

26-3290

НА ДОМ ИЛИ РАБОТУ?



Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ



А.П. Топтыгина

T-КЛЕТКИ

26-03290

Белгород
2026

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

Биологический факультет

Кафедра иммунологии

А.П. ТОПТЫГИНА

T-КЛЕТКИ

Учебное пособие

**Белгород
2026**

УДК 577.27(075.8)
ББК 28.707.433я73
Т58

Рецензенты:

М.А. Лагарькова – д.б.н., чл.-корр. РАН, зав. кафедрой иммунологии биологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

Л.В. Ганковская – д.м.н., проф., профессор кафедры иммунологии Российского национального исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова.

Топтыгина, Анна Павловна

Т58

Т-клетки : учебное пособие / А. П. Топтыгина ; Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Биологический факультет, Кафедра иммунологии. – Белгород: КОНСТАНТА, 2026. – 136 с. : ил.

ISBN 978-5-907903-90-6

Цель учебного пособия: представить материалы, касающиеся одного из ключевых вопросов биологии и медицины – формирования и функций Т-лимфоцитов, их субпопуляций. Содержание учебного пособия соответствует учебной программе для магистров по спецкурсу «Иммуноморфология» по кафедре иммунологии и «Клеточная иммунология» по кафедре гистологии и клеточной биологии биологического факультета МГУ.

В учебном пособии систематизированы современные научные представления о роли тимуса в формировании Т-клеток, реаранжировке Т-клеточного рецептора, рассмотрены формирование и функции классических и неканонических Т-клеток, а также созревание Т-клеток на периферии, гомеостатические факторы выживания Т-клеток. В пособии описаны дифференцировка субпопуляций Т-клеток и типы иммунных ответов, в которые вовлечены эти субпопуляции. Детально описаны особенности формирования первичного и вторичного иммунного ответа, формирования и поддержания Т-клеточной иммунологической памяти. Особое место уделено субпопуляциям Т-регуляторов. Рассмотрены механизмы формирования гетерологичных иммунных ответов.

Данное учебное пособие разработано в соответствии с системой стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу.

Учебное пособие предназначено для студентов, магистров, курсантов, биологов и врачей разных специальностей, изучающих иммунологию.

Ключевые слова: Т-лимфоциты; хелперы; цитотоксические лимфоциты; Th1; Th2; Th17; Tfh; Т-регуляторные клетки; Т-клетки памяти; реаранжировка Т-клеточного рецептора; дендритные клетки; интерлейкины; хемокины; типы иммунного ответа; гетерологичные иммунные ответы.

УДК 577.27(075.8)
ББК 28.707.433я73

ISBN 978-5-907903-90-6

© МГУ им. М.В.Ломоносова, 2026
© Топтыгина А.П., 2026
© КОНСТАНТА, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ | 6 |
| ВВЕДЕНИЕ | 10 |
| Раздел 1. РАЗВИТИЕ Т-КЛЕТОК | 11 |
| Глава 1.1. ТИМУС | 11 |
| Параграф 1.1.1. Строение тимуса | 11 |
| Параграф 1.1.2. Развитие тимоцитов во внутриутробном периоде | 13 |
| Глава 1.2. ФОРМИРОВАНИЕ Т-КЛЕТОК | 14 |
| Параграф 1.2.1. Вхождение предшественника тимоцитов в тимус | 14 |
| Параграф 1.2.2. Раннее развитие тимоцита в тимусе | 15 |
| Параграф 1.2.3. Перестройка TCR | 17 |
| Параграф 1.2.4. Положительная селекция | 21 |
| Параграф 1.2.5. Отрицательная селекция | 23 |
| Параграф 1.2.6. Дифференцировка CD4 ⁺ или CD8 ⁺ тимоцитов | 25 |
| Параграф 1.2.7. Формирование регуляторных клеток | 28 |
| Параграф 1.2.8. Формирование неканонических Т-клеток | 30 |
| Глава 1.3. ГУМОРАЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ТИМУСА | 37 |
| Контрольные вопросы | 41 |
| Раздел 2. Т-КЛЕТКИ В ПЕРИФЕРИЧЕСКОМ ОТДЕЛЕ | |
| ИММУННОЙ СИСТЕМЫ | 42 |
| Глава 2.1. ПОПУЛЯЦИИ Т-КЛЕТОК НА ПЕРИФЕРИИ | 42 |
| Параграф 2.1.1. Ниши Т-клеток | 42 |
| Параграф 2.1.2. Недавние мигранты из тимуса | 43 |
| Глава 2.2. ГОМЕОСТАЗ НАИВНЫХ КЛЕТОК | 45 |

| | |
|---|-----------|
| Глава 2.3. РЕТИКУЛЯРНЫЕ ФИБРОБЛАСТЫ ВТОРИЧНЫХ ЛИМФОИДНЫХ ОРГАНОВ | 49 |
| Параграф 2.3.1. Разнообразие ретикулярных фибробластов в лимфоидных органах | 49 |
| Параграф 2.3.2. Система кондуитов и ее функциональная роль | 50 |
| Глава 2.4. ТКАНЕВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СУБПОПУЛЯЦИЙ Т-КЛЕТОК .. | 53 |
| Параграф 2.4.1. Роль innate-like cells в поддержании гомеостаза | 53 |
| Параграф 2.4.2. Основные компартменты периферических Т-лимфоцитов | 57 |
| Глава 2.5. Т-КЛЕТКИ ПАМЯТИ | 59 |
| Параграф 2.5.1. Субпопуляции и поверхностные маркеры Т-клеток памяти | 59 |
| Параграф 2.5.2. Численные характеристики Т-клеток памяти | 61 |
| Параграф 2.5.3. Преимущества Т-клеток памяти перед наивными клетками | 64 |
| Глава 2.6. ГОМЕОСТАТИЧЕСКАЯ ПРОЛИФЕРАЦИЯ | 67 |
| Контрольные вопросы | 71 |
| Раздел 3. ИММУННЫЙ ОТВЕТ. | |
| РОЛЬ МЕЖКЛЕТОЧНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ | 72 |
| Глава 3.1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВРОЖДЕННОГО И АДАПТИВНОГО ИММУНИТЕТА | 72 |
| Параграф 3.1.1. Роль врожденного иммунитета | 72 |
| Параграф 3.1.2. Дендритные клетки | 75 |
| Глава 3.2. ИНДУКЦИЯ ИММУННОГО ОТВЕТА | 78 |
| Параграф 3.2.1. Доставка и процессирование антигена | 78 |
| Параграф 3.2.2. Презентация антигена | 80 |
| Глава 3.3. ИММУНОЛОГИЧЕСКИЙ СИНАПС | 85 |
| Параграф 3.3.1. Супрамолекулярный кластер | 85 |
| Параграф 3.3.2. Микрокластер | 86 |

| | |
|---|----|
| Параграф 3.3.3. Нанокластер..... | 88 |
| Параграф 3.3.4. Концентрический синапс..... | 89 |
| Параграф 3.3.5. Пролиферация активированных Т-лимфоцитов..... | 91 |
| Контрольные вопросы..... | 92 |

Раздел 4. ДИФФЕРЕНЦИРОВКА Т-ХЕЛПЕРОВ.

| | |
|------------------------------------|-----------|
| ВИДЫ ИММУННОГО ОТВЕТА | 93 |
|------------------------------------|-----------|

Глава 4.1. СУБПОПУЛЯЦИИ Т-ХЕЛПЕРОВ

| | |
|--|-----|
| Параграф 4.1.1. Основные свойства субпопуляций хелперов | 93 |
| Параграф 4.1.2. Выбор направления дифференцировки хелперов | 98 |
| Параграф 4.1.3. Субпопуляции Т-клеток определяют тип иммунного ответа | 102 |

Глава 4.2. РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ИММУННЫХ ОТВЕТОВ

| | |
|---|-----|
| Параграф 4.2.1. Цитотоксический иммунный ответ..... | 104 |
| Параграф 4.2.2. Клеточный иммунный ответ воспалительного типа.... | 106 |
| Параграф 4.2.3. Гуморальный иммунный ответ..... | 108 |
| Параграф 4.2.4. Противопаразитарный ответ..... | 111 |
| Параграф 4.2.5. Th17 тип иммунного ответа | 113 |
| Параграф 4.2.6. Эффекты Т-регуляторных клеток..... | 117 |
| Параграф 4.2.7. Гибкость и пластичность Т-хелперов..... | 124 |
| Контрольные вопросы..... | 126 |

| | |
|------------------------|------------|
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 127 |
|------------------------|------------|

| | |
|------------------------|------------|
| ГЛОССАРИЙ | 128 |
|------------------------|------------|

| | |
|--------------------------------|------------|
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 135 |
|--------------------------------|------------|