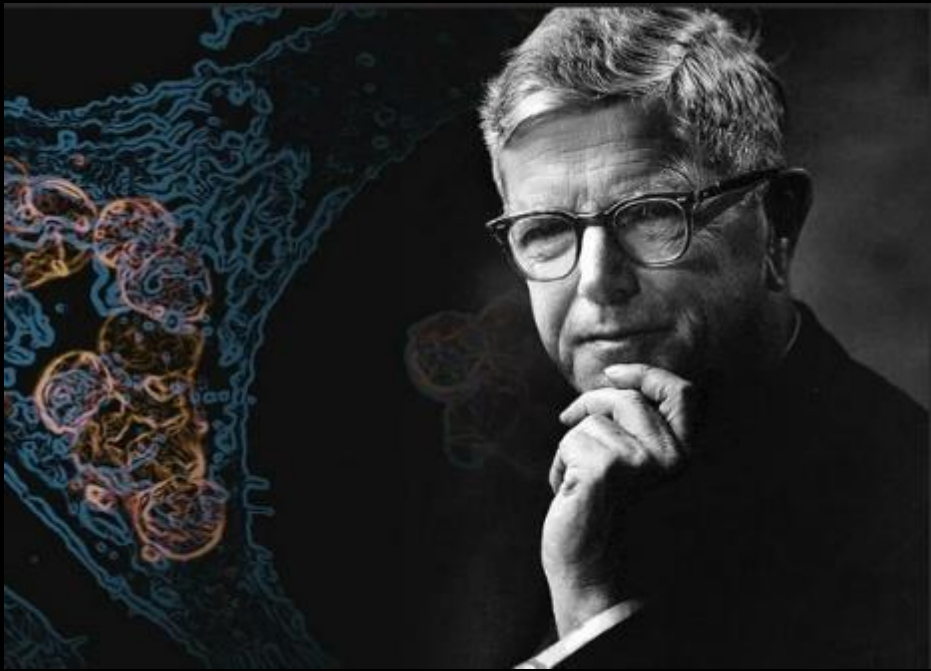




Теория клонально-селективного иммунитета

Куба Ирина Анатольевна,
учитель биологии
МОБУ Лицей № 95 г. Сочи имени
К.Э. Циолковского

В 2024 году в ЕГЭ по биологии добавились задания на тему: «Иммунитет. Клонально-селективная теория»

Тип Д24 С3 № [11024](#)    

Найдите ошибки в приведенном тексте, исправьте их и объясните свои исправления.

- 1) В 1883 г. И. П. Павлов сообщил об открытом им явлении фагоцитоза, которое лежит в основе клеточного иммунитета.
- 2) Иммунитет — это невосприимчивость организма к инфекциям и чужеродным веществам — антителам.
- 3) Иммунитет может быть специфическим и неспецифическим.
- 4) Специфический иммунитет — это реакция организма на действие неизвестных чужеродных агентов.
- 5) Неспецифический иммунитет обеспечивает организму защиту только от известных организму антигенов.

Пояснение.

- 1) 1 — явление фагоцитоза открыл И. И. Мечников;
- 2) 2 — чужеродные вещества — это не антитела, а антигены;
- 3) 4 — специфический иммунитет вырабатывается в ответ на проникновение известного, определенного антигена;
- 4) 5 — неспецифический иммунитет может возникнуть в ответ на проникновение любого антигена.

В кодификаторе 2026 года тема «Теория клонально-селективного иммунитета (П. Эрлих, Ф. М. Бернет, С. Тонегава)» была выделена курсивом. То есть на ЕГЭ тема не проверяется. В проекте 2027 года курсив снят.

5	Организм человека и его здоровье
5.1	Органы и системы органов человека. Нервная система и её отделы. Рефлекс и рефлекторная дуга. Безусловные и условные рефлексы. Гуморальная регуляция и эндокринная система животных и человека. Железы эндокринной системы и их гормоны. Действие гормонов. Взаимосвязь нервной и эндокринной систем. Гипоталамо-гипофизарная система
5.2	Защита организма от болезней. Иммунная система человека. Клеточный и гуморальный иммунитет. Врождённый, приобретённый специфический иммунитет. <u>Теория клонально-селективного иммунитета (П. Эрлих, Ф.М. Бернет, С. Тонегава)</u> . Воспалительные ответы организмов. <i>Роль врождённого иммунитета в развитии системных заболеваний</i>
5.3	Кровеносная система и её органы. Сердце, кровеносные сосуды и кровь. Круги кровообращения. Работа сердца и её регуляция
5.4	Дыхание человека. Диффузия газов через поверхность клетки. Дыхательная система человека. Дыхательная поверхность. Регуляция дыхания. Дыхательные объёмы
5.5	Пищеварительная система человека. Отделы пищеварительного тракта. Пищеварительные железы. Внутриполостное и внутриклеточное пищеварение
5.6	Покровы и их производные. Органы выделения. Почки. Строение и функционирование нефрона. Фильтрация, секреция и обратное всасывание как механизмы работы органов выделения. Образование мочи у человека
5.7	Движение человека: мышечная система. Скелетные мышцы и их работа. Строение и типы соединения костей

Механизмы иммунитета

Клеточный

заключается в фагоцитозе



Гуморальный

заключается в выработке антител





Илья Ильич Мечников
1845—1916

Илья Мечников — основоположник теории клеточного иммунитета

Открыл явление фагоцитоза — захвата и уничтожения специальными клетками микробов и других чужеродных организму биологических частиц. Он заметил, что если чужеродное тело было достаточно мало, блуждающие клетки, которые он назвал фагоцитами от греческого *phagein* ("есть"), могли полностью поглотить пришельца. Именно этот механизм, полагал Мечников, и является основным в иммунной системе. Именно фагоциты бросаются в атаку, вызывая реакцию воспаления, к примеру при уколе, занозе и т.д..



Пауль Эрлих
1854-1915

Пауль Эрлих — основоположник теории гуморального иммунитета

Доказывал противоположное. Главная роль в защите от инфекций принадлежит не клеткам, а открытым им антителам — специфическим молекулам, которые образуются в сыворотке крови в ответ на внедрение агрессора. В 1891 г. Эрлих противомикробные вещества крови назвал термином "антитело" (по-немецки *antikörper*), так как бактерий в то время называли термином "*korper*" — микроскопические тельца.

Интересно, что непримиримые научные соперники — И.Мечников и П.Эрлих — разделили **в 1908 году Нобелевскую премию** по физиологии и медицине за работы в области иммунологии.

Теория клонально-селективного иммунитета

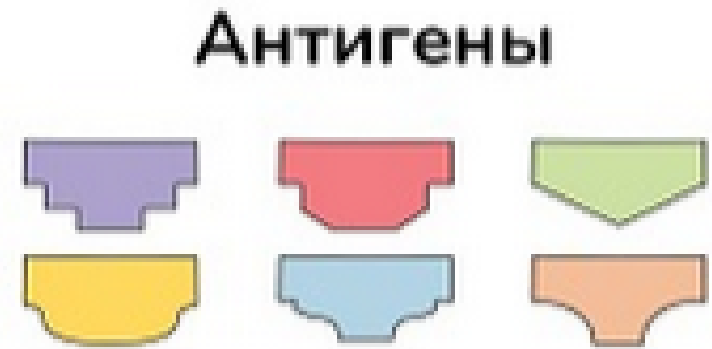
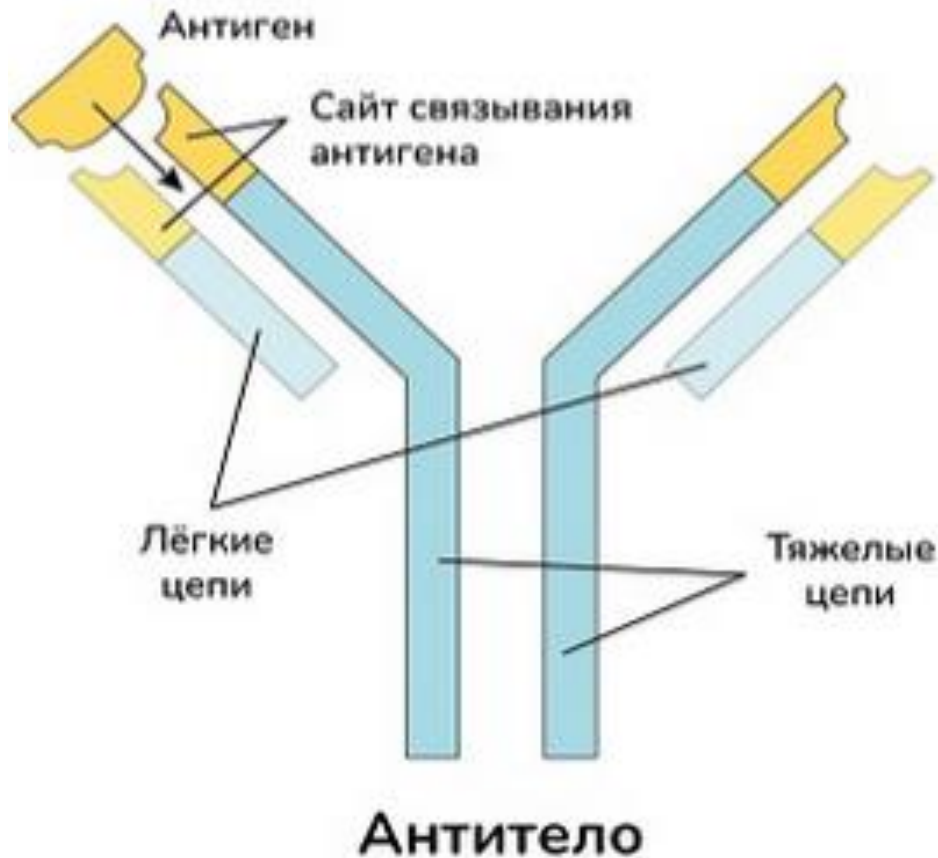
Антигены – чужеродные вещества, на которые у организма возникает иммунный ответ.

Обычно это белки или полисахариды, например, молекулы на поверхности бактериальных клеток, вирусов, патогенных грибов, трансплантированных органов и т.д.

Антитела (иммуноглобулины, Ig) – защитные белки, которые способны распознавать и связывать антигены. Они секретируются В-лимфоцитами (плазматическими клетками / плазмоцитами) в плазму крови.



В состав *молекулы иммуноглобулина* входят две тяжелые и две легкие цепи. Они формируют Y-образную форму антитела. На двух концах молекулы антитела Располагаются два одинаковых участка (сайта) связывания антигенов. Эти участки соответствуют какому-либо антигену по принципу «*ключ-замок*» (комплементарность - от лат. *complementum* — дополнение)



Теории образования антител

Первую теорию образования антител предложил **Пауль Эрлих**. Он считал, что каждый В-лимфоцит может синтезировать разные антитела, но после связывания антигена с определенным антителом клетка начинает производить только этот подходящий тип антител. Его теория оказалась неверна.



Пауль Эрлих

Теории образования антител



Фрэнк Макфарлейн
Бёрнет

В 1957 году *Ф.М. Бёрнет* выдвинул клонально-селекционную теорию, которая была подтверждена экспериментально. Положения этой теории легли в основу современных представлений о работе иммунной системы.

Механизмы обеспечения разнообразия антител

Лимфоциты могут распознавать миллионы разнообразных антигенов.

Значит, организм

может производить миллионы соответствующих антител.

Антитела – белки, первичная структура которых закодирована в генах.

Геном человека включает всего около 20 тысяч генов. Как же тогда

формируется такое

разнообразие антител?

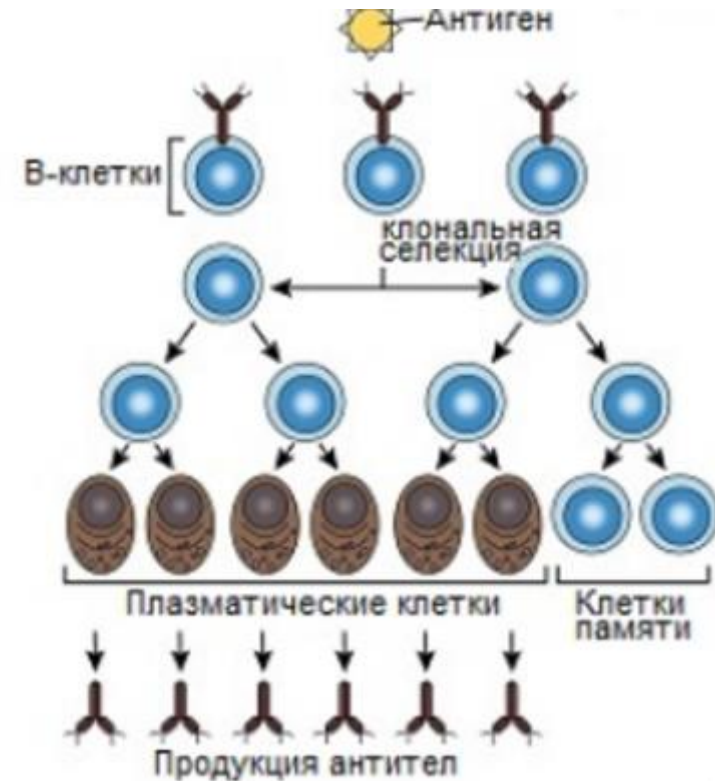
Судзуми Тонегава — в 1970–1980-х годы доказал молекулярно-генетические механизмы (соматическая рекомбинация, соматический гипермутагенез), которые создают огромное разнообразие рецепторов. За это открытие получил Нобелевскую премию.



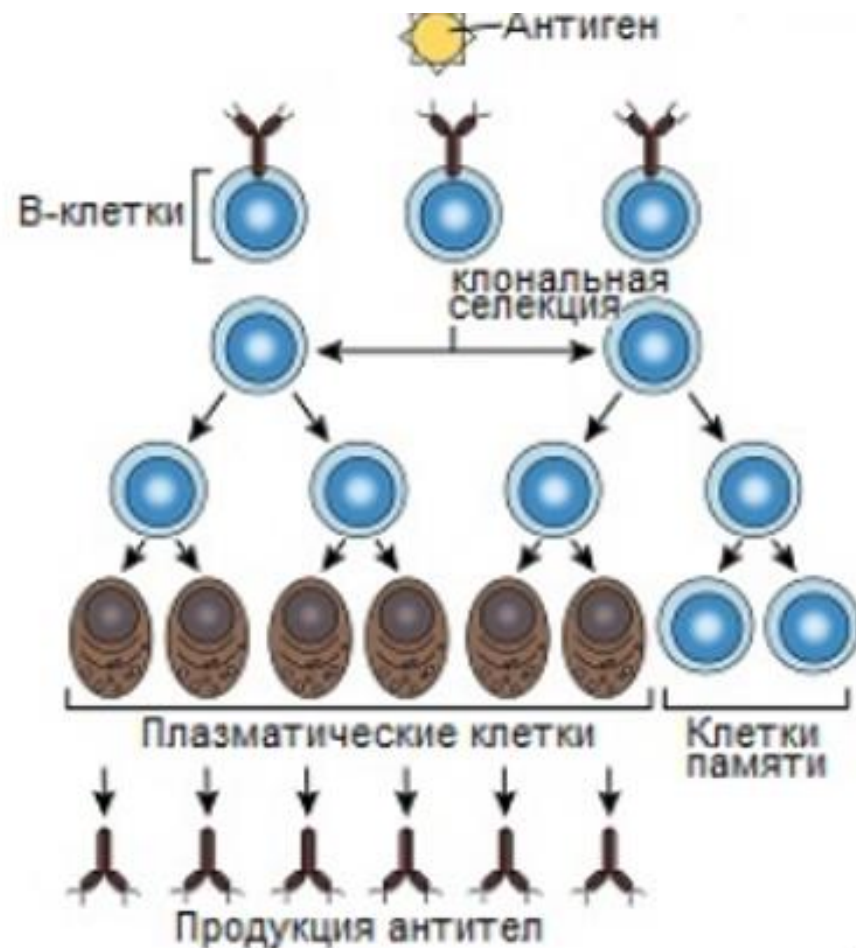
1. Каждый В-лимфоцит может синтезировать антитела только **одной специфичности** (для одного конкретного антигена).

2. Антитела и лимфоциты **распознают "свое" и "чужое"**, не связываются с собственными молекулами организма, т.е. обладают **аутоотолерантностью**.

При созревании лимфоцитов те из них, которые могут атаковать "свои" молекулы, уничтожаются путем **апоптоза**, то есть программируемой клеточной смерти. Этот процесс называется **негативной селекцией лимфоцитов**.



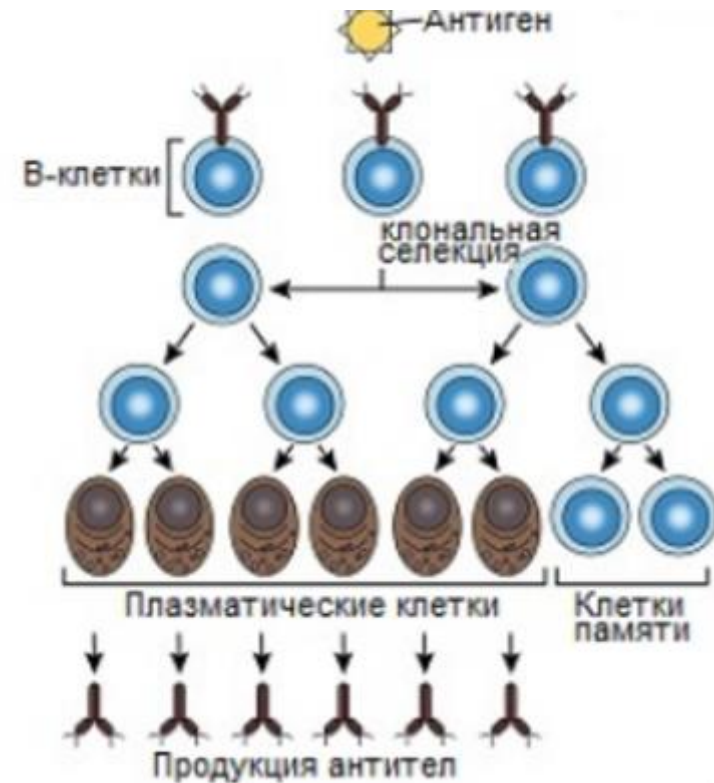
3. При проникновении антигена в организм происходит **позитивная селекция лимфоцитов**. Отбор происходит по тому, насколько точно производимые **антитела подходят к антигену**. Т-хелпер стимулирует размножение В-лимфоцита с подходящим строением антител, после чего В-лимфоцит начинает формировать свои **клоны** (идентичные ему клетки).



4. Часть клонов даст начало **плазматическим клеткам (плазмоцитам)**, синтезирующим антитела. Антитела будут связываться с антигенами, что в дальнейшем обеспечит уничтожение антигена фагоцитами, Т-киллерами или другими способами.

5. Часть клонов останется циркулировать в виде **клеток памяти**. Эти долгоживущие клетки при повторном столкновении с тем же антигеном способны дать быстрый иммунный ответ.

Благодаря им иммунитет к ветряной оспе, кори и другим заболеваниям у переболевших или вакцинированных людей сохраняется на всю жизнь.

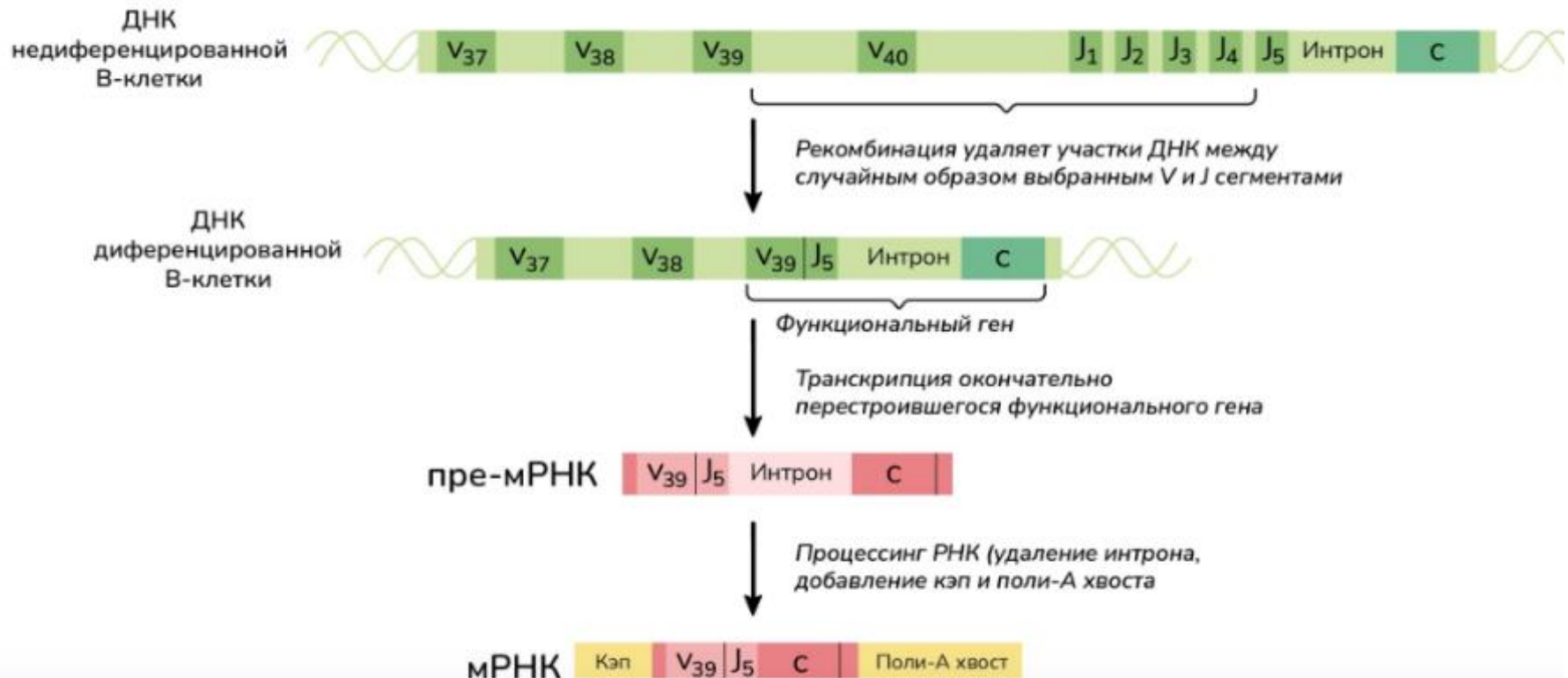


Более простыми словами

1. Каждый В-лимфоцит синтезирует антитела только *одной специфичности* (для одного антигена)
2. Антитела и лимфоциты могут распознавать «свое» и «чужое» – *аутоотолерантность*. Если при созревании оказывается, что лимфоцит атакует «свои» молекулы, то он уничтожается путем *апоптоза*. Процесс- *негативная селекция лимфоцитов*.
3. При проникновении определенного антигена в организм происходит *позитивная селекция лимфоцитов*. Если, у определенного В-лимфоцита антитела точно подходят к Антигену, то Т-хелпер стимулирует деление этого В-лимфоцита, и таким образом образуется множество клонов этого В-лимфоцита и синтез конкретных антител усиливается
4. Часть клонов превратится в плазматические клетки (плазмоциты) – они будут продолжать вырабатывать эти же антитела (что и В-лимфоцит, от которого они произошли)



При созревании В-лимфоцита в генах легких и тяжелых цепей иммуноглобулинов происходит удаление некоторых и комбинация оставшихся **генных сегментов** (V, J, C). Это происходит случайным образом и приводит к огромному **разнообразию структуры антиген-связывающего участка** иммуноглобулинов.



Клонально-селективная теория объясняет, как работает приобретённый (адаптивный) иммунитет. Её суть в нескольких ключевых идеях:

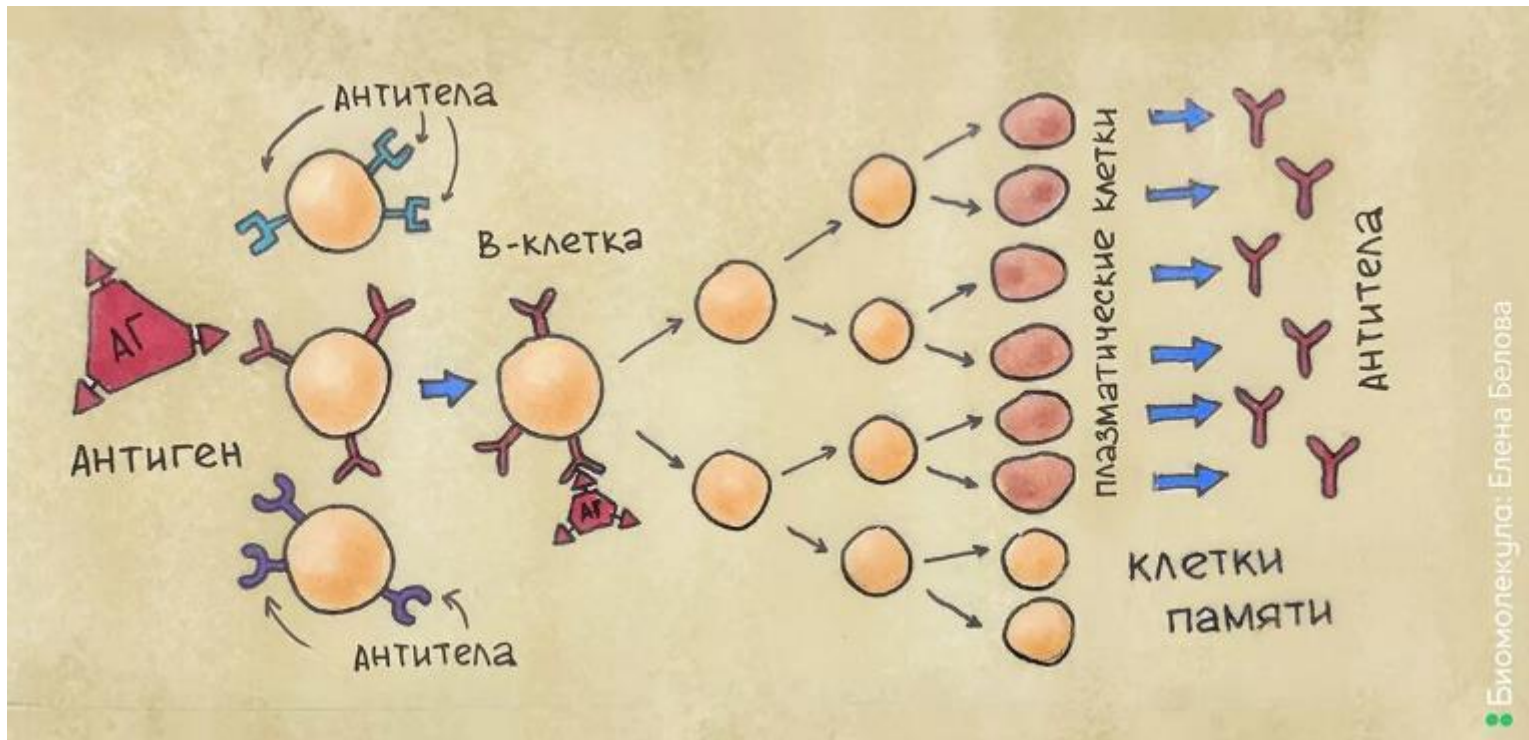
Разнообразие лимфоцитов до встречи с антигеном. Ещё до того, как организм столкнётся с конкретным чужеродным агентом (антигеном), в нём уже есть множество разных лимфоцитов. У каждого — свой уникальный рецептор, который подходит только к одному определённом антигену.

Селекция (отбор). Когда антиген попадает в организм, он «находит» тот лимфоцит, чей рецептор к нему идеально подходит

Клональная экспансия (размножение). После связывания лимфоцит активируется и начинает активно делиться.

Получается целый клон (группа) одинаковых клеток, которые точно знают, как бороться с этим врагом.

Дифференцировка. Часть клеток клона становится **эффекторными** (например, плазматическими клетками, которые массово вырабатывают антитела, или Т-киллерами, уничтожающими заражённые клетки). Другая часть превращается в **клетки памяти**. Именно они обеспечивают иммунологическую память: при повторной встрече с тем же антигеном эти клетки быстро запускают мощный и быстрый ответ.



Что стоит запомнить для ЕГЭ

Понимать последовательность:

антиген → распознавание подходящим рецептором → активация и пролиферация → образование клонов эффекторных клеток и клеток памяти.

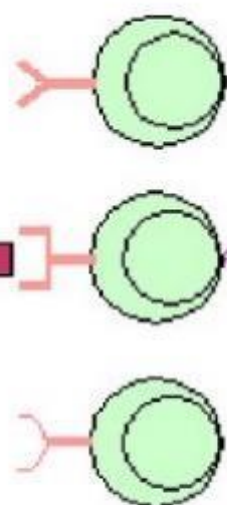
Понимать связь между клетками памяти и иммунологической памятью (почему после прививки или перенесённой болезни защита сохраняется долго)

Уметь объяснить, откуда берётся разнообразие рецепторов (роль соматической рекомбинации; гипермутации-целенаправленного процесса в клетках иммунной системы)

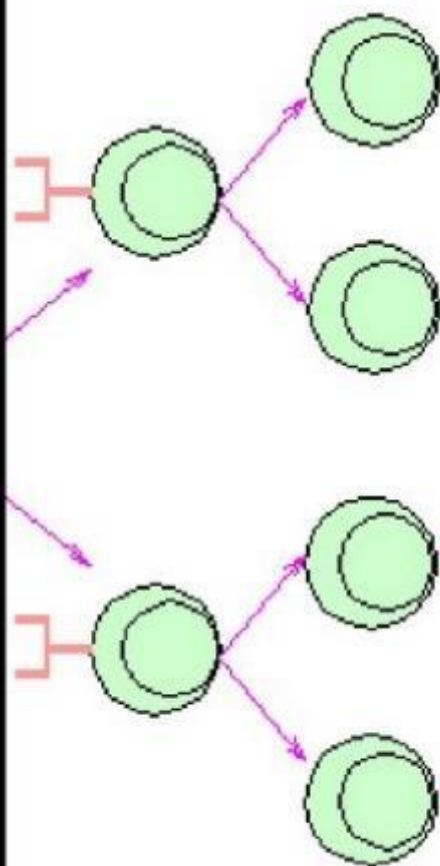
КЛОНАЛЬНО-СЕЛЕКЦИОННАЯ ТЕОРИЯ БЕРНЕТА

ИЗБИРАТЕЛЬНАЯ
АКТИВАЦИЯ
ИНТАКТНОГО
ЛИМФОЦИТА

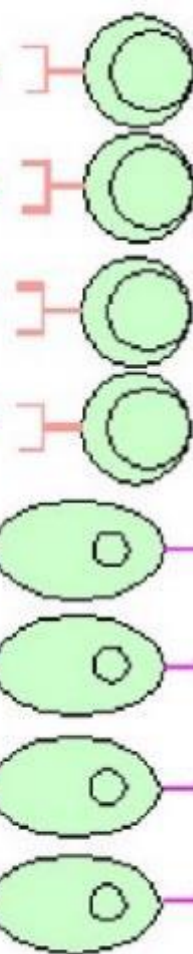
АНТИГЕН



ПРОЛИФЕРАЦИЯ
КЛОНОВ



СОЗРЕВАНИЕ



КЛЕТКИ
ПАМЯТИ

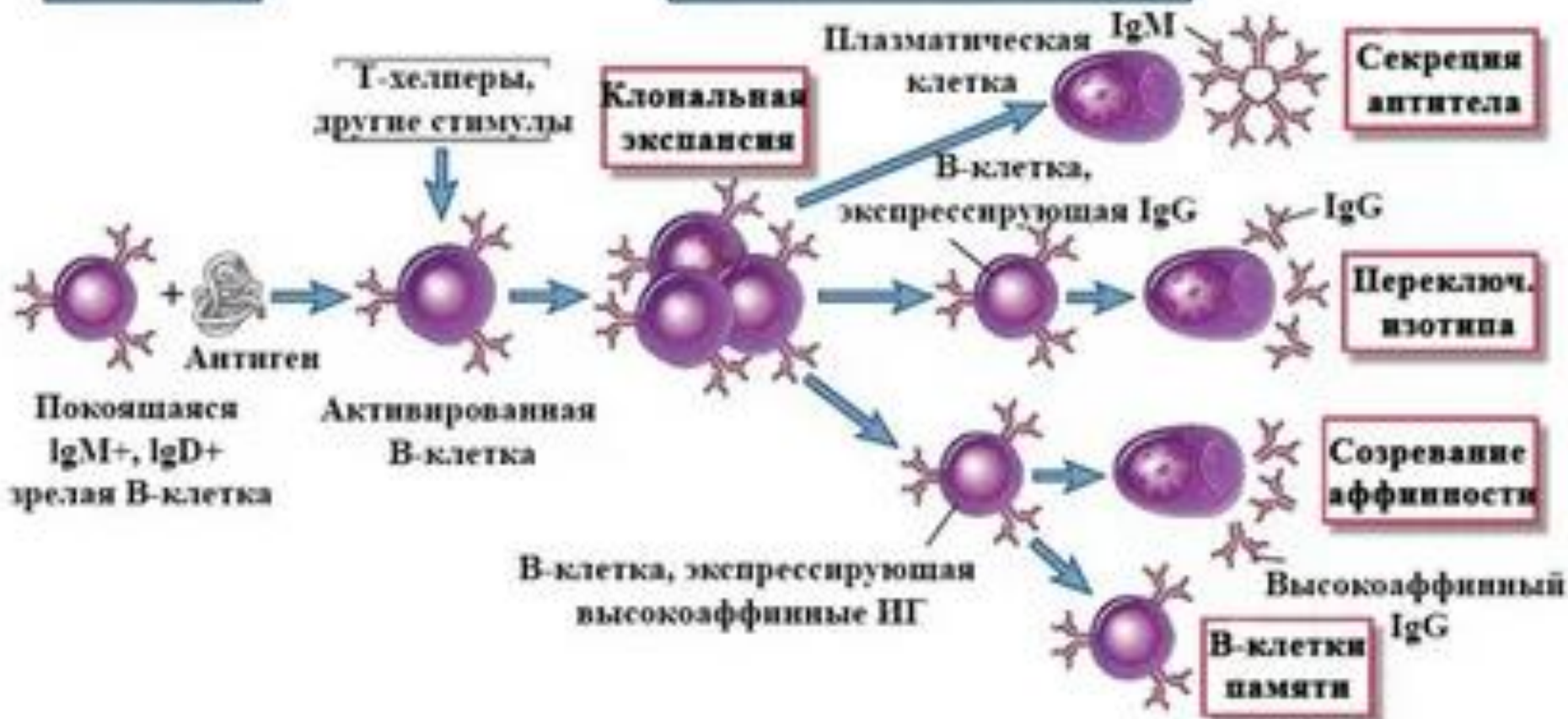
ЭФФЕКТОРНЫЕ
КЛЕТКИ
ОБЕСПЕЧИ-
ВАЮЩИЕ
ИММУННЫЙ
ОТВЕТ

АНТИТЕЛА



**Фаза
распознавания**

**Фаза активации: пролиферация
и дифференцировка В-клеток**



Пример задания ЕГЭ

5017

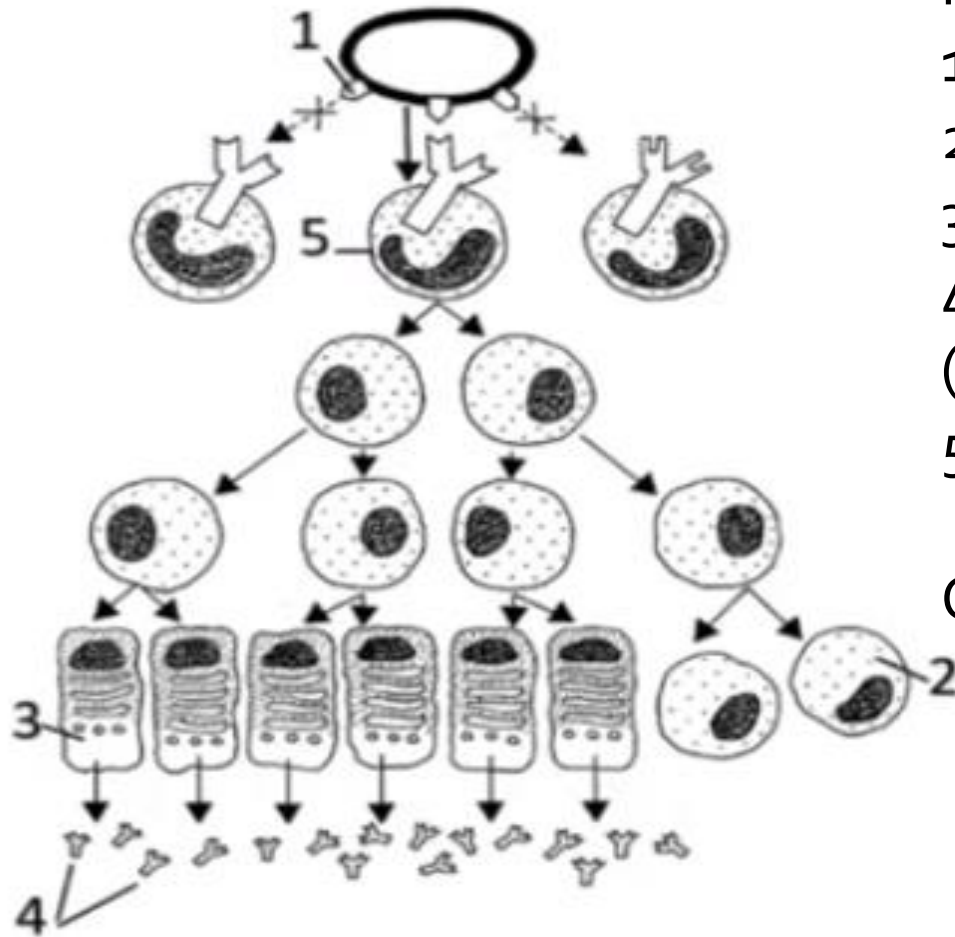
13 АУНУЯ



№31103

Не выполнено

Тема: Иммунитет



Решение

1 – АНТИГЕН

2 – В-клетка памяти

3 – плазматическая клетка

4 – АНТИТЕЛО
(иммуноглобулин)

5 – В-лимфоцит

Ответ: 5

Каким номером на схеме показана клетка, которая подвергается клональной селекции?

Пример задания ЕГЭ

5017

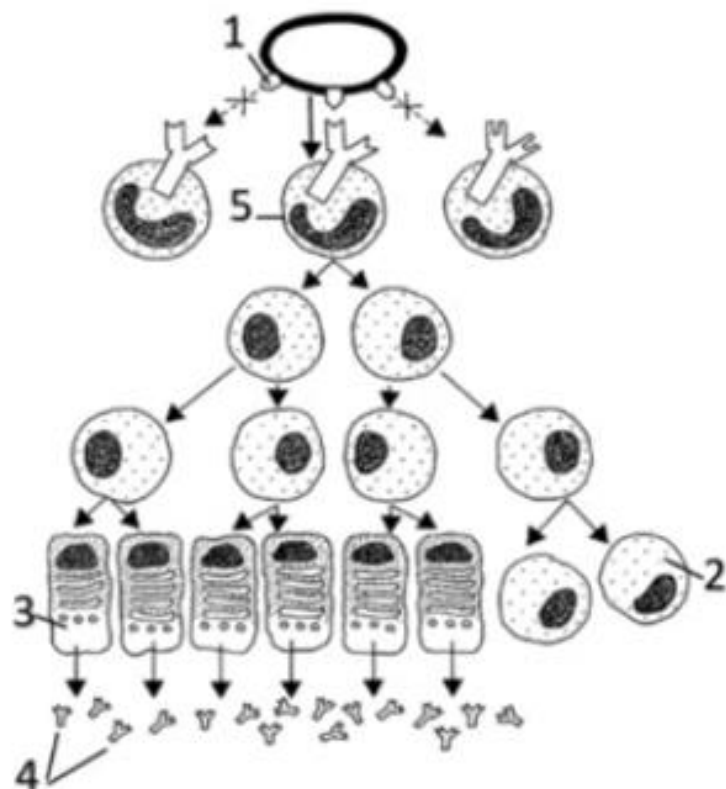
13 июня

№31103

Не выполнено

⚠ Сообщить об ошибке

Тема: Иммунология



ХАРАКТЕРИСТИКИ	ОБЪЕКТЫ
А) белок, состоящий из тяжелых и легких цепей	1) 1
Б) молекула на поверхности инфекционного агента	2) 2
В) обеспечивают иммунный ответ при повторном заражении	3) 3
Г) участвует в секреции иммуноглобулинов	4) 4
Д) клон клеток, производящих антитела	
Е) связывается переменным участком антитела	

Ответ: 412331

Пример задания ЕГЭ

15 линия

Выберите три верных ответа из шести и запишите цифры, под которыми они указаны. Какие характеристики могут быть использованы для описания естественного пассивного иммунитета?

- 1) у новорожденного имеются готовые антитела против болезней
- 2) ребенок получает готовые антитела с материнским молоком
- 3) клетки памяти (В-лимфоциты) запоминают антигены возбудителя
- 4) появляется после введения вакцины
- 5) при повторном попадании возбудителя выработка антител начинается раньше
- 6) от матери через плаценту ребенок получает антитела

Решение:

Естественный пассивный иммунитет возникает в результате передачи от матери к плоду через плаценту (трансплацентарный) или с молоком готовых антител.

Для описания естественного пассивного иммунитета подходят характеристики:

- 1) у новорожденного имеются готовые антитела против болезней;
- 2) ребенок получает готовые антитела с материнским молоком;
- 6) от матери через плаценту ребенок получает антитела.

Пример задания ЕГЭ

16 линия

Установите правильную последовательность формирования естественного активного иммунитета. Запишите соответствующую последовательность цифр.

- 1) связывание иммуноглобулинами антигенов патогена
- 2) созревание В-лимфоцитов, выделяющих антитела
- 3) обнаружение патогена иммунными клетками
- 4) уничтожение патогена
- 5) проникновение в организм патогена

Решение:

Последовательность формирования естественного активного иммунитета:

- 5) проникновение в организм патогена
- 3) обнаружение патогена иммунными клетками
- 2) созревание В-лимфоцитов, выделяющих антитела
- 1) связывание иммуноглобулинами антигенов патогена
- 4) уничтожение патогена

Ответ: 53214

Пример задания ЕГЭ

Экспериментатор изучал динамику образования антител. В ходе эксперимента он дважды в течение трёх месяцев вводил по 1 мл раствора с антигеном лабораторной мыши и вёл наблюдения. Спустя 40 суток после введения первой дозы раствора с антигеном, экспериментатор зафиксировал результаты на графике (рис. А). На 60-е сутки он ввёл вторую дозу антигена той же мыши и финальные результаты так же зафиксировал в виде графика (рис. Б).

Какие параметры задаются экспериментатором (независимые переменные), а какой параметр меняется в зависимости от этого (зависимая переменная)?

Что такое антиген и антитело? Какую реакцию организма экспериментатор наблюдал в ходе исследования?

Почему наблюдается разница между результатами первого и второго введения антигена в организм?

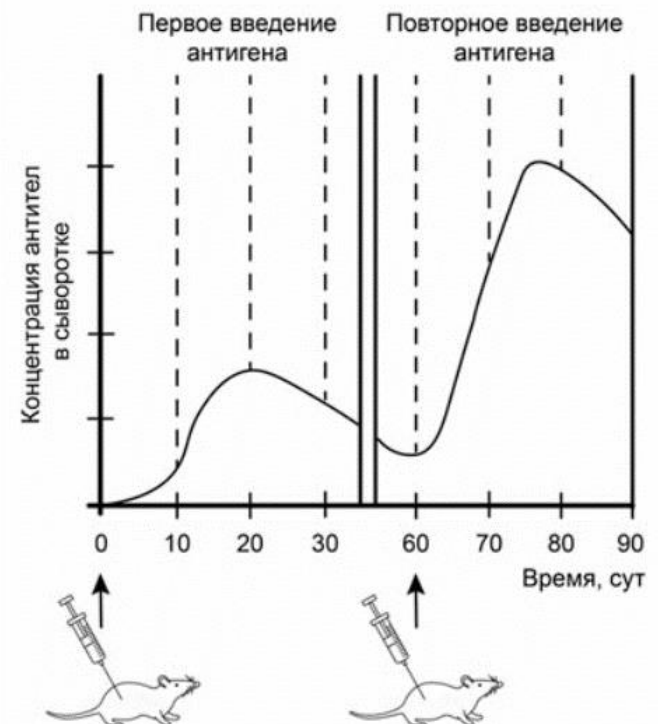


Рис. А



Рис. Б

Пояснение.

Элементы ответа:

1. Независимые переменные (задаваемые экспериментатором) — доза вводимого антигена, количество введения антигена, время эксперимента.
2. Зависимая переменная (изменяющаяся в результате эксперимента) — концентрация антител в сыворотке.
3. Антиген — чужеродное вещество, попадание которого вызывает выработку антител в организме.
4. Атителио — белок плазмы крови, предназначенные для нейтрализации патогена (антигена).
5. В ходе исследования экспериментатор наблюдал иммунный ответ ИЛИ иммунную реакцию. При иммунном ответе на попадание в организм антигена выделяются антитела.
6. Различие динамики образования антител объясняется тем, что после первичного введения антигена в иммунной системе формируются лимфоциты, несущие память о данном антигене.
7. После повторной встречи с этим же антигеном лимфоциты с памятью быстро размножаются и интенсивно включают процесс формирования антител, которые вырабатываются быстрее и в большем количестве.

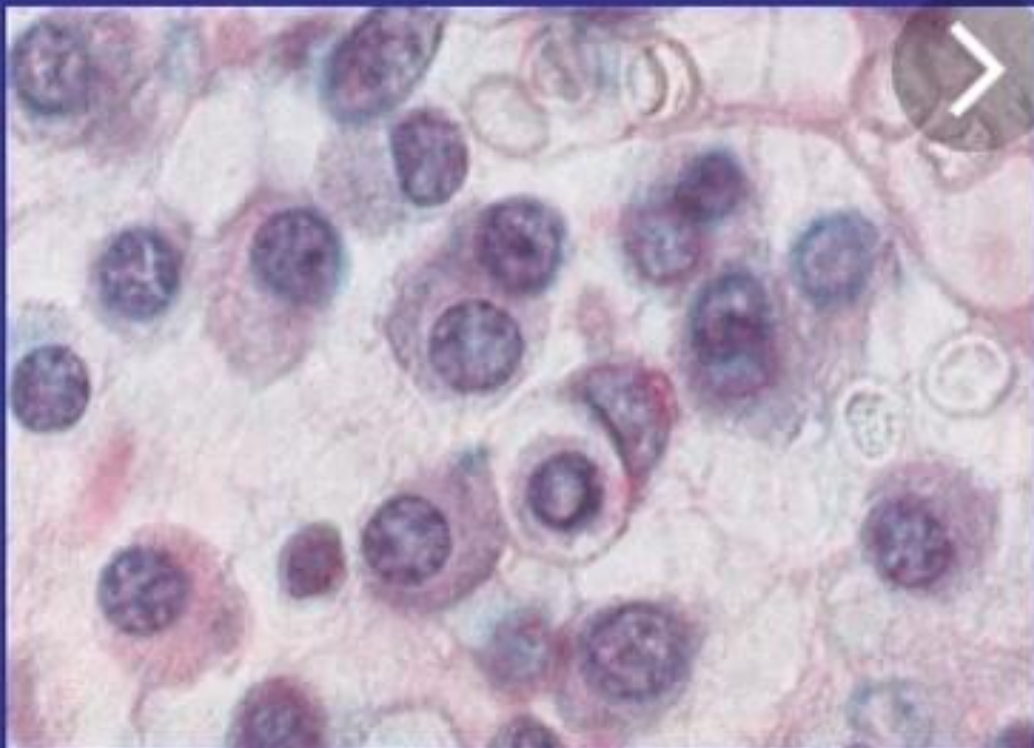
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К
РЕШЕНИЮ
СЛЕДУЮЩЕГО
ЗАДАНИЯ

ПЛАЗМАТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ (ПЛАЗМОЦИТЫ)

КОНЕЧНЫЙ ЭТАП ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ В-ЛИМФОЦИТОВ

КОРОТКОЖИВУЩИЕ (ОТ 2-3 ДО 10-30 СУТОК)

ВЫРАБОТКА АНТИТЕЛ (ИММУНОГЛОБУЛИНОВ)



Пример задания ЕГЭ

5015

26 линия



№31101

Не выполнено



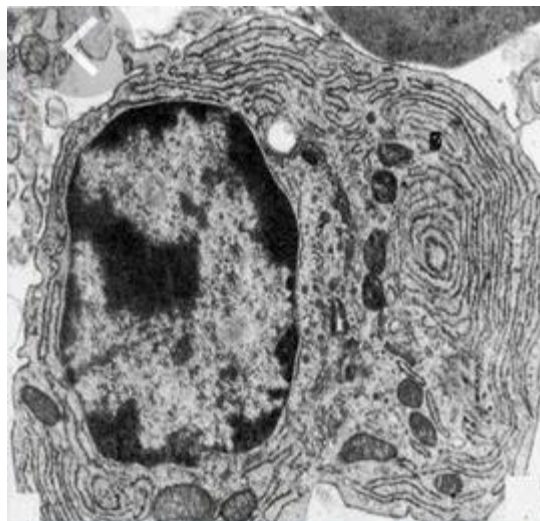
Сообщить об ошибке



Поделиться

Тема: Иммунология

На электронных микрофотографиях плазматических клеток заметны хорошо развитые мембраны шероховатой ЭПС и комплекса Гольджи. Какие клетки иммунной системы дают начало плазматическим клеткам? Исходя из функции плазматических клеток, дайте объяснение указанным особенностям их строения.



Решение:

- 1) плазматические клетки (плазмоциты) формируются при размножении В-лимфоцитов;
- 2) функция плазматических клеток - производить (секретировать) антитела (иммуноглобулины);
- 3) иммуноглобулины являются белками (гликопротеинами);
- 4) синтез белков осуществляют рибосомы шероховатой (гранулярной) ЭПС;
- 5) выведение (экзоцитоз) антител из плазматической клетки осуществляется с помощью секреторных пузырьков комплекса Гольджи.