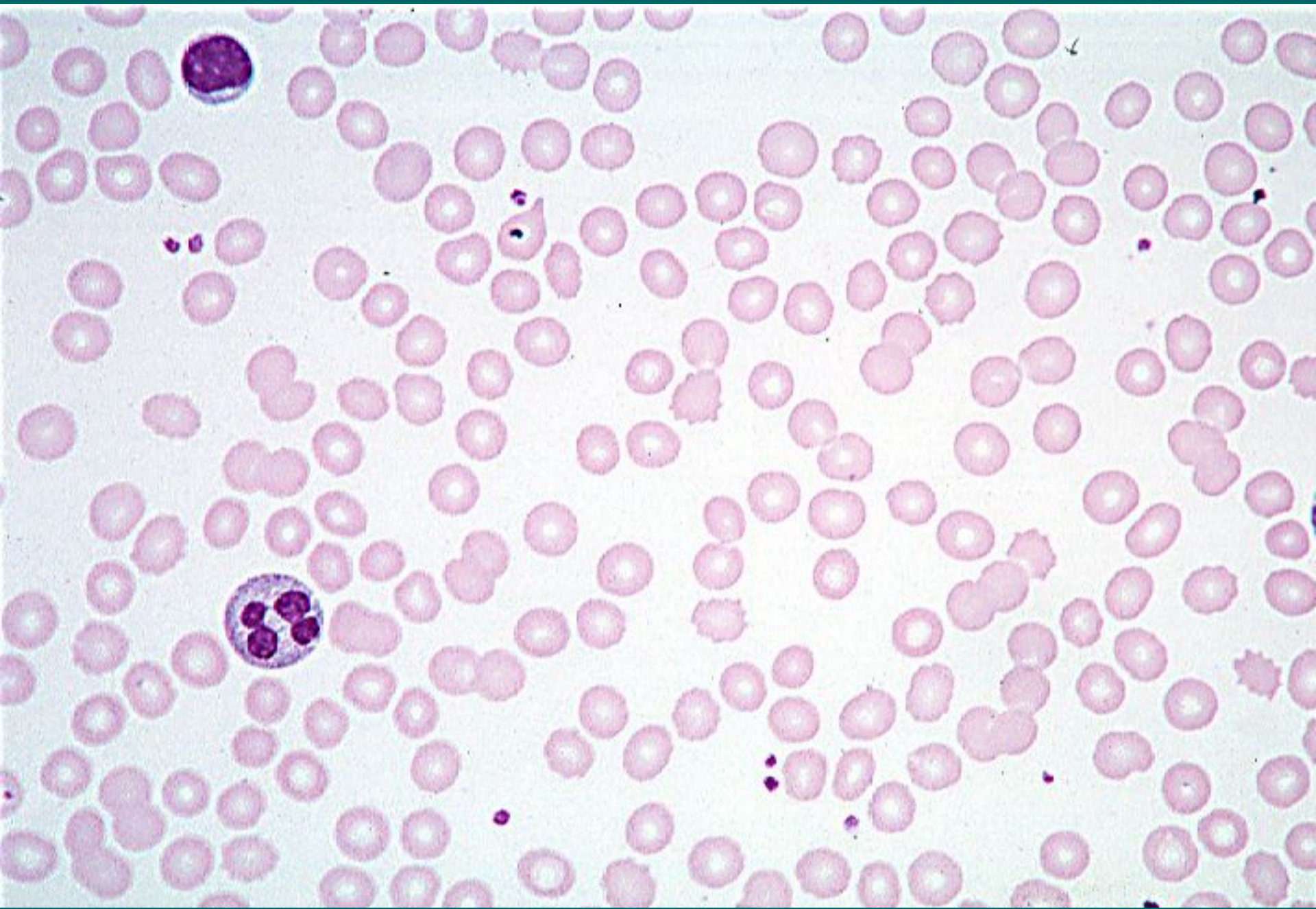
2) лейкоцитов - $4-9 \times 10^9$ в 1 л

3) тромбоцитов - $200-400 \times 10^9$ в 1 л

Эритроциты - преобладающая популяция форменных элементов крови.

Размеры эритроцитов:

- а) $\sim 7,5$ мкм - нормоциты (в крови $\sim 75\%$),
- б) больше 9 мкм - макроциты ($\sim 12,5\%$)
- в) меньше 6 мкм - микроциты ($\sim 12,5\%$).



Кроме зрелых эритроцитов, в крови могут находиться их непосредственные предшественники - **ретикулоциты** (2 - 8 % от общего числа эритроцитов).

Они тоже лишены ядер, но содержат зернисто-сетчатые структуры - стареющие митохондрии, остатки эндоплазматической сети и рибосом.

При обычной окраске (по Романовскому, т. е. азур II-эозином) ретикулоциты неотличимы от эритроцитов.

Наличие зернисто-сетчатых структур выявляется при специальной окраске - крезоловой синькой.

При старении эритроцитов их форма меняется двумя способами.

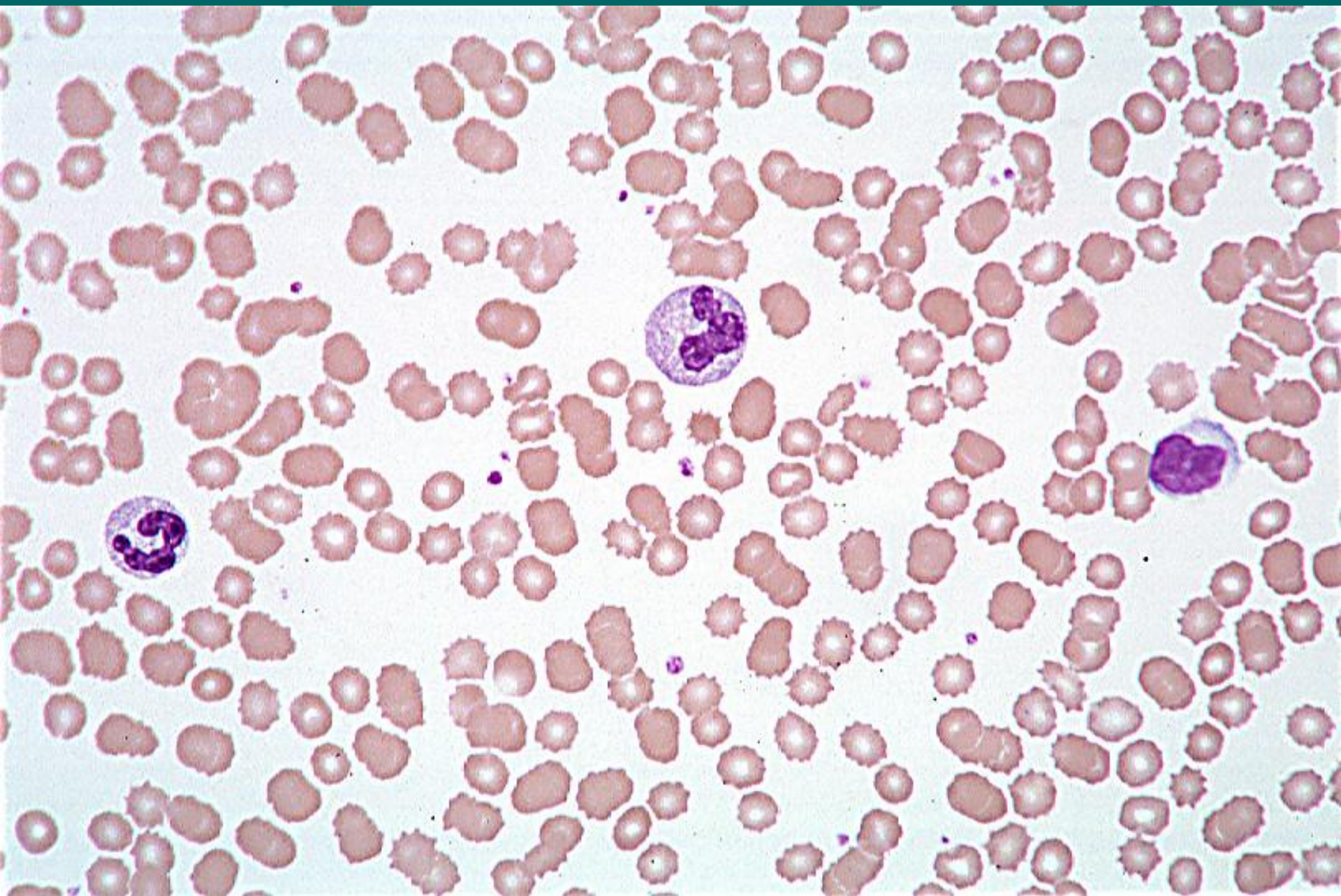
1. образуются выпячивания плазмолеммы (в виде шипов), а форма клетки приближается к эллипсоидной и затем сферической.

- Дискоциты превращаются в ЭХИНОЦИТЫ (эллипсоидные клетки с "шипами"; 6% от всех эритроцитов) и затем в сфероциты (сфероидные клетки без шипов; 1%).

2. Во втором случае

двоояковогнутая форма клетки меняется на вогнуто-выпуклую или куполообразную.

- образуются т.н. СТОМАТОЦИТЫ (2%).



Примерно 25 % объёма эритроцита занимает гемоглобин (Hb).

Это белок, участвующий в газообмене - переносе кислорода от лёгких к тканям и CO_2 от тканей к лёгким.

Другой важный белок цитоплазмы - фермент карбоангидраза.

Она катализирует обратимое превращение значительной части CO_2 (не связавшейся с Hb) в более удобную транспортную форму - гидрокарбонатный ион.

По аминокислотному составу субъединиц, в норме различают следующие виды Hb:

Hb эмбрионов,

Hb F - фетальный гемоглобин,

Hb A - гемоглобин взрослых

Продолжительность жизни эритроцитов ~ 120 дней. Старые эритроциты разрушаются макрофагами, в основном, в селезенке.

Освобождающееся из них железо используется созревающими эритроцитами.

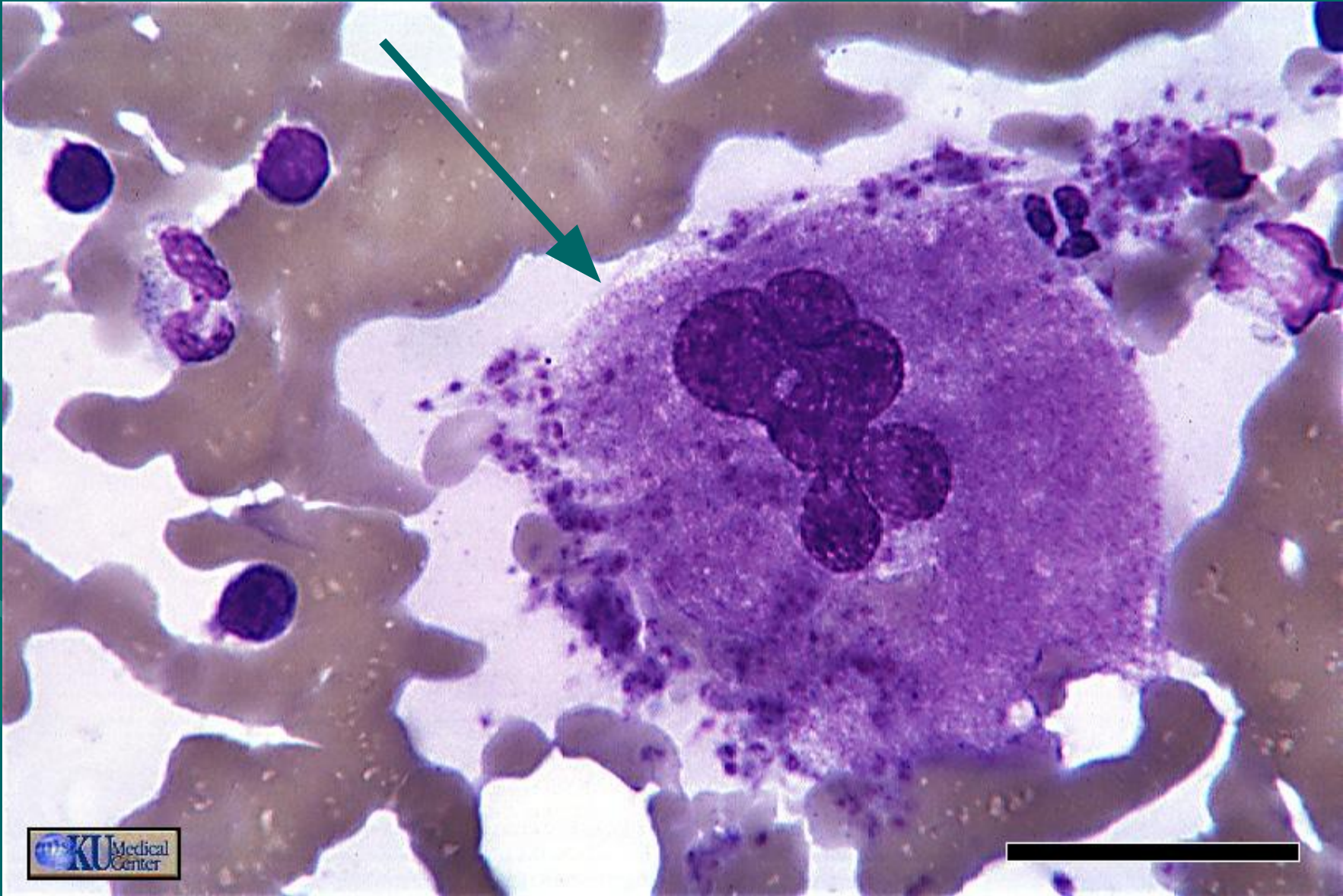
ТРОМБОЦИТЫ

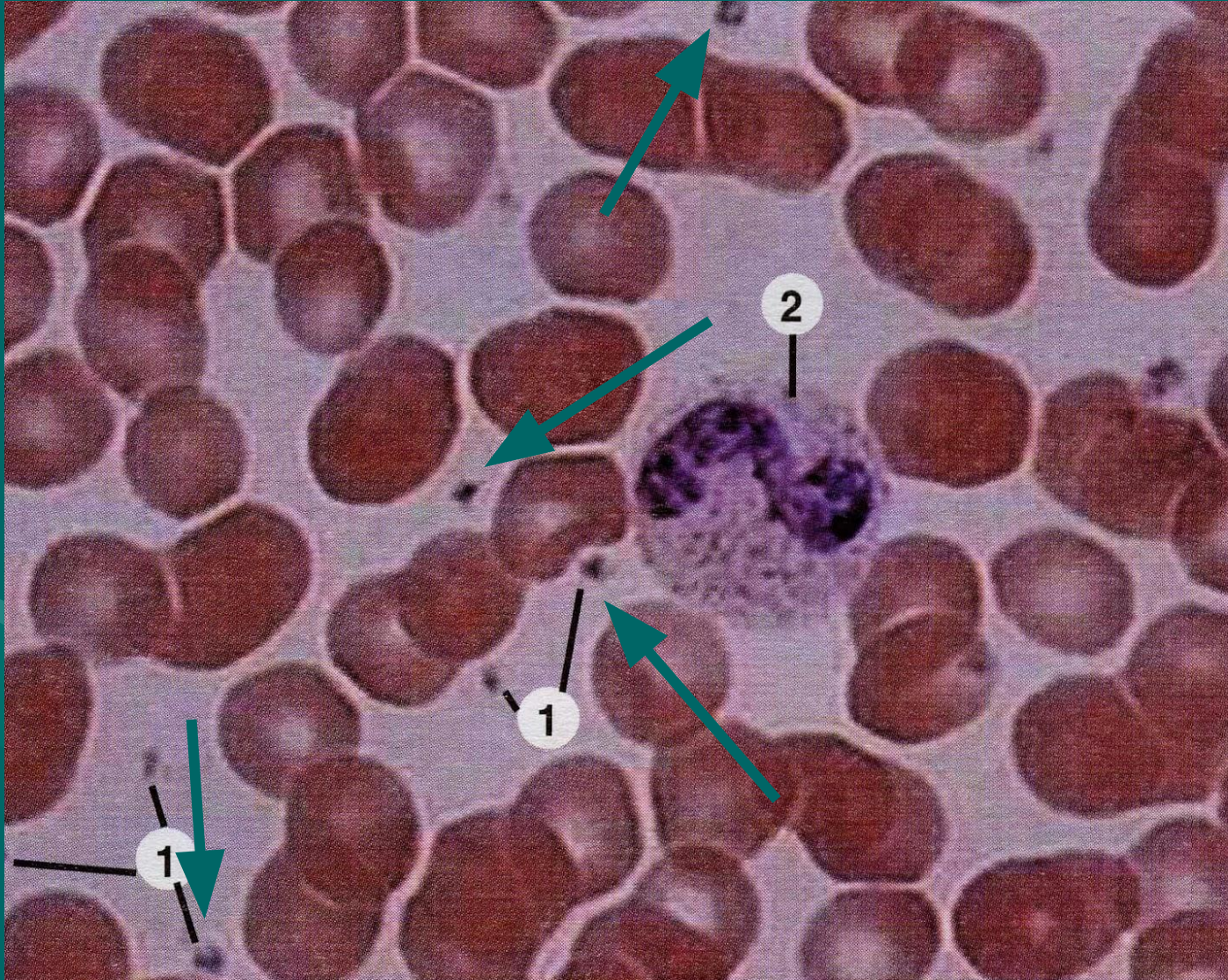


**Тромбоциты - это
безъядерные фрагменты
цитоплазмы, отделившиеся
в красном костном мозгу от
мегакариоцитов
(гигантских клеток) и
циркулирующие в крови.**

По размеру (2-3 мкм) тромбоциты, в несколько раз меньше эритроцитов. В центральной части тромбоцит содержится выраженную

Зернистость, называемую **грануломером** (или хромомером). Она представлена митохондриями и гранулами нескольких видов. Эта зернистость - азурофильна (окрашивается основным красителем азуром), т.е. является базофильной. Периферическая часть тромбоцита - гомогенный **гиаломер**, который окрашивается по-разному в зависимости от возраста тромбоцита





Лейкоцитарная формула

I. Гранулоциты, или зернистые лейкоциты

Нейтрофильные гранулоциты, или нейтрофилы			Эозино- филы	Базо- филы
Юные	Палочко- ядерные	Сегменто- ядерные	Все виды	Все виды
0 - 0,5%	3 - 5 %	65 - 70 %	2 - 4 %	0,5 - 1,0 %

ЛЕЙКОЦИТЫ

II. Агранулоциты, или незернистые лейкоциты

Моноциты

Лимфоциты

-

Все виды

6 - 8 %

20 - 30 %

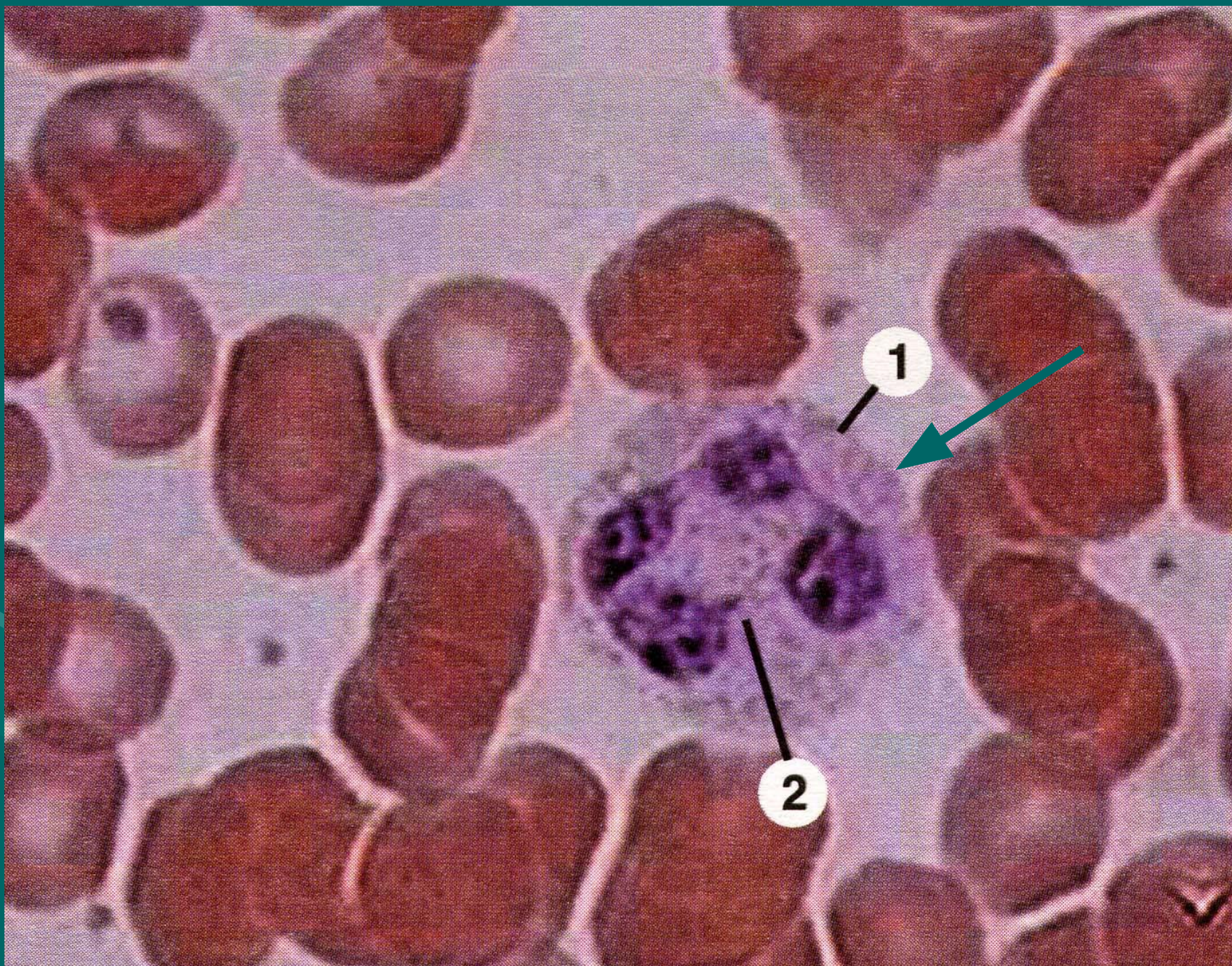
Нейтрофилы

Нейтрофилы являются микрофагами: мигрируют из крови в другие ткани и здесь фагоцитируют микробы и прочие частицы. В очаге воспаления погибшие нейтрофилы и убитые бактерии составляют гной.

Продолжительность жизни нейтрофилов – около 8 суток, из них 8-12 часов они находятся в крови, а затем выходят в соединительную и эпителиальную ткани, где и выполняют основные функции.

Функции нейтрофилов: 1) фагоцитоз бактерий, 2) фагоцитоз иммунных комплексов (антиген-антитело), 3) бактериостатическая и бактериолитическая, 4) выделение кейлонов и регуляция размножения лейкоцитов.

СЕГМЕНТОЯДЕРНЫЙ НЕЙТРОФИЛ



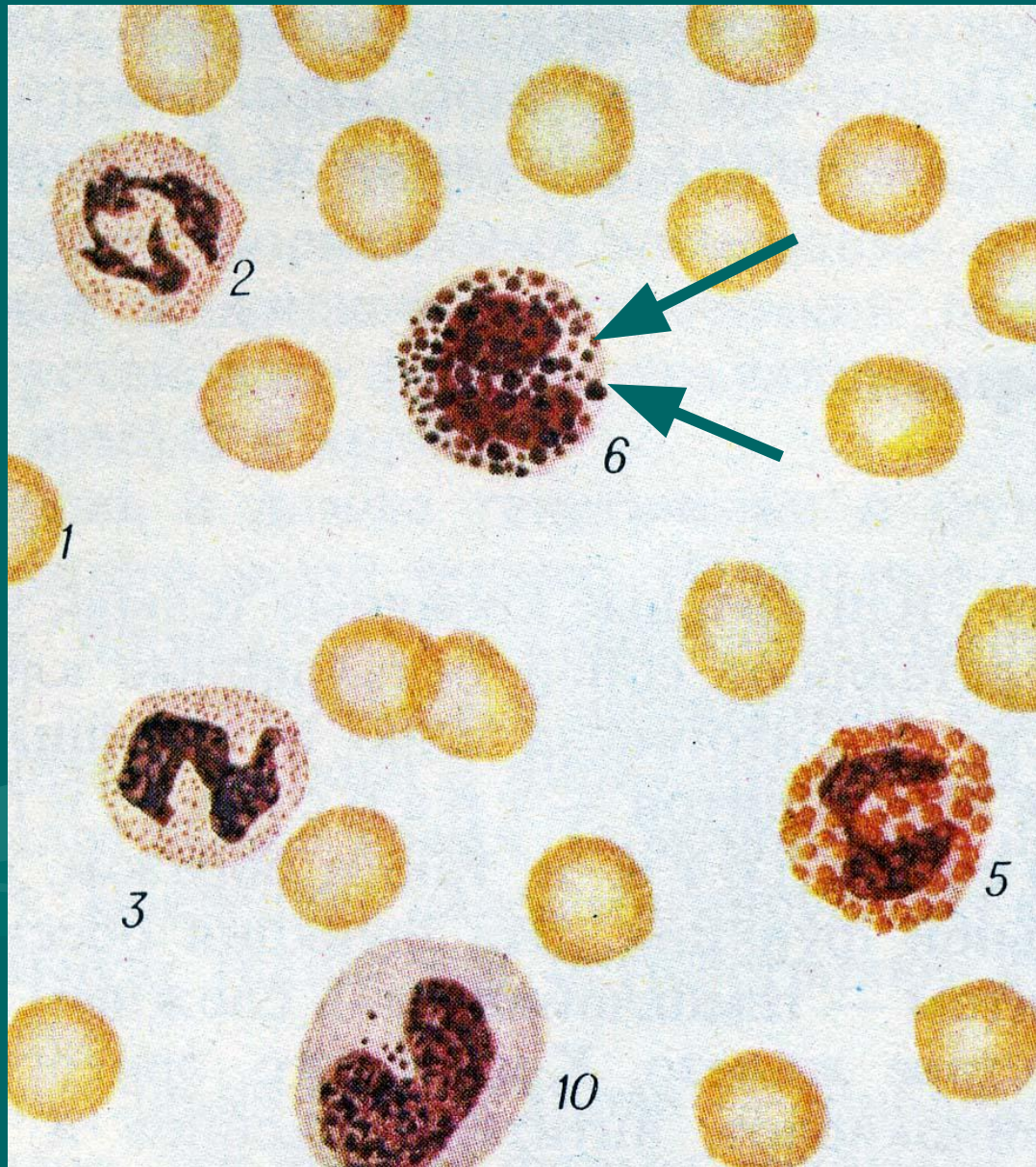
ПАЛОЧКОЯДЕРНЫЙ НЕЙТРОФИЛ



Базофилы

В цитоплазме содержатся крупные гранулы, окрашивавшиеся основными красителями, метакроматично, за счет содержащая в них гликозаминогликанов - гепарина, а также гистамина, серотонина и др. биологически активных веществ

Функции базофилов: 1) участвуют в иммунных (аллергических) реакциях посредством выделения гранул (дегрануляция) и содержащихся в них вышеперечисленных биологически активных веществ, которые и вызывают аллергические проявления (отек ткани, кровенаполнение, зуд, спазм - гладкой мышечной ткани и др.).
б) Базофилы также обладают способностью фагоцитоза, но это не основная функция.



Эозинофилы

Функции эозинофилов: 1) участвуют в иммунологических (аллергических и анафилактических) реакциях - угнетают (ингибируют) аллергические реакции посредством нейтрализации гистамина и серотонина несколькими способами: а) фагоцитируют гистамин и серотонин, а также адсорбируют эти биологически активные вещества на цитолемме, б) выделяют ферменты, расщепляющие гистамин и серотонин внеклеточно, в) выделяют факторы, препятствующие выбросу гистамина и серотонина базофилами и тучными клетками;

2) способны фагоцитировать бактерии, но в незначительной степени.

Продолжительность жизни эозинофилов - 6-8 дней, из них нахождение в кровеносном русле составляет 3-8 часов.

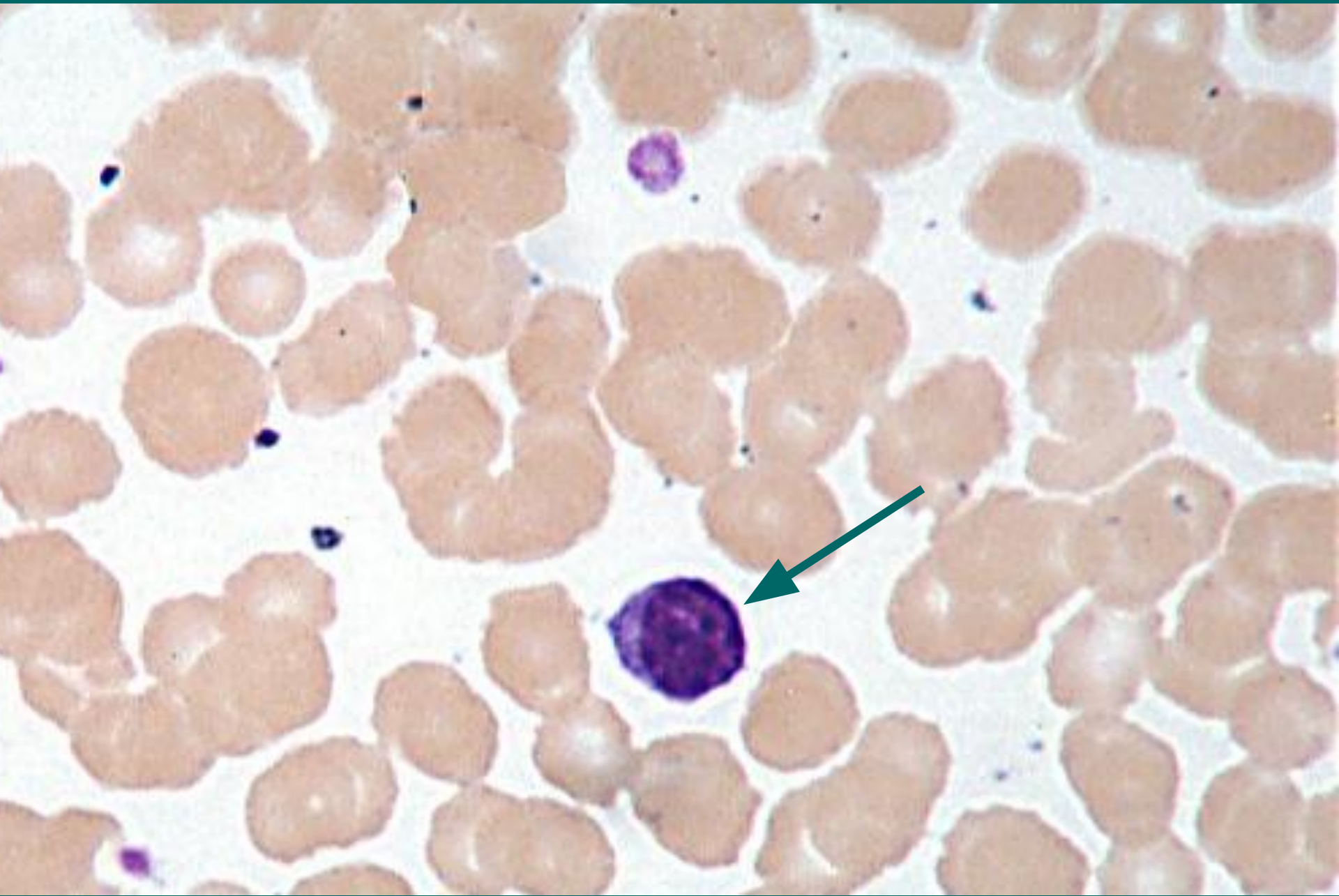


МОНОЦИТЫ - наиболее крупные клетки крови (около 15 мкм), имеющие круглое бобовидное или подковообразное ядро и хорошо выраженную базофильную цитоплазму, в которой содержатся множественные пиноцитозные пузырьки, лизосомы. По своей функции являются фагоцитами. Моноциты являются не вполне зрелыми клетками. Циркулируют в крови 2-3 суток, после чего покидают кровеносное русло - мигрируют в разные ткани и органы и превращаются в различные формы макрофагов, фагоцитарная активность которых значительно выше моноцитов.



Лимфоциты

- а) Лимфоциты обеспечивают иммунную реакцию: имеют на поверхности специфические иммуноглобулины (выполняющие роль рецепторов), с их помощью и при участии макрофагов распознают чужеродные агенты (антигены) и способствуют их инактивации.
- б) Последнее осуществляется путём выработки антител (иммуноглобулинов (Ig)) (гуморальный иммунитет), либо путём лизиса клеток (клеточный иммунитет).



Последовательность антигензависимой дифференцировки В-лимфоцитов

фагоцитоз АГ макрофагом и вынос антигенных детерминант



воздействие детерминантов на рецепторы В-лимфоцита



воздействие детерминантов на рецепторы Т-хелперов и Т-супрессоров



выделение Т-хелперами лимфокинов



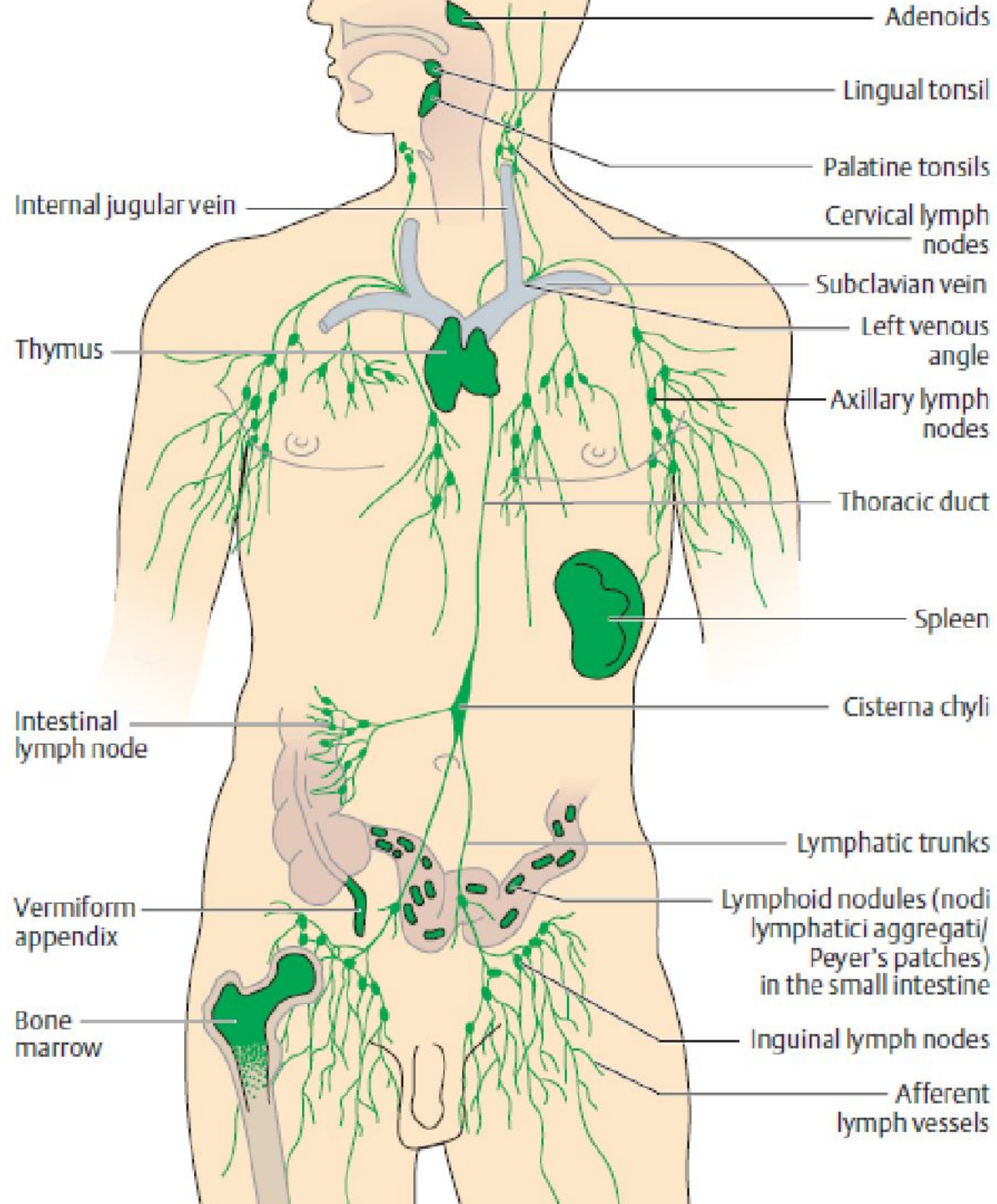
↓
бласттрансформация В-лимфоцита в лимфобласт
(иммунобласт)

↓
пролиферация плазмобластов и образование клона
клеток В-памяти и плазмоцитов или эффекторных
клеток

↓
синтез плазмоцитами Ig (антител)

↓
взаимодействие АТ с АГ с образованием иммунных
комплексов

↓
фагоцитоз иммунных комплексов
нейтрофилами и макрофагами



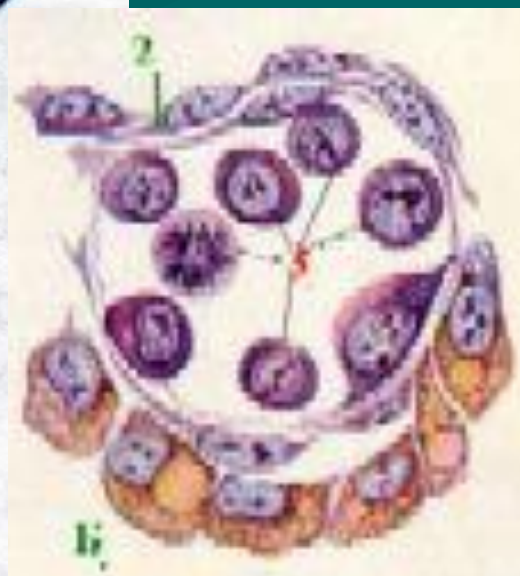
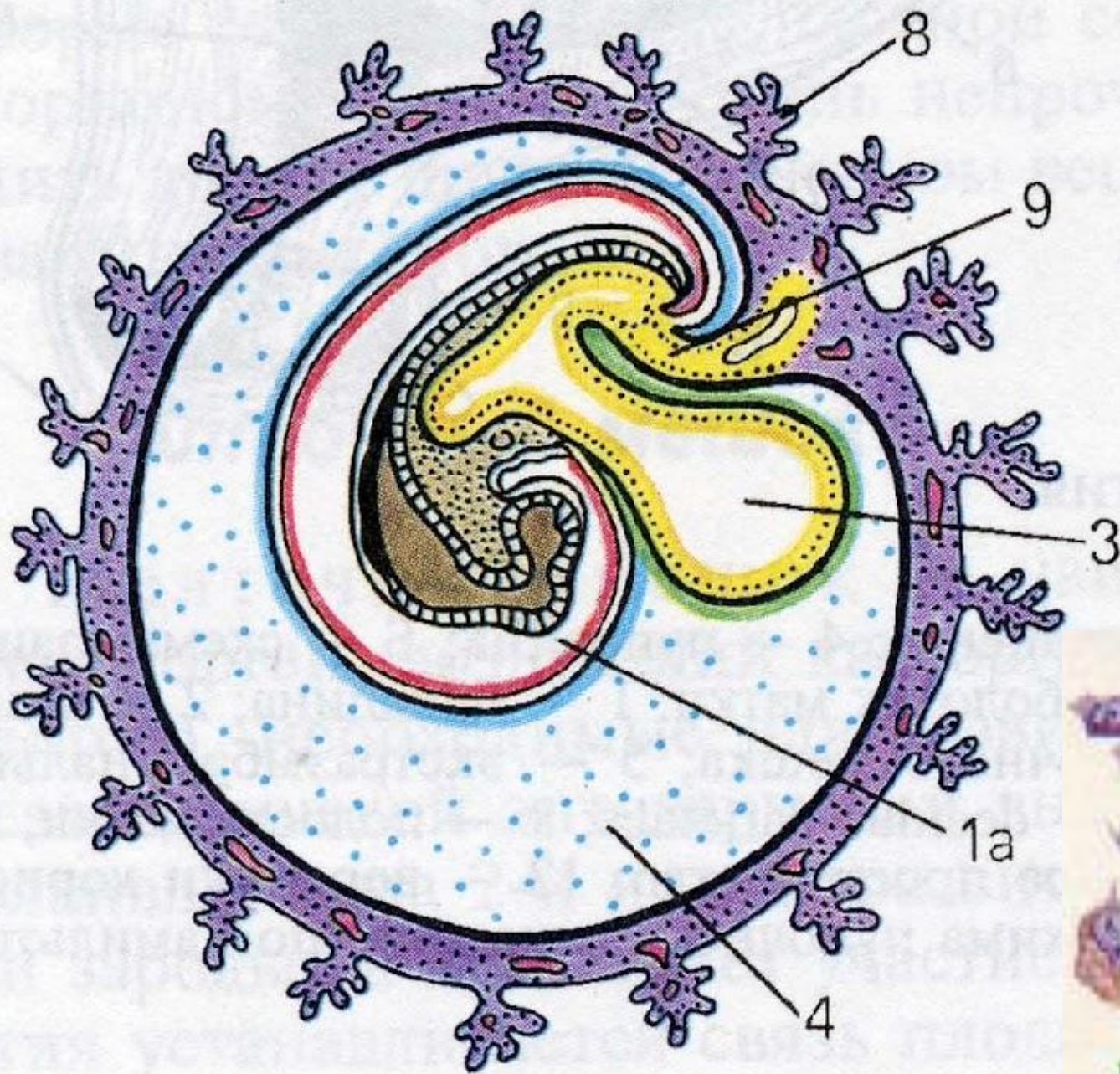
Кроветворение у эмбриона



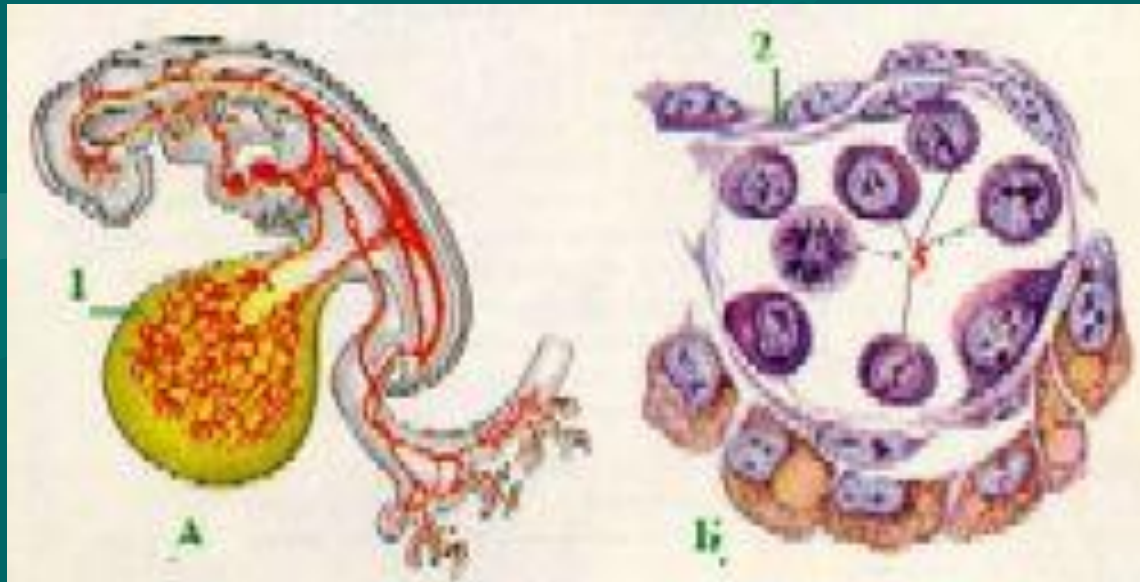
1. а) Впервые кроветворение начинается в стенке **желточного мешка** (1).

б) Здесь появляются скопления мезенхимных клеток - **кровяные островки**.

2. Периферические клетки островков уплощаются и образуют стенку **первичных сосудов** (2).



Центральные клетки (3) кровяных островков округляются и внутри сосудов, т.е. интраваскулярно, вступают в т.н. мегалобластический эритропоэз.



Печёночный этап

The background is a solid teal color. In the center, there is a faint, semi-transparent silhouette of two hands shaking, rendered in a slightly darker shade of teal. The text 'Печёночный этап' is centered over this background in a white, serif font.

С 6-й недели эмбрионального развития центром кроветворения становится печень. Процесс (в т.ч. эритропоэз) происходит экстраваскулярно - вокруг капилляров, растущих в печёночные дольки; образуются все форменные элементы крови; При этом эритроциты имеют обычный размер и содержат - фетальный (Hb F). Наряду с клетками крови, из печени разносятся также стволовые кроветворные клетки 2-ой генерации.

Медулярный этап

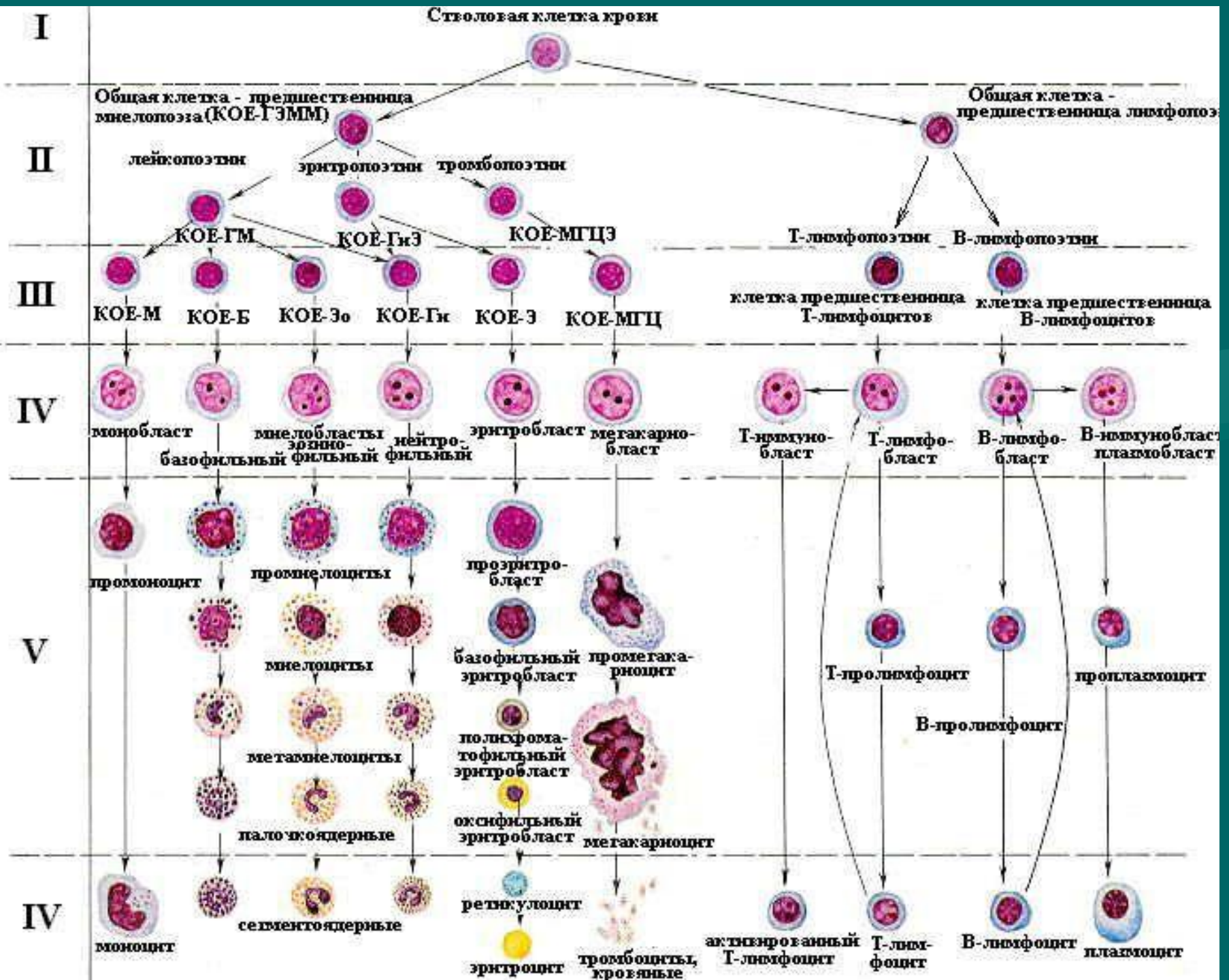


Названные стволовые клетки (2-й генерации) оседают в зачатках тимуса, лимфоузлов, селезёнки и красного костного мозга. Все эти органы (а не только красный костный мозг, как следует из названия этапа) включаются в кроветворение на медуллярном этапе; причём, кроветворение в них происходит экстраваскулярно, эритроциты (если они образуются в органе) содержат, в основном, HbF и в меньшей степени HbA (гемоглобин взрослых); перечисленные органы остаются органами кроветворения также после рождения.

Схема - постэмбриональный гемоцитопоэз.

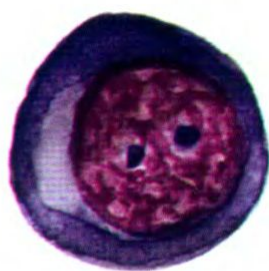


Стволовая клетка крови





Проэритробласт



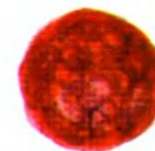
Базофильный
эритробласт



Полихромато-
фильный
эритробласт



Оксифильный
эритробласт



Ретикулоцит



Эритроцит



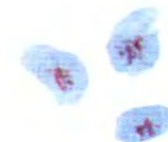
Мегакариобласт



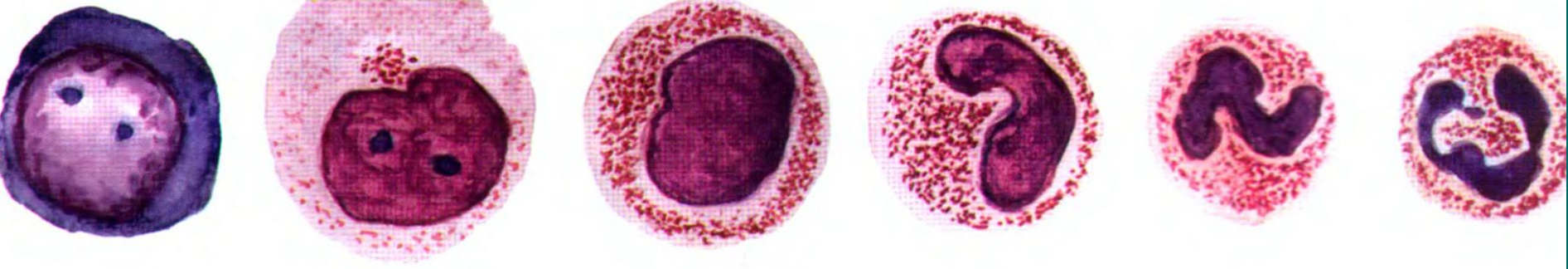
Промегакариоцит



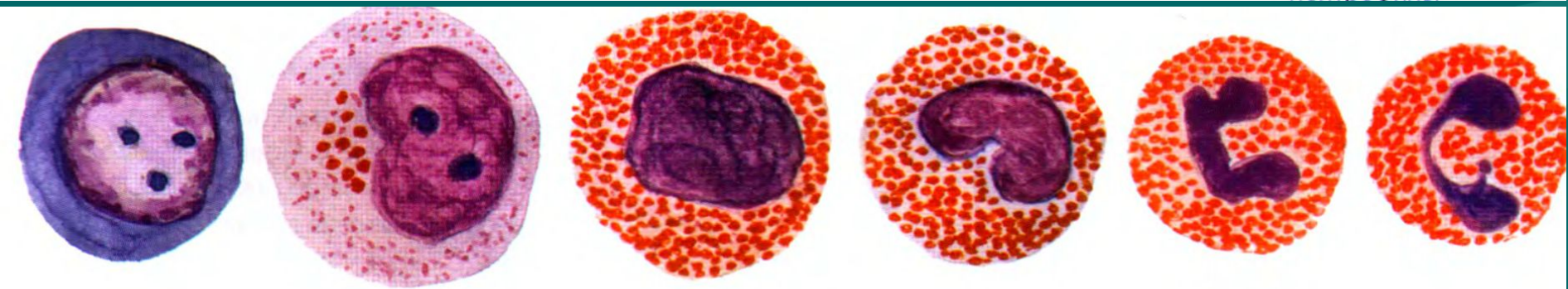
Мегакариоцит



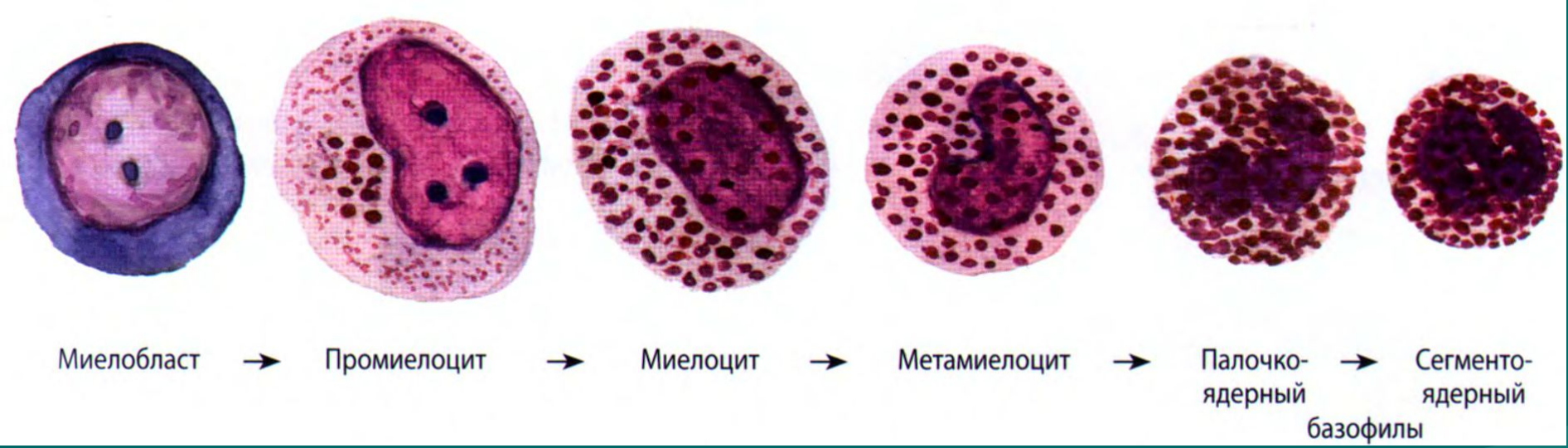
Тромбоциты



Миелобласт → Промиелоцит → Миелоцит → Метамиелоцит → Палочко-ядерный нейтрофилы → Сегментоядерный



Миелобласт → Промиелоцит → Миелоцит → Метамиелоцит → Палочко-ядерный эозинофилы → Сегментоядерный



Завершающие стадии лимфоцитопоэза

Схема лимфоцитопоэза включает два этапа:

1. антигеннезависимое созревание лимфоцитов,
2. антигензависимую дифференцировку, которая следует после встречи лимфоцитов с антигенами в периферической лимфоидной ткани.

АНТИГЕННЕЗАВИСИМАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА
В V классе дифференцировки В- и Т-лимфоцитов присутствует лишь по одному морфологическому виду клеток. Причём, по внешнему виду эти клетки почти не отличаются от зрелых клеток.

Отличие состоит лишь в том, что на поверхности пролимфоцитов ещё отсутствуют иммуноглобулины (их цепи синтезируются на данной стадии дифференцировки и находятся пока лишь в цитоплазме). А друг от друга В- и Т-пролимфоциты отличаются по набору поверхностных антигенов, или белков-маркёров.

В- И Т-ЛИМФОЦИТЫ

Т-лимфоциты подразделяются на три функциональные группы -

Т-хелперы,
Т-киллеры и
Т-супрессоры.

После этого в корковом веществе тимуса происходит важнейший процесс выбраковки (элиминация) Т-лимфоцитов, настроенных против собственных антигенных детерминант организма стромальными клетками тимуса.

Что касается В-лимфоцитов, то их выбраковка в красном костном мозге не происходит.

В конечном счёте, В-лимфоциты (из костного мозга) и Т-лимфоциты (из тимуса) расселяются по периферическим лимфоидным органам - лимфоузлам, селезёнке, лимфатическим узелкам слизистых оболочек.

Deep cervical nodes
(nodi lymphoidei
cervicales profundi)

Axillary lymph nodes
(nodi lymphoidei
axillares)

Hilar lymph nodes
(nodi lymphoidei
bronchopulmonales)

Hepatic lymph
nodes (nodi
lymphoidei hepatici)

Aortic lymph nodes
(nodi lymphoidei
aortici laterales)

Common iliac
lymph nodes
(nodi lymphoidei
iliaci communes)

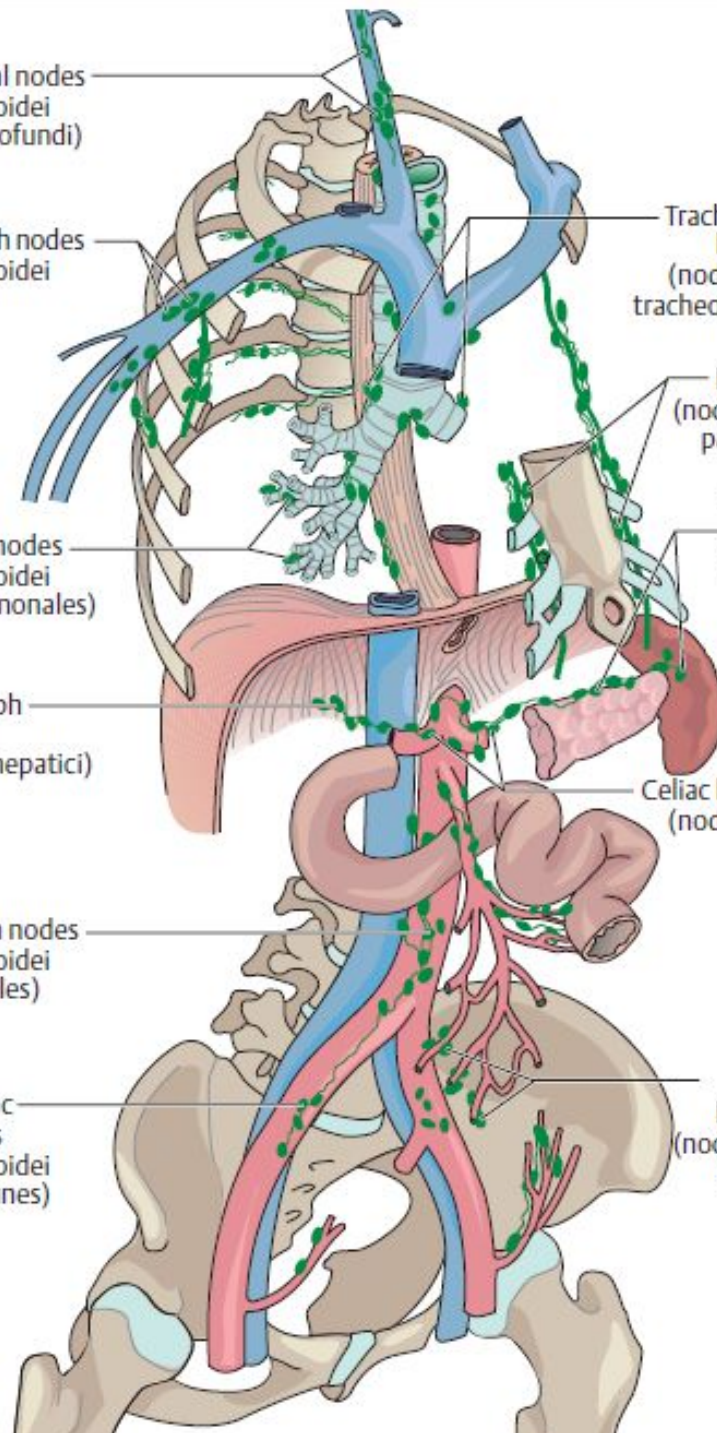
Tracheobronchial
lymph nodes
(nodi lymphoidei
tracheobronchiales)

Parasternal
lymph nodes
(nodi lymphoidei
parasternales)

Pancreatico-
duodenal
lymph nodes
(nodi
lymphoidei
pancreatico-
duodenales)

Celiac lymph nodes
(nodi lymphoidei
coeliaci)

Mesenteric
lymph nodes
(nodi lymphoidei
mesenterici)

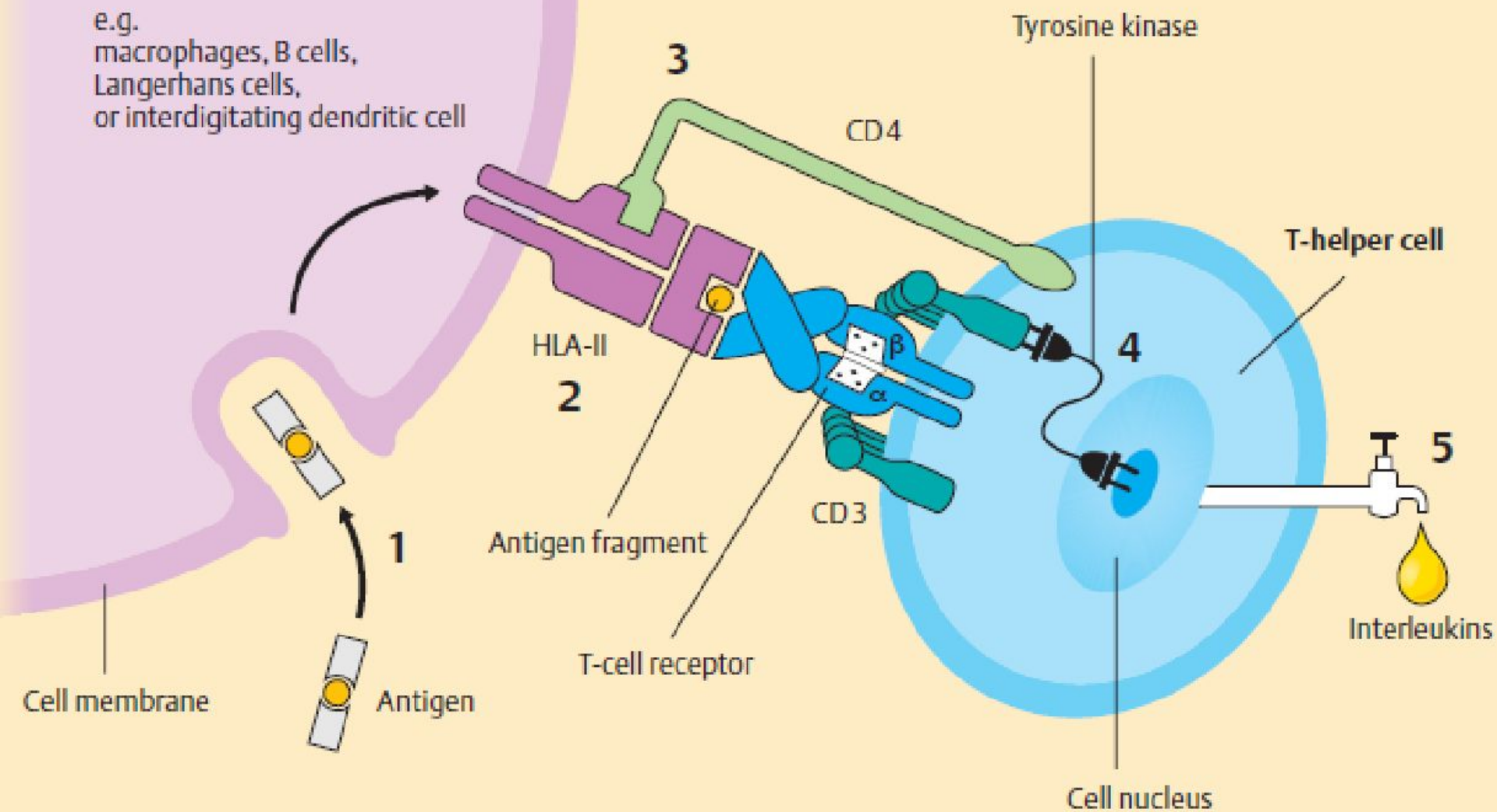


АНТИГЕНЗАВИСИМАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА

Данная дифференцировка может начинаться лишь после того, как с рецепторами лимфоцита связывается антиген. Тогда при наличии ряда дополнительных условий клетка увеличивается в размере и превращается в иммунобласт. Для В-лимфоцита, как только что отмечалось, таким условием является дополнительная стимуляция Т-хелперами (и макрофагами). Последние выделяют интерлейкины, вызывающие указанное превращение В-лимфоцита.

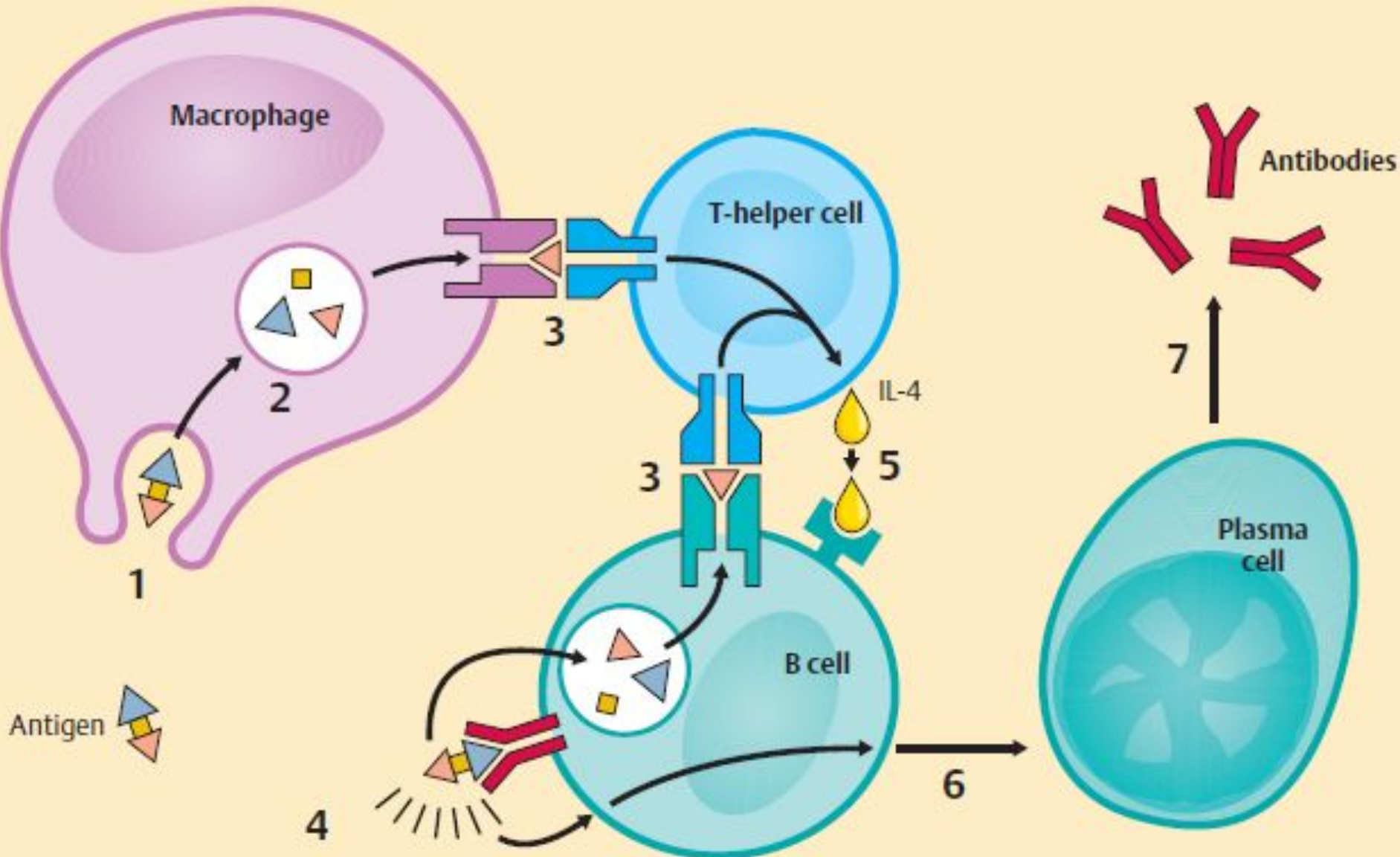
Antigen-presenting cell

e.g.
macrophages, B cells,
Langerhans cells,
or interdigitating dendritic cell

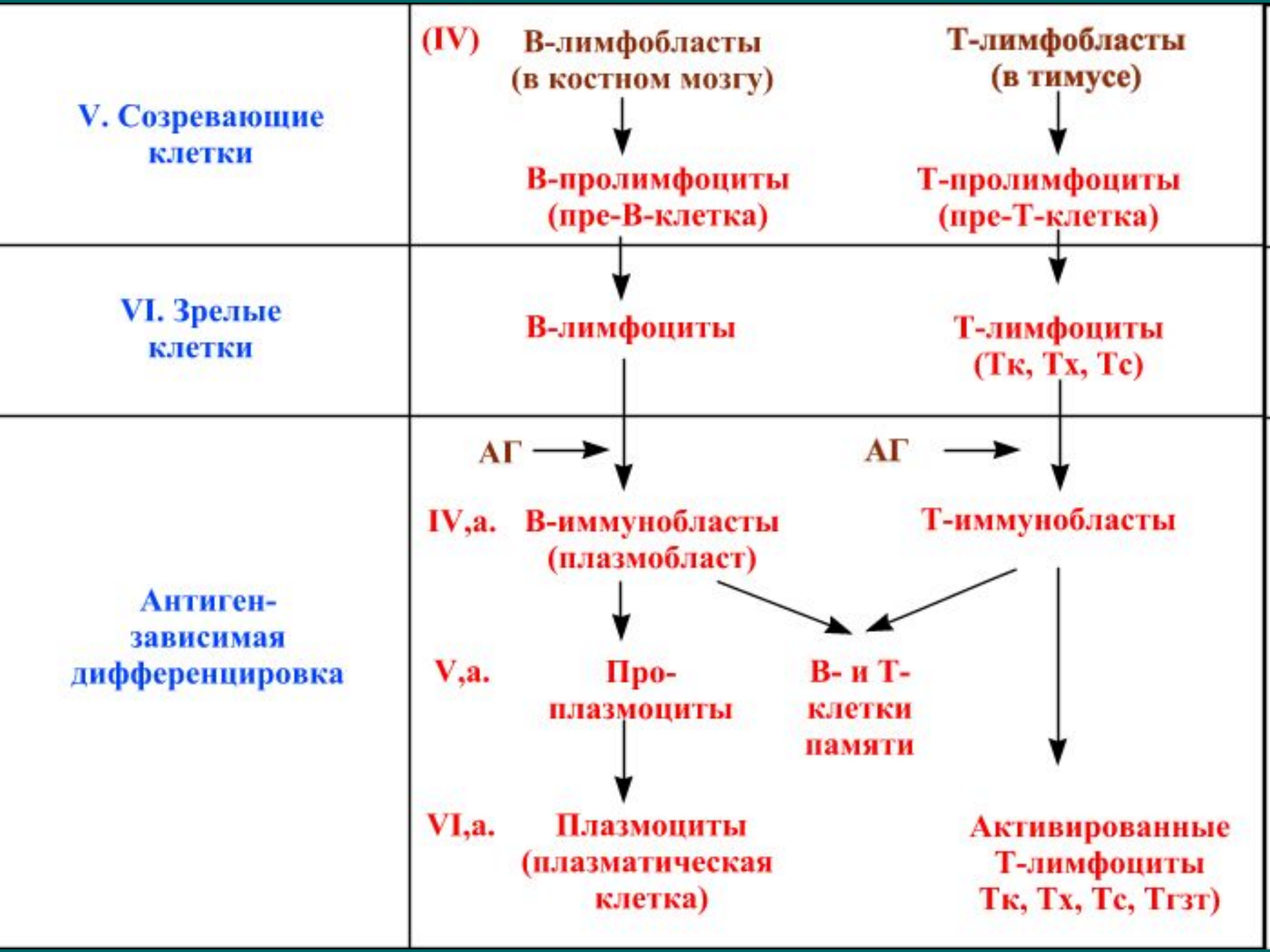


В-иммунобласты дифференцируются в проплазмоциты (содержат отдельные цепи иммуноглобулина в цитоплазме) и далее в плазматические клетки (плазмоциты, или плазматоциты).

Т-иммунобласты (в отличие от В-иммунобластов) в процессе дифференцировки превращаются в обычные Т-лимфоциты трёх популяций - ТК , ТХ , ТС. Число их уже много больше, чем до стимуляции, что обеспечивает гораздо более высокую эффективность иммунной реакции.

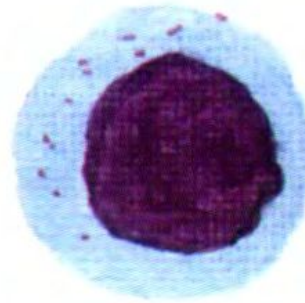


Часть потомков иммунобластов (и В-, и Т-типа) превращается в т.н. клетки памяти. Как и активированные Т-клетки, они имеют вид малых лимфоцитов. Этим клеток больше, чем было до стимуляции и, кроме того, в них, возможно, увеличено число генов, кодирующих пептидные цепи соответствующего иммуноглобулина. Поэтому вторичная иммунная реакция (при повторном антигенном раздражении) развивается быстрее и интенсивней.

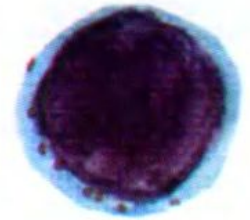




В- (Т)-лимфобласт



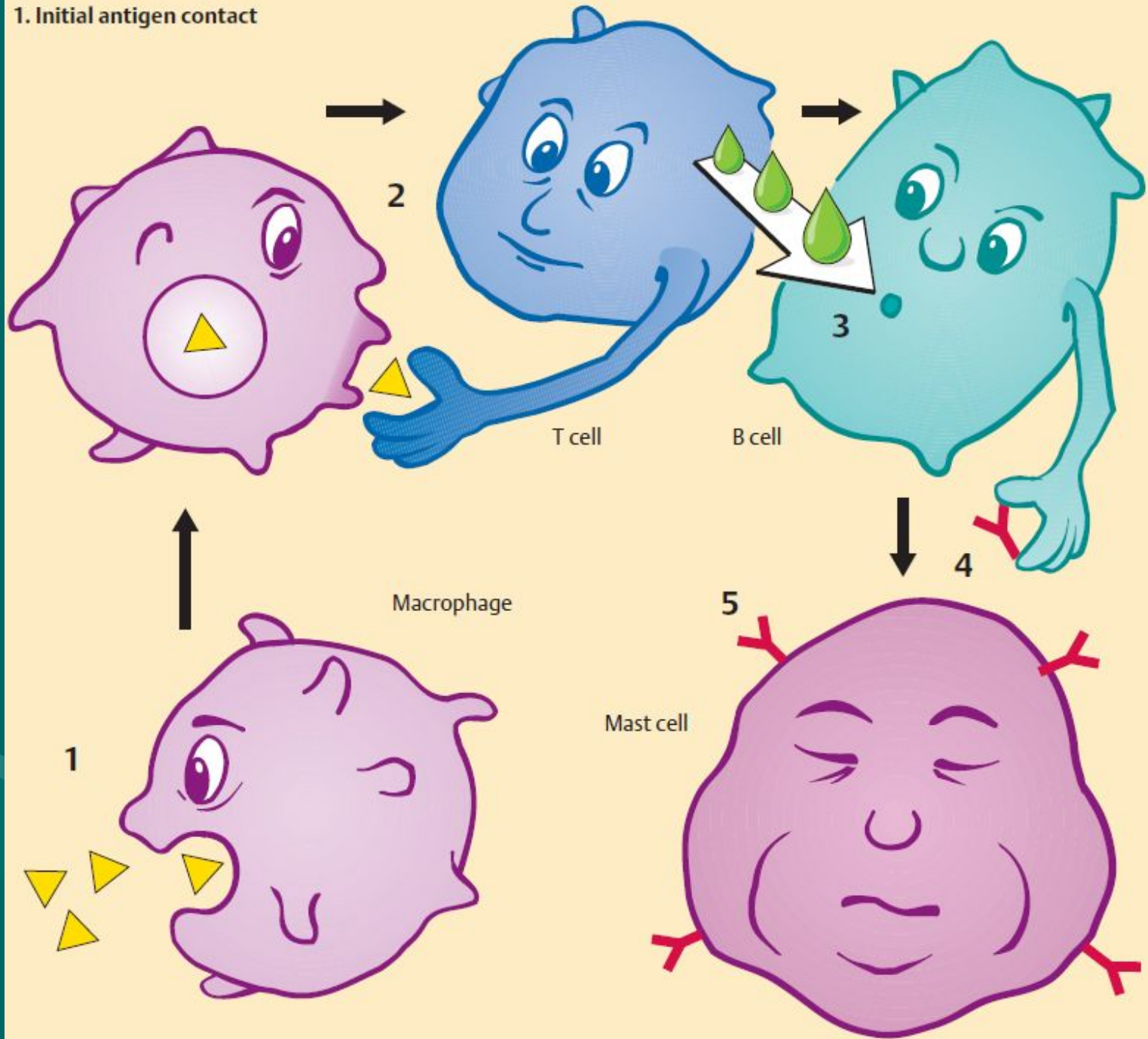
Незрелый В- (Т)-лимфоцит



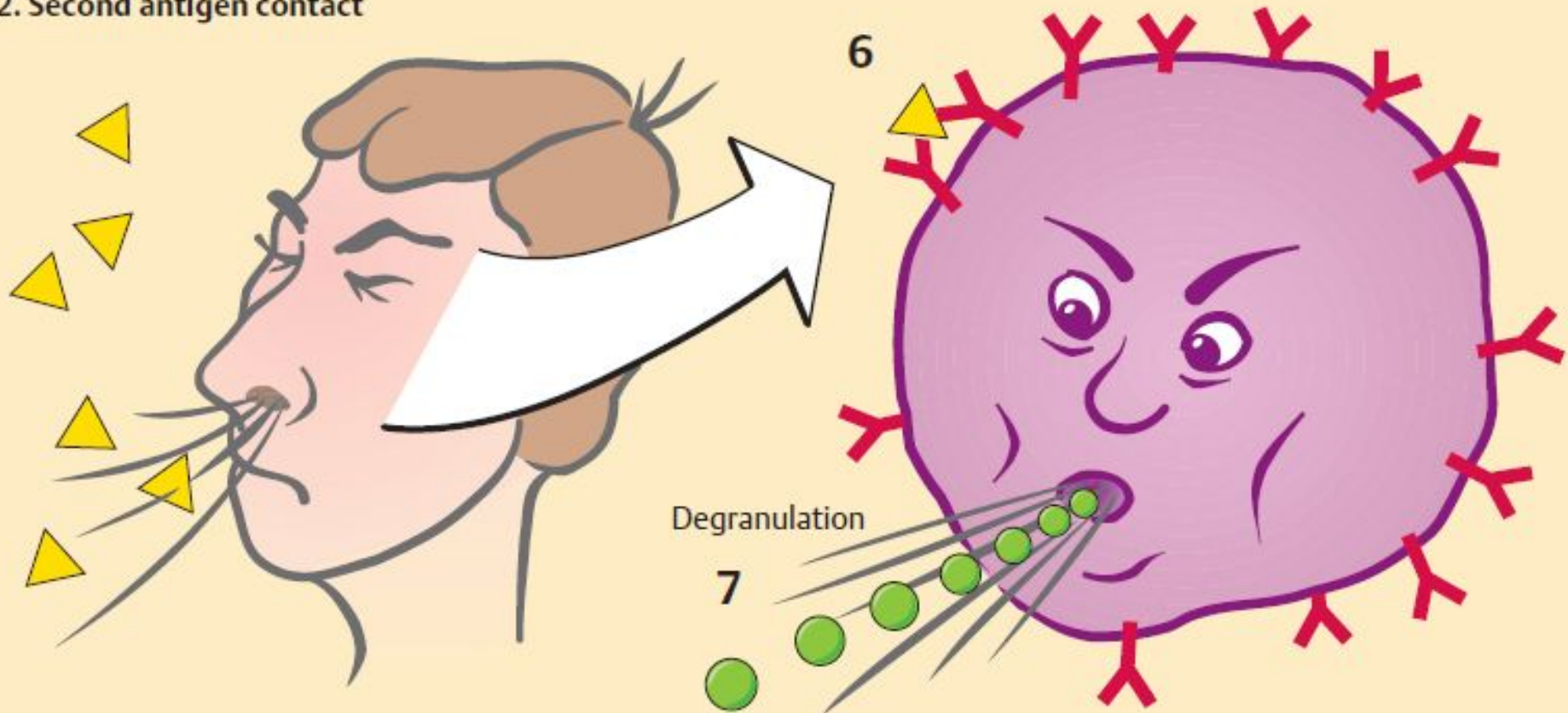
Зрелый В- (Т)-лимфоцит

Лимфоцитопоз (антиген-независимый этап)

1. Initial antigen contact



2. Second antigen contact



КЛЕТОЧНЫЙ ИММУННЫЙ ОТВЕТ

ГУМОРАЛЬНЫЙ ИММУННЫЙ ОТВЕТ

