

# ПРЕДИСЛОВИЕ

О чем вы думаете, когда слышите слово «иммунология»?

Возможно, у многих в голове сразу возникает образ «медицина» или такие образы, как «инфекционные заболевания, вакцины, аллергии, больницы». Конечно, у данной науки есть и подобные аспекты, но в этой книге я хочу показать, что иммунология очень интересна как «биология».

Иммунитет – это механизм защиты организма от болезнетворных организмов – патогенов. В процессе иммунного ответа появляются различные клетки, они плодятся, перемещаются, обмениваются информацией, и в целом складывается удивительно великолепная работа.

Комиксы манга – это культура, которой Япония может гордиться. Серия книг издательства Ohmsha «Занимательная наука в комиксах» посвящена различным областям науки, таким как математика, физика, химия, биология и др. Думаю, что именно в этой серии удастся донести суть сложных дисциплин простыми словами на простых примерах. Когда ко мне за советом о возможности публикации книги по иммунологии в этой серии обратилось издательство Весом Со., я подумал: «Это отличная возможность привить интерес к иммунологии многим людям».

Тем не менее иммунология считается «особенно сложной» областью фундаментальной медицины и биологии. Трудность ее заключается в том, что существует много терминов и концепций, уникальных для иммунологии, таких как «антигенная специфичность» и «аутоотолерантность». Я много думал о том, как достичь понимания большинства читателей.

Быстрый способ упростить понимание – снизить уровень сложности подаваемой информации.

Однако если понизить этот уровень, основные положения иммунологии будут утрачены. Думаю, что в этой книге я смог благодаря формату манги донести идеи ясным и понятным образом, не понижая уровень сложности информации. Кроме того, надеюсь, что я смог донести новые идеи и исследования в этой области.

К тому же мне самому нравится рисовать комиксы, и сначала, когда я впервые услышал об идее создания этой книги, на мгновение я безрассудно подумал: «Хочу, чтобы комикс рисовал тоже я». Однако вскоре я услышал о плане передать создание комикса Сиодзаки Синобу и тут же отказался от попыток рисовать сам, раз уж рисование комикса будет в надежных руках такого специалиста. Многие комиксы серии «Занимательная наука в комиксах» опираются на любовную линию, но работы Сиодзаки отличаются более тонким вкусом, тяготеют к современности и более спокойны, мне это очень импонирует.

Что касается написания сценария, есть разные способы, среди которых возможно написать только научную часть, а саму сюжетную линию и создание героев манги оставить на откуп редактора или художника. Однако поскольку это интересный опыт для меня, я решил сам утвердить персонажей и самостоятельно написать сценарий. Конечно, в ходе этой работы я неоднократно советовался с Симада Эйдзи и

Цугэ Томохико из Весом Со., а после сдачи сценария на этапе его редактирования и на этапе создания комикса господином Сиодзаки я вносил разные изменения, с тем чтобы точнее передать замысел. Например, персонажи – клетки, духи-хранители лаборатории – это идея редакторов. Мне пришлось много раз встречаться с редакторами Симада и Цуге, но каждый раз это была приятная встреча, и мы обменялись мнениями о манге.

В сюжетной линии этой книги отсутствует классический «романтический сценарий», характерный для данной серии книг, вместо этого появляется множество различных персонажей. Я не брал никого конкретного в пример при создании персонажей, они являются смесью различных качеств как меня, так и нескольких моих знакомых. Сиродзаки смог прекрасно передать суть этих персонажей в своих рисунках.

Кроме того, мы сделали атмосферу лаборатории реалистичной, вполне соответствующей реальной жизни. Хотя довольно часто лекции по иммунологии проводятся на медицинском факультете, существует также множество лабораторий, специализирующихся на иммунологии, и на факультетах биологических наук. Сюжет строится на том, что двум студентам 4-го курса предстоит провести выпускные исследования и защитить их результаты перед большим количеством слушателей.

Эта книга в основном предназначена для студентов и аспирантов таких факультетов, как медицинский, стоматологический и фармацевтический, естественных, агрономических и технических наук. Более того, я думаю, что она может быть использована в качестве материала для обновления знаний о текущих достижениях науки и для ученых-иммунологов. Между тем в последнее время учебные пособия старших классов средней школы были серьезно пересмотрены, и в курсе «основ биологической науки» большое внимание стало уделяться иммунологии. Поэтому для учителей мы рекомендуем перед началом преподавания ознакомиться с данной книгой и получить правильное понимание механизмов иммунитета. Не только учителя, но и ученики старших классов, я думаю, могут использовать эту книгу в качестве пособия, если будут достаточно усердны и внимательны.

Многие помогали мне в создании данной книги уже с момента появления первых набросков. Особую благодарность хочу выразить преподавателю Кацура Есимото (почетный профессор Киотского университета), преподавателю Масуда Кёко (Киотский университет) и преподавателю Итои Манами (Университет интегративной медицины Мэйдзи), которые неоднократно перечитывали книгу полностью, начиная со стадии сценария и заканчивая завершающими версиями, и помогали полезными советами. Я также глубоко признателен профессору Такахама Йосуге (Токусимский университет), который дал мне ценные советы на этапе утверждения названия. Кроме того, было много различных комментариев и советов от аспирантов и секретарей моей лаборатории, чему я очень благодарен.

Я искренне надеюсь, что эта книга будет полезна для популяризации иммунологии.

*Кавамото Хироси.  
Июнь 2014 г.*

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Пролог .....	1
--------------	---

## 1 ГЛАВА

<b>Клетки, обеспечивающие иммунные реакции (иммунный ответ) .....</b>	<b>5</b>
---	----------

1.1. Что же такое иммунитет? .....	10
1.2. Лейкоциты - иммунные клетки .....	15
1.3. Три системы, защищающие организм .....	17

Повторение .....	19
------------------	----

❖ Места, где создаются иммунные клетки; места, где они работают .....	19
---	----

## 2 ГЛАВА

<b>Базовые принципы системы приобретенного иммунитета ..</b>	<b>21</b>
--	-----------

2.1. Отличие врожденного и приобретенного иммунитетов .....	22
2.2. Пять свойств приобретенного иммунитета .....	32
2.3. Система распознавания через антитела и рецепторы .....	38

Подведем итог .....	43
---------------------	----

Определения .....	44
-------------------	----

Повторение .....	45
------------------	----

❖ Работа антител .....	45
------------------------	----

❖ Антиген и эпитоп .....	46
--------------------------	----

❖ Клонально-селекционная теория Бернета .....	46
---	----

## 3 ГЛАВА

<b>Распознавание болезнетворных организмов врожденным иммунитетом .....</b>	<b>47</b>
---	-----------

3.1. Реакция врожденного иммунитета .....	48
---	----

3.2. Организация врожденного иммунитета .....	52
---	----

3.3. Механизм, атакующий болезнетворные организмы .....	55
---	----

3.4. Система распознавания болезнетворного организма и подачи сигнала тревоги .....	60
--	----

3.5. Связующее звено между врожденным и приобретенным иммунитетом	64
Повторение	74
❖ О системе комплемента	74
❖ Интерферон	75
❖ У беспозвоночных животных только врожденный иммунитет	75
❖ Система приобретенного иммунитета у многоклеточных	76

## 4

ГЛАВА

### Механизм реакции антиген-антитело ..... 77

4.1. Участники иммунной реакции	78
4.2. Совместная работа клеток	81
4.3. Система, запускающая производство антител, специфичных для конкретного патогена	85
4.4. Механизм клеточного иммунитета	89
Подведем итог	92
Повторение	93
❖ О молекулах МНС первого и второго классов	93
❖ Т-лимфоциты и В-лимфоциты могут взаимодействовать, даже если они видят разные части болезнетворного организма	96
❖ Роль цитокинов и костимулирующих молекул	97

## 5

ГЛАВА

### Формирование иммунологической разнородности, а также становление ауто толерантности ..... 99

5.1. Антигенные рецепторы очень разнообразны	103
5.2. Разнородность и ауто толерантность	107
5.3. Негативный отбор: ауто толерантность, которая возникает в процессе появления клеток	109
5.4. Позитивный отбор: система выбора работающих клеток	114
5.5. Ауто толерантность, возникающая на периферии	118
Подведем итог	127
Повторение	128
❖ Структура Т-клеточных рецепторов и перегруппировка генов	128
❖ Строение молекулы антитела и рекомбинация генов	129
❖ Способ передачи стимула для рецептора Т-лимфоцитов	130
❖ Разделение на Т-хелперов и Т-киллеров в вилочковой железе	130
❖ Путь от гемопоэтических стволовых клеток к Т-лимфоцитам и В-лимфоцитам	131
❖ Натуральные киллеры (NK-клетки)	132

## 6

ГЛАВА

### Система, функционирующая до начала производства антител ..... 135

6.1. Поток лимфатической жидкости	138
6.2. Расположение лимфоузлов, селезенки и пейеровой бляшки	140

6.3. Рециркуляция лимфоцитов .....	143
6.4. Строение лимфоузла .....	144
6.5. Смена класса.....	146
6.6. Созревание аффинности - улучшение качества антител .....	148
<b>Повторение .....</b>	<b>150</b>
❖ Механизм иммунной памяти .....	150
❖ Механизм миграции лимфоцитов .....	151
❖ Механизм созревания аффинности.....	153
❖ Строение селезенки.....	157
❖ Функции каждого класса иммуноглобулина и их распространение в организме.....	157
❖ Система переключения классов .....	158
❖ Антитела, получаемые без помощи Т-клеток .....	159

## 7 ГЛАВА

### Инфекционные заболевания и специализация иммунных клеток .....

161

7.1. Виды инфекционных заболеваний.....	165
7.2. Специализация Т-хелперов .....	171

<b>Повторение .....</b>	<b>182</b>
❖ Цитокины определяют тип клеток.....	182
❖ Недавно обнаруженные естественные лимфоциты .....	184
❖ Восприимчивость к инфекции .....	185
❖ $\gamma\delta$ Т-лимфоциты и натуральные киллеры Т-клетки (NKT) .....	188
❖ Вакцины .....	189
❖ Иммунитет кишечника.....	189

## 8 ГЛАВА

### Иммунитет против рака .....

191

8.1. Что такое рак? .....	194
8.2. Иммунитет не борется с раковыми клетками.....	196
8.3. Возникает иммунная реакция против рака, но она подавляется.....	198

<b>Повторение .....</b>	<b>203</b>
❖ Иммунитет способен убивать раковые клетки.....	203
❖ Другие методы лечения иммунными клетками .....	205

**Аллергии и аутоиммунные заболевания ..... 207**

9.1. Что такое аллергия? .....	211
9.2. Механизм начала аллергии.....	216
9.3. Что такое аутоиммунное заболевание?.....	220
9.4. Механизм возникновения аутоиммунных заболеваний .....	223
9.5. Типы аутоиммунных заболеваний.....	225
Повторение .....	229
❖ Классический метод классификации аллергии .....	229
❖ Верна ли гипотеза о гигиене?.....	230
❖ Анафилаксия .....	230
❖ Лечение аллергии.....	231
❖ Другие аутоиммунные заболевания .....	231
❖ Лечение аутоиммунных заболеваний .....	232
❖ Воспалительные заболевания, не считающиеся аутоиммунными.....	232
❖ Корреляция между аутоиммунным заболеванием и типом HLA.....	232

**Трансплантология, регенеративная медицина  
и иммунитет ..... 233**

10.1. Основной принцип трансплантационного иммунитета.....	235
10.2. Трансплантированные Т-лимфоциты атакуют реципиента .....	238
10.3. Минорные антигены .....	239
10.4. Что такое регенеративная медицина? .....	240
10.5. Появление iPS-клеток .....	242
10.6. Идея банка iPS-клеток основана на правилах трансплантации .....	245
Повторение .....	248
❖ Краткое описание иммунного ответа на трансплантацию .....	248
❖ Проблемы индуцированных плюрипотентных стволовых клеток .....	248
❖ Применение метода клеток iPS для иммунотерапии рака.....	249
<b>Эпилог .....</b>	<b>251</b>
<b>Особый указатель: клетки, появившиеся на страницах данной книги .....</b>	<b>255</b>
<b>Алфавитный указатель .....</b>	<b>257</b>

# ПРОЛОГ



Университет  
Дзёхоку



КУМИ, ЧТО ТЫ  
В ИТОГЕ РЕШИЛА  
ДЕЛАТЬ? РАБОТУ  
БУДЕШЬ ИСКАТЬ?

**Мизэди Тадахито**

Кафедра биологии факультета  
естественных наук, 3-й курс



ДА, В ИТОГЕ РЕШИЛА  
ПОПРОБОВАТЬ  
ИСКАТЬ РАБОТУ.  
ЕСЛИ ПОЛУЧИТСЯ, ТО  
В ЖУРНАЛИСТИКЕ!

А ТЫ-ТО РЕШИЛ  
ОСТАТЬСЯ В  
УНИВЕРСИТЕТЕ?

**Судзунами Куми**

Кафедра биологии факультета  
естественных наук, 3-й курс



ДА, Я  
СОБИРАЮСЬ  
ОСТАТЬСЯ.

ДУМАЮ СДАВАТЬ  
ЭКЗАМЕН ДЛЯ  
ПОСТУПЛЕНИЯ  
В МАГИСТРАТУРУ.

ДА, И  
В КАКУЮ ЖЕ  
ЛАБОРАТОРИЮ  
ТЫ ПОЙДЕШЬ?



ДОЛГО ДУМАЛ  
И РЕШИЛ  
ОСТАНОВИТЬСЯ  
НА ИММУНОЛОГИИ.

НИЧЕГО СЕБЕ!  
ЗНАЧИТ, ТЫ БУДЕШЬ  
В ЛАБОРАТОРИИ  
ПРЕПОДАВАТЕЛЯ  
ТАКАХАРА?





С-СЛУШАЙ,  
ТАДА...  
(сокращение  
от имени)



А МОЖНО Я  
ТОГДА ТОЖЕ  
ПОПРОБУЮ?



ЧТО-О!?



КАК ТАК?  
ТЫ ЖЕ ТОЛЬКО  
ЧТО ГОВОРИЛА,  
ЧТО НИКАК  
НЕ МОЖЕШЬ  
РЕШИТЬ...

ТОЛЬКО ЧТО  
РЕШИЛА!!



КАК УДИВИТЕЛЬНО, Я  
СОВСЕМ НЕДАВНО КАК  
РАЗ ИНТЕРЕСОВАЛАСЬ  
ТЕМ, ЧТО ТАКОЕ  
ИММУНОЛОГИЯ.

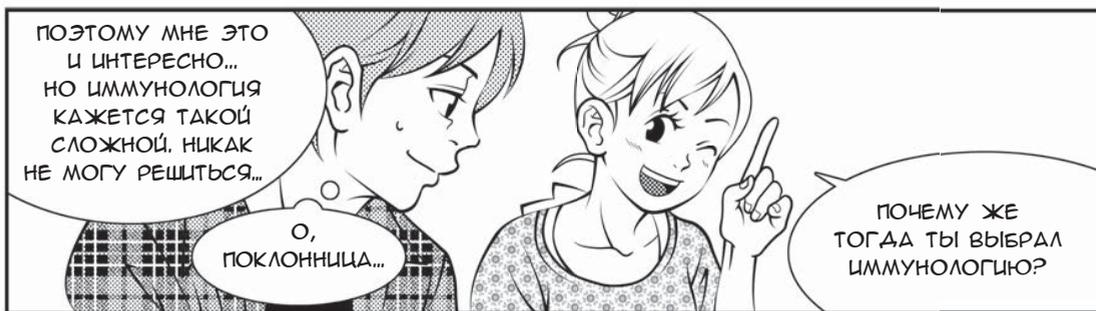
КАК ХОРОШО, ЧТО  
Я БУДУ С ТОБОЙ  
ВМЕСТЕ. ТОГДА  
ТЫ СМОЖЕШЬ  
МНЕ ПОМОГАТЬ  
С УЧЕБОЙ!

НУ КАК БЫ ЭТО  
ВО ВСЕ НЕ ЗНАЧИТ,  
ЧТО ТЫ СМОЖЕШЬ  
ТУДА ПОПАСТЬ.



К ТОМУ ЖЕ ВО  
ВРЕМЯ ПОИСКА  
РАБОТЫ МНОГО  
ВСЕГО ИЗУЧАЛА  
И ЗАМЕТИЛА, ЧТО...

...СРЕДИ ЛАУРЕАТОВ  
НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ  
ПО БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ  
ОГРОМНОЕ КОЛИЧЕСТВО  
ИММУНОЛОГОВ!!





КСТАТИ, ЕСЛИ УЖ  
ВСПОМИНАТЬ, УРОКИ  
УЧИТЕЛЯ ТАКАХАРА  
БЫЛИ ОЧЕНЬ  
ИНТЕРЕСНЫЕ.



ДЕЙСТВИТЕЛЬНО,  
УРОКИ БЫЛИ  
ИНТЕРЕСНЫЕ, НО  
ХОДЯТ СЛУХИ, ЧТО  
ОН - ЧЕЛОВЕК СО  
СТРАННОСТЯМИ.

ЭТО МОЖЕТ  
БЫТЬ НЕПРОСТО.



ГОВОРЯТ, ЧТО К  
СТУДЕНТАМ ОН  
КРАЙНЕ ХОРОШО  
ОТНОСИТСЯ...

...И ЧТО ОН КРУТОЙ,  
НЕСМОТРЯ НА ВНЕШНИЙ  
ВИД.



КАК БЫ ТАМ НИ БЫЛО,  
ДАВАЙ ВМЕСТЕ ПОЙДЕМ  
НА ПЕРВУЮ ВСТРЕЧУ  
С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ,  
МОЖЕТ, ОБА ПОПАДЕМ  
НА КУРС ПРОФЕССОРА  
ТАКАХАРА.

ОЧЕНЬ  
ПРОШУ!



ДА-ДА,  
Я ПОНЯЛ...

Как оптимистично она  
настроена...

СПАСИБО,  
ТАДА!

ГЛАВА

1

**КЛЕТКИ,  
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ  
ИММУННЫЕ РЕАКЦИИ  
(ИММУННЫЙ ОТВЕТ)**

БЛАГОДАРЯ ВАМ  
МЫ НЕ ПОРТИМСЯ



## Лекция 1

**Февраль** — — Оба студента поступили на кафедру иммунологии и пришли познакомиться с преподавателем.







ЭТО УСЛОВИЕ -  
ОСОЗНАВАТЬ ТО,  
ЧТО ИССЛЕДУЕШЬ.



ОСОЗНА-  
ВАТЬ?

ВЫГЛЯДИТ ТАК,  
КАК БУДТО ЭТО  
ОЧЕВИДНО.



ОДНАКО ПРАКТИЧЕСКИ ВСЯ  
МОЛОДЕЖЬ - НЕ ТОЛЬКО  
СТУДЕНТЫ БАКАЛАВРИАТА,  
НО И МАГИСТРАТУРЫ -  
ИМЕЕТ СВОЙСТВО  
ПРОВОДИТЬ ОПЫТЫ,  
НЕ ВАУМЫВА-  
ЯСЬ.

ВКЛАДЫВАТЬ  
ЗНАНИЯ  
В БАЛБЕСОВ,  
КОТОРЫЕ ЭТОГО  
НЕ ПОНИМАЮТ, -  
ПУСТАЯ ТРАТА  
ВРЕМЕНИ!

Я ХОТЕЛА БЫ,  
ЧТОБЫ ОПЫТЫ  
ПРОВОДИЛИСЬ НЕ  
БЕЗДУМНО, А С ПОЛНЫМ  
ПОНИМАНИЕМ  
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ БАЗЫ  
И СУТИ ОПЫТА.



ДРУГИМИ СЛОВАМИ,  
ЕСЛИ ХОТИТЕ  
ПРОВОДИТЬ  
ИССЛЕДОВАНИЕ  
В НАШЕЙ ЛАБОРАТОРИИ,  
ВАМ НЕОБХОДИМО  
ОСОЗНАТЬ ПОЛНУЮ  
КАРТИНУ.

ВЫ СПРАВИТЕСЬ?



ВОТ...  
ИМЕННО ЭТОГО  
Я И ХОЧУ!

я...  
я ТОЖЕ.



**ХИ-ХИ**



ПРОВЕДЕНИЕ  
ОПЫТОВ НАЧНЕТСЯ  
С АПРЕЛЯ, НО  
МОЖНО ПРОВЕСТИ  
НЕСКОЛЬКО ЛЕКЦИЙ  
ДО ЭТОГО.

КАК НАСЧЕТ  
СЕГОДНЯ,  
ПРЯМО  
СЕЙЧАС?  
У МЕНЯ ЕСТЬ  
СВОБОДНОЕ  
ВРЕМЯ.



ЧТО-ЧТО?!

**ПОВТОРИ**

эээ

М... МММ...  
М-МЫ  
С РАДОСТЬЮ...



ОТЛИЧНО!  
Я ВАС  
ХОРОШЕНЬКО  
НАТРЕНЦУЮ.

**ХА-ХА-ХА**

У обоих студентов  
почему-то появилось плохое  
предчувствие...

## 1.1. ЧТО ЖЕ ТАКОЕ ИММУНИТЕТ?



ИТАК, ТЕМА  
ВАШЕГО  
ИССЛЕДОВАНИЯ...



МИЗДЗИ ВЫ ПОРУЧИМ  
ПРОВОДИТЬ ОПЫТЫ О  
СПОСОБНОСТИ МЫШЕЙ,  
У КОТОРЫХ НЕДОСТАЕТ  
ОПРЕДЕЛЕННОГО ГЕНА,  
ПРОИЗВОДИТЬ  
АНТИТЕЛА.

А СУДУНАМИ ВЫ ДАДИМ  
МЫШЬ, КОТОРАЯ ОТЛИЧАЕТСЯ  
ОТСУТСТВИЕМ ДРУГОГО ГЕНА...

НЕОБХОДИМО БУДЕТ ПРИ ПО-  
МОЩИ КУЛЬТИВИРОВАННЫХ ОБ-  
РАЗЦОВ ВЫЯСНИТЬ, ОБЛАДАЕТ  
ЛИ ТАКАЯ МЫШЬ СПОСОБНОСТЬЮ  
К ДЕЛЕНИЮ КРОВЕТВОРНЫХ  
КЛЕТОК-ПРЕДШЕСТВЕННИЦ  
В ЛИМФОУЗЛАХ.



ВСЕ ОПЫТЫ ВЫ  
БУДЕТЕ ПРОВОДИТЬ  
СОВМЕСТНО, НО  
ВЫПУСКНУЮ РАБОТУ  
ПИСАТЬ ДОЛЖЕН  
КАЖДЫЙ САМ.

КАК-ТО ВСЕ РЕ-  
ШЕНИЯ ПРИНИМА-  
ЮТСЯ БЕЗ НАШЕ-  
ГО УЧАСТИЯ...

**ОГО!!!**

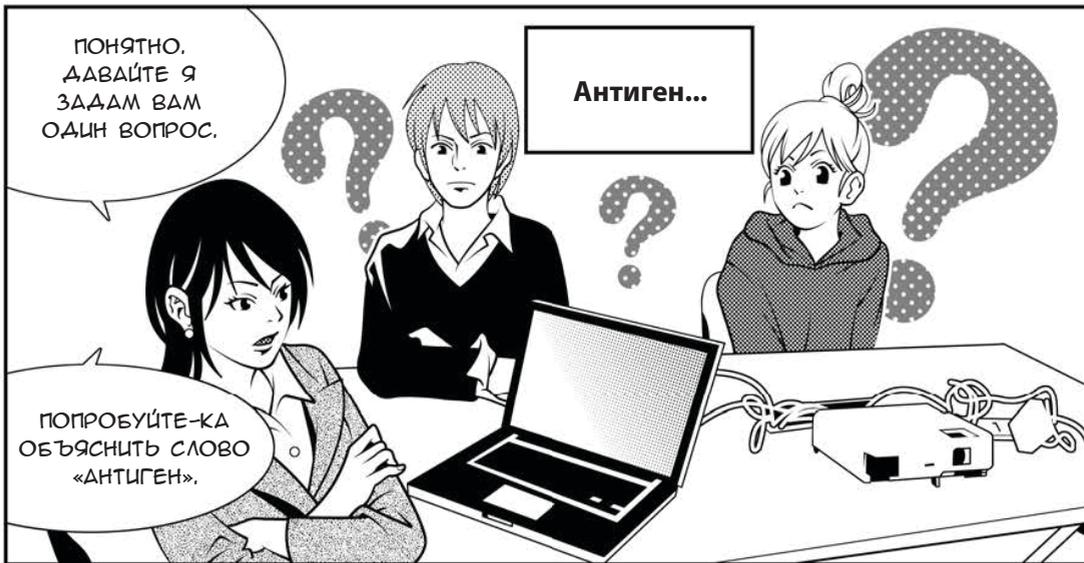
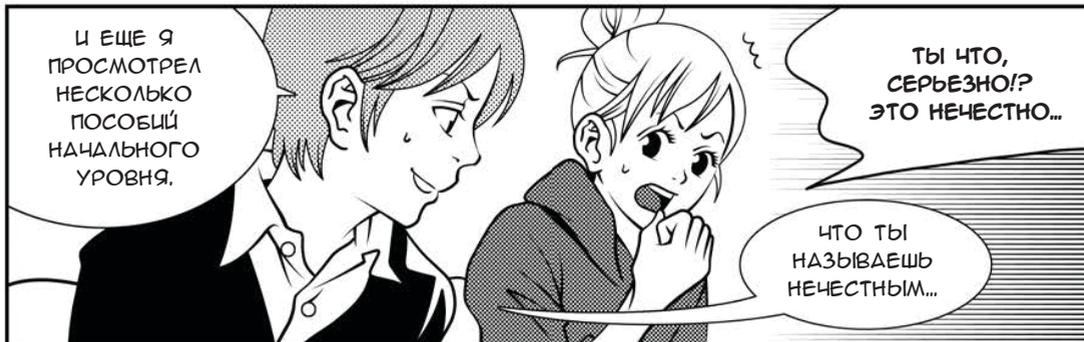


КСТАТИ, ВЫ  
ХОТЬ НЕМНОГО  
ЗНАКОМЫ С  
ИММУНОЛОГИЕЙ?

ПОВЕРХНОСТНО...  
В СТАРШИХ КЛАССАХ  
НА УРОКАХ БИОЛО-  
ГИИ И НА ЛЕКЦИЯХ ПО  
ОБЩЕМУ РАЗВИТИЮ  
НЕМНОГО КАСАЛИСЬ  
ТЕМЫ.

ПОСЛЕ ЭТОГО  
БРАЛ СПЕЦКУРС  
ПРОФЕССОРА  
ТАКАХАРА.

И У МЕНЯ  
ПРИМЕРНО  
ТАК ЖЕ.





«АНТИГЕН» - ОДНО ИЗ САМЫХ БАЗОВЫХ ПОНЯТИЙ ИММУНОЛОГИИ, И ЕСЛИ ЕГО ХОРОШЕНЬКО НЕ ПОНЯТЬ, ТО И ОСТАЛЬНОЕ ОБЪЯСНИТЬ СТАНОВИТСЯ НЕВОЗМОЖНО.

К ТОМУ ЖЕ ПОЧТИ НЕТ ХОРОШО НАПИСАННЫХ КНИГ.



НУ, У СУДУНАМИ ПОНЯТНО, ПОЧЕМУ 30, А У МЕНЯ-ТО ПОЧЕМУ 60?

Ой-ой...  
Что ты болтаешь...



НО ДЕЙСТВИТЕЛЬНО, ЗАПНУТЬСЯ НА САМЫХ БАЗОВЫХ ВЕЩАХ... МОЯ УВЕРЕННОСТЬ В СЕБЕ ТАЕТ НА ГЛАЗАХ.

Эй,  
НЕ РАССТРАИВАЙСЯ.  
Я НЕ ХОТЕЛА ВАС ПУГАТЬ.



ЭТО Я ОБЪЯСНЮ ПОТОМ (см. стр. 44).



ОСНОВЫ ИММУНОЛОГИИ НА САМОМ ДЕЛЕ НЕ ТАКИЕ УЖ И СЛОЖНЫЕ, НО МНОГИЕ КНИГИ, КОТОРЫЕ СЕЙЧАС СУЩЕСТВУЮТ...



К ТОМУ ЖЕ КАЖДЫЙ ДЕНЬ ПРОВОДЯТСЯ НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ...

И МНЕНИЕ НА СЧЕТ ИММУНОЛОГИИ МЕНЯЕТСЯ. ПОЭТОМУ МОЖНО СКАЗАТЬ, ЧТО ПОНИМАНИЕ СФОРМИРОВАТЬ ТРУДНО.

В ОБЩЕМ, МАЛО КНИГ, КОТОРЫЕ ДОСТАТОЧНО ХОРОШО ОСВЕЩАЮТ ОСНОВЫ, НО И СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА НЕ ПОЗВОЛЯЕТ ПОНЯТЬ САМЫЕ ВАЖНЫЕ МОМЕНТЫ, ПОСКОЛЬКУ ИНФОРМАЦИИ В НЕЙ СЛИШКОМ МНОГО.



ТО ЕСТЬ ЕСЛИ СЛУШАТЬ ВАШИ ЛЕКЦИИ, ТО МОЖНО СФОРМИРОВАТЬ ПРАВИЛЬНОЕ ПОНИМАНИЕ!

НУ,  
МОЖНО СКАЗАТЬ  
И ТАК.

ДАВАЙТЕ УЖЕ СКОРЕЕ  
НАЧНЕМ НАШУ ПЕРВУЮ  
ЛЕКЦИЮ.

ВООБЩЕ, ЧТО ДЕЛАЕТ  
ИММУНИТЕТ,  
КАК ВЫ ДУМАЕТЕ?

Я ДУМАЮ, ЧТО ОН  
ЗАЩИЩАЕТ ОРГАНИЗМ  
ОТ ИНФЕКЦИОННЫХ  
ЗАБОЛЕВАНИЙ.

ТАК И ЕСТЬ!  
ЕСЛИ ИММУНИТЕТ  
НЕ БУДЕТ РАБО-  
ТАТЬ, ОРГАНИЗМ  
ПОГИБНЕТ ЗА ОЧЕНЬ  
КОРОТКИЙ ПРОМЕ-  
ЖУТОК ВРЕМЕНИ.

ЕСЛИ СЫРОЕ МЯСО  
ОСТАВИТЬ В КОМНА-  
ТЕ, ТО ЧЕРЕЗ ДЕНЬ  
ОНО НАЧНЕТ ГНИТЬ,  
ОТ ТОГО ЧТО БАКТЕ-  
РИИ И ПЛЕСЕНЬ РАЗ-  
МНОЖАТСЯ, ТАК?

**ВПЕРЕД!**

ДРУГИМИ СЛОВАМИ,  
МИКРООРГАНИЗМЫ  
ПОСТОЯННО,  
ИЗО ДНЯ В ДЕНЬ,  
АТАКУЮТ НАШЕ  
ТЕЛО.

МЫ ЭТО НЕ  
ОСОЗНАЕМ  
В ПОВСЕДНЕВНОЙ  
ЖИЗНИ, А ОНИ ВСЕ  
ПРОДОЛЖАЮТ  
СРАЖАТЬСЯ...

ИММУННЫЕ РЕАКЦИИ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА 2 ТИПА.



ПЕРВЫЙ ТИП - ЭТО РЕАКЦИЯ, КОТОРАЯ ВОЗНИКАЕТ СРАЗУ ЖЕ, ПРИ ПЕРВОМ ЗАРАЖЕНИИ.

ЕГО НАЗЫВАЮТ ВРОЖДЕННЫМ ИММУНИТЕТОМ, ПОСКОЛЬКУ ОН СУЩЕСТВУЕТ С РОЖДЕНИЯ.

РЕАКЦИЯ ВРОЖДЕННОГО ИММУНИТЕТА БЫСТРАЯ, НО ДОСТАТОЧНО СЛАБАЯ.

### Два типа биологических защитных реакций

<b>Врожденный иммунитет</b>	Каждый раз действует одинаково	Левое предсердие
<b>Приобретенный иммунитет</b>	Во время повторного заражения действие более сильно	Медленные, но сильные

ВТОРОЙ ТИП - ЭТО РЕАКЦИЯ, КОТОРАЯ УСИЛИВАЕТСЯ ПРИ ПОВТОРНОМ ЗАРАЖЕНИИ.

ДЛЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭТОЙ РЕАКЦИИ ТРЕБУЕТСЯ НЕСКОЛЬКО ДНЕЙ. ЭТО ДОСТАТОЧНО ДОЛГО, НО САМА РЕАКЦИЯ ОЧЕНЬ СИЛЬНАЯ.



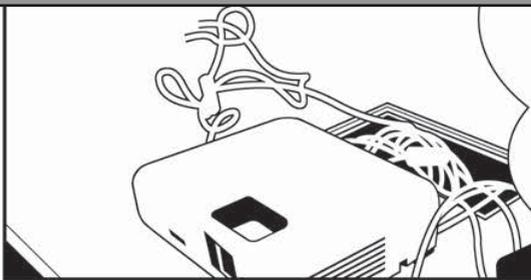
ЭТОТ ТИП РЕАКЦИИ НАЗЫВАЮТ ПРИОБРЕТЕННЫМ ИММУНИТЕТОМ\*, ПОСКОЛЬКУ ОН ПОЯВЛЯЕТСЯ ПОСЛЕ ПЕРЕНОСЕНИЯ ЗАРАЖЕНИЯ.

\* Также называют адаптивным иммунитетом.

ТАКИМ ОБРАЗОМ, ИММУННЫЕ РЕАКЦИИ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ДВЕ БОЛЬШИЕ ГРУППЫ - ВРОЖДЕННЫЙ И ПРИОБРЕТЕННЫЙ ИММУНИТЕТ, ВЕРНО?



## 1.2. ЛЕЙКОЦИТЫ - ИММУННЫЕ КЛЕТКИ



ЕСЛИ ГОВОРИТЬ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ, ТО КОЖА И СЛИЗИСТАЯ ОБОЛОЧКА ВЫПОЛНЯЮТ ФУНКЦИЮ ФИЗИЧЕСКОГО БАРЬЕРА, НО ОБЫЧНО ИХ НЕ ОТНОСЯТ К ИММУННОЙ СИСТЕМЕ.



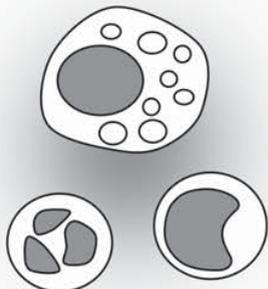
ОДНАКО В СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКЕ СОДЕРЖАТСЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА.

ЭТО ОДНА ИЗ ФУНКЦИЙ ИММУНИТЕТА.

ИТАК, ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РАНЫ БАРЬЕР ПРОПАДАЕТ, И БОЛЕЗНЕТВОРНЫЕ БАКТЕРИИ ПРОНИКАЮТ ВНУТРЬ ОРГАНИЗМА... И ТОГДА ИММУННЫЕ КЛЕТКИ ВЫХОДЯТ НА СЦЕНУ.



КЛЕТКИ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ФОРМИРОВАНИИ ИММУНИТЕТА, НАЗЫВАЮТ ИММУННЫМИ КЛЕТКАМИ.



МОЖНО ГОВОРИТЬ, ЧТО ТЕРМИН «ИММУННЫЕ КЛЕТКИ» ПРАКТИЧЕСКИ РАВНОЦЕНЕН ТЕРМИНУ «ЛЕЙКОЦИТЫ».



Я ЕЩЕ С НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ ЗНАЮ, ЧТО ЛЕЙКОЦИТЫ ПОМОГАЮТ БОРЬБЫ С БАКТЕРИЯМИ.

ДА-ДА, ЭТО ОБЫЧНОЕ ЗНАНИЕ.

А ТЕПЕРЬ СКАЖИТЕ, НА КАКИЕ ВИДЫ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ ЛЕЙКОЦИТЫ?



ХОРОШО, ТЕПЕРЬ  
ДАВАЙТЕ СИСТЕ-  
МАТИЗИРУЕМ.

ТАК...  
НЕЙТРОФИЛЫ,  
МОНОЦИТЫ,  
ЛИМФОЦИТЫ  
И ДРУГИЕ...

КРОВЯНЫЕ КЛЕТКИ  
ДЕЛЯТСЯ НА ЭРИТРОЦИТЫ,  
ТРОМБОЦИТЫ И ЛЕЙКОЦИТЫ.

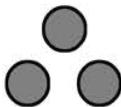
ЭРИТРОЦИТЫ  
ТРАНСПОРТИРУЮТ  
КИСЛОРОД, А ФУНКЦИЯ  
ТРОМБОЦИТОВ –  
ОСТАНАВЛИВАТЬ  
КРОВОТОЧЕНИЕ.

ТОГДА  
ФУНКЦИЯ ЛЕЙКОЦИТОВ –  
УЧАСТИЕ В ОБЕСПЕЧЕНИИ  
ИММУНИТЕТА.

ЛЕЙКОЦИТЫ  
ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ  
НА НЕЙТРОФИЛЫ,  
МОНОЦИТЫ, ЛИМФОЦИТЫ  
И ДРУГИЕ.

ЕСТЬ И ДРУГИЕ ВИДЫ  
ЛЕЙКОЦИТОВ.

Эритроциты



Тромбоциты



Лейкоциты

- Нейтрофилы
- Моноциты
- Лимфоциты



Макрофаги



Т-лимфоциты

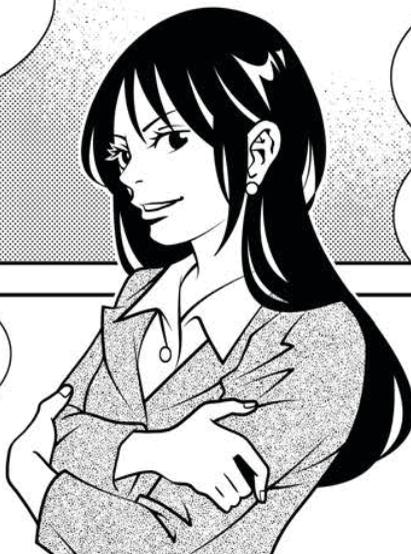
В-лимфоциты

Иммунные  
клетки

МОНОЦИТЫ  
НАПРАВЛЯЮТСЯ  
В ТКАНИ И СТАНОВЯТСЯ  
МАКРОФАГАМИ.

ЛИМФОЦИТЫ  
ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ  
НА Т-ЛИМФОЦИТЫ  
И В-ЛИМФОЦИТЫ.

НО ИХ МОЖНО  
НЕ ЗАПОМИНАТЬ.



### 1.3. ТРИ СИСТЕМЫ, ЗАЩИЩАЮЩИЕ ОРГАНИЗМ

1. «Съедают» болезнетворные организмы
2. «Убивают» инфицированные клетки
3. Атакуют при помощи «антител»



ФУНКЦИИ ИММУНИТЕТА МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ТРИ БОЛЬШИЕ ГРУППЫ: «ПОЕДАНИЕ БОЛЕЗНЕТВОРНЫХ ОРГАНИЗМОВ», «УБИЙСТВО ИНФИЦИРОВАННЫХ КЛЕТОК» И «АТАКА ПРИ ПОМОЩИ АНТИТЕЛ».

ПЕРВАЯ ФУНКЦИЯ - «ПОЕДАНИЕ» - ЭТО РАБОТА НЕЙТРОФИЛОВ И МАКРОФАГОВ.

Макрофаги



ЭТИ КЛЕТКИ НАЗЫВАЮТ ФАГОЦИТАМИ. А САМО ДЕЙСТВИЕ ПО ПОЕДАНИЮ - ФАГОЦИТОЗОМ.

Нейтрофилы



ОНИ ПОГЛОЩАЮТ БОЛЕЗНЕТВОРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ПЕРЕВАРИВАЮТ ИХ. ОСОБЕННО РАЗВИТ ПРОЦЕСС ФАГОЦИТОЗА У НЕЙТРОФИЛОВ - ОНИ МОГУТ СЪЕСТЬ СТОЛЬКО, ЧТО ИХ СОБСТВЕННАЯ МЕМБРАНА ПОЧТИ РАЗРЫВАЕТСЯ.

НАСКОЛЬКО Я ПОНИМАЮ, МЕРТВЫЕ ТЕЛА НЕЙТРОФИЛОВ И ОБРАЗУЮТ ТАК НАЗЫВАЕМЫЙ ГНОЙ.



ВТОРАЯ ФУНКЦИЯ - «УБИЙСТВО» - В ОСНОВНОМ ВЫПОЛНЯЕТСЯ Т-ЛИМФОЦИТАМИ.



ОНИ НАХОДЯТ ИНФИЦИРОВАННЫЕ КЛЕТКИ И УБИВАЮТ ИХ. ЭТО ДЛЯ ТОГО, ЧТОБЫ ИНФЕКЦИЯ НЕ РАСПРОСТРАНЯЛАСЬ ДАЛЬШЕ.



ТРЕТЬЯ ФУНКЦИЯ - ДЕЙСТВЕННЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УБИЙСТВА: ЭТО АНТИТЕЛА, КОТОРЫЕ ПРОДУЦИРУЮТСЯ В-ЛИМФОЦИТАМИ.



В-лимфоциты



Антитела

Болезнетворные организмы

ЭТИ АНТИТЕЛА, КОТОРЫЕ ВЫДЕЛЯЮТ В-ЛИМФОЦИТЫ, ОБЕЗВРЕЖИВАЮТ БОЛЕЗНЕТВОРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ (ПАТОГЕНЫ).

**РАЗ-  
ДВА-  
ТРИ**



ВСЕ ТРИ ФУНКЦИИ ИМЕЮТ СВОИ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ...

ЭТО ОЧЕНЬ УПРОЩЕННОЕ  
ОБЪЯСНЕНИЕ ТРЕХ  
ФУНКЦИЙ.

ОЧЕНЬ ВАЖНО  
УКРЕПИТЬ ПОНИМАНИЕ  
ОСНОВ И ИЗУЧАТЬ  
ВСЕ ПО ПОРЯДКУ.

① Съедают болезнетворные бактерии	Макрофаги Нейтрофилы	Врожденный иммунитет
② Убивают инфицированные клетки	Т-киллеры	Приобретенный иммунитет
③ Продуцируют антитела	В-лимфоциты	

ИТАК, ДАВАЙТЕ ПОПРОБУ-  
ЕМ РАЗДЕЛИТЬ ЭТИ ТРИ  
КАТЕГОРИИ НА ВРОЖДЕН-  
НЫЙ И ПРИОБРЕТЕННЫЙ  
ИММУНИТЕТ.

ФАГОЦИТЫ ОТ-  
НОСЯТСЯ К ВРОЖДЕН-  
НОМУ ИММУНИТЕТУ,  
ТОГДА КАК Т-ЛИМФОЦИТЫ  
И В-ЛИМФОЦИТЫ - К ПРИ-  
ОБРЕТЕННОМУ.

### Система разделения труда



Фагоциты



Т-киллеры



В-лимфоциты

Работают сразу

Требуются немного  
времени

ТО ЕСТЬ СИСТЕМА,  
КОТОРАЯ ПОЗВОЛЯЕТ  
СЪЕДАТЬ ИСТОЧНИК  
БОЛЕЗНИ, РАБОТАЕТ СРАЗУ  
ПОСЛЕ ЗАРАЖЕНИЯ, А НА  
ТО, ЧТОБЫ Т-ЛИМФОЦИТЫ  
И В-ЛИМФОЦИТЫ НАЧАЛИ  
РАБОТАТЬ, ТРЕБУЕТСЯ  
ВРЕМЯ.

НО ПОЧЕМУ ЭТО  
ТРЕБУЕТ ВРЕМЕНИ?

РАЗВЕ НЕЛЬЗЯ  
СДЕЛАТЬ ТАК, ЧТО-  
БЫ И Т-ЛИМФОЦИ-  
ТЫ, И В-ЛИМФОЦИТЫ  
СРАЗУ ЖЕ НАЧАЛИ  
РАБОТАТЬ ПРИ  
ПЕРВОМ ЗАРАЖЕ-  
НИИ?

ПОЧЕМУ НА ЭТО УХО-  
ДИТ ВРЕМЯ? ХОРОШИЙ  
ВОПРОС!

В ЭТОМ И ЕСТЬ  
СУТЬ ПРИОБРЕ-  
ТЕННОГО ИММУ-  
НИТЕТА.

ДАВАЙТЕ  
ДЕТАЛЬНО  
РАССМОТРИМ ЭТО  
НА СЛЕДУЮЩЕЙ  
ЛЕКЦИИ.

ХМ

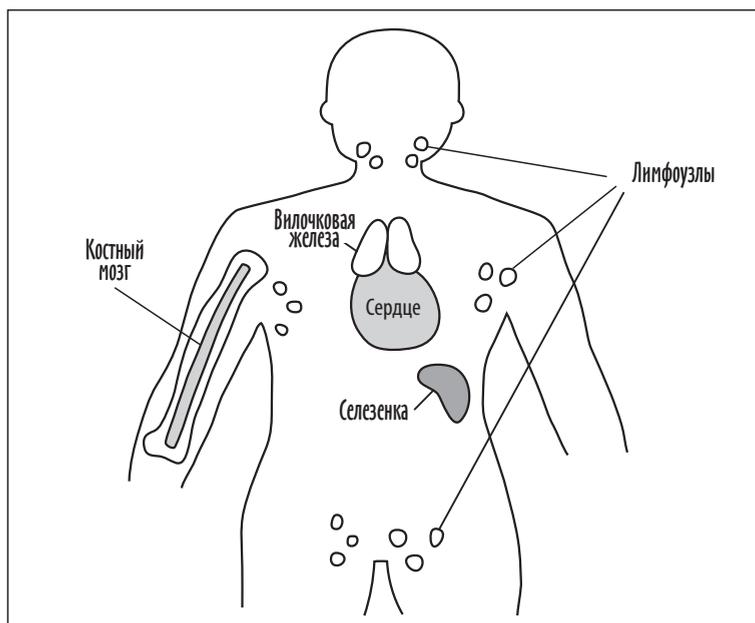


## ❖ Места, где создаются иммунные клетки; места, где они работают

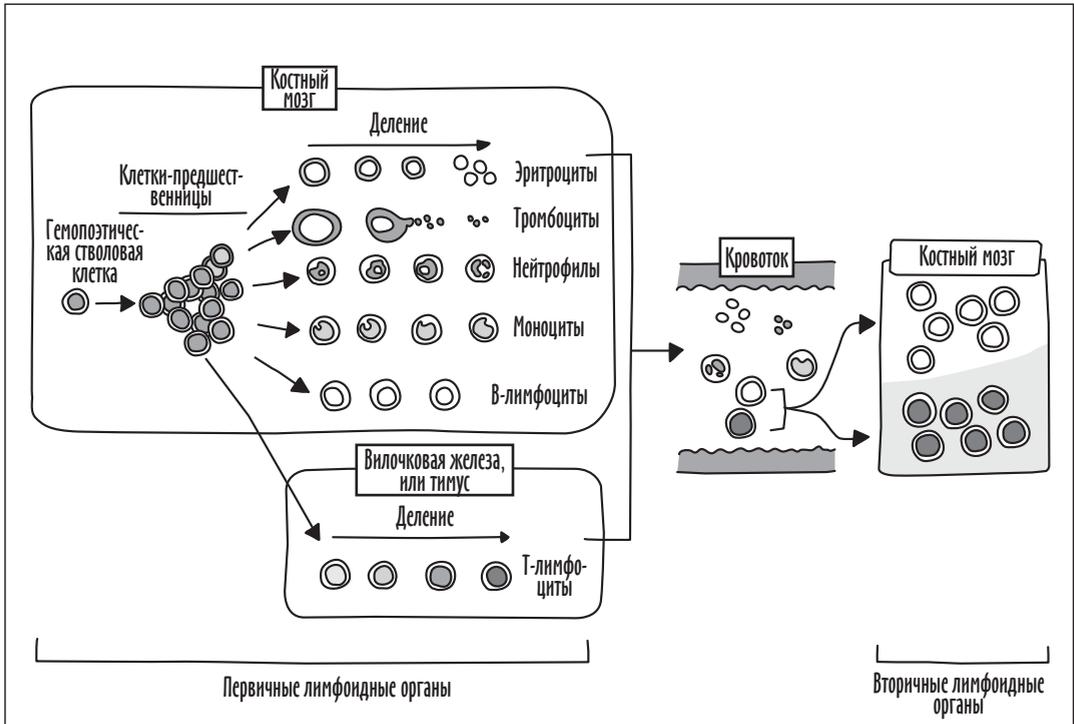
Органы, около которых наблюдается скопление иммунных клеток, – это костный мозг, вилочковая железа, лимфоузлы и селезенка. Костный мозг – это мозг, который располагается внутри костей, находящихся в организме. Вилочковая железа – это орган, который находится над сердечной мышцей, в период полового созревания он достигает веса 30–40 граммов, а затем уменьшается в весе. Лимфоузлы в большом количестве сконцентрированы в областях затылка, под мышками и в паховой области (рис. 1.1). Обычно они имеют размер рисового зернышка, но во время заражения вздуваются до размера соевого боба. Селезенка находится с левой стороны брюшной полости и по размерам чуть меньше сжатого кулака.

Теперь давайте рассмотрим, где образуются иммунные клетки. Как было уже рассказано в комиксе, иммунные клетки входят в состав клеток крови. А все кровяные клетки образуются из гемопоэтических стволовых клеток. Процесс, при котором образуются и клетки-предшественницы, не имеющие особых характерных отличий, и клетки, которые имеют яркие особенности, называется процессом деления (рис. 1.2).

Гемопоэтические стволовые клетки находятся в костном мозге, и в нем образуются все кровяные клетки, за исключением Т-лимфоцитов. Т-лимфоциты, в свою очередь, образуются в органе, который называется вилочковой железой, или тимусом. Можно утверждать, что вилочковая железа существует только лишь для того, чтобы производить Т-лимфоциты.



**Рис. 1.1.** Зоны, где наблюдается скопление иммунных клеток



**Рис. 1.2.** Место формирования иммунных клеток

В-лимфоциты и Т-лимфоциты проходят процесс созревания в костном мозге и вилочковой железе соответственно, после этого попадают в кровоток. Однако это вовсе не значит, что они в этом состоянии сразу же готовы выполнять функцию иммунных клеток. Они отшлифовывают свое мастерство в местах возникновения иммунной реакции и затем делятся на полезные клетки. Такие места возникновения реакции – это лимфоузлы и селезенка. В-лимфоциты и Т-лимфоциты встречаются в лимфоузлах и селезенке и там совместно создают иммунную реакцию.

Места, где лимфоциты впервые делятся (дифференцируются), такие как костный мозг и вилочковая железа, называют первичными лимфоидными органами.

А места, где они делятся дальше и начинается иммунная реакция, называются вторичными лимфоидными органами (рис. 1.2).

Наименование ткани	Часть тела
Первичные лимфоидные органы	Костный мозг Вилочковая железа
Вторичные лимфоидные органы	Лимфоузлы Селезенка