

ПРЕДИСЛОВИЕ

В первые годы Пелопоннесской войны, которая по своим масштабам была для древнегреческой цивилизации таким же огромным социальным потрясением, как Первая мировая война в Европе в начале XX века, в Афинах начался мор. Болезнь настигла и афинского историка и стратега Фукидида. Он описал весь ее ужас, отметив, что «всякое человеческое искусство было бессильно против болезни; сколько люди ни молились в храмах, сколько ни обращались к оракулам и тому подобным средствам, все было бесполезно; наконец, одолеваемые бедствием люди оставили и это». Но автор добавил, что «больше сострадания к умирающим и больным обнаруживали оправившиеся от болезни, потому что они сами испытали ее раньше и были уже в безопасности: вторично болезнь, по крайней мере со смертельным исходом, не постигала никого». Текст Фукидида, написанный к концу V века до нашей эры, можно рассматривать как предтечу того, что принято называть «иммунологией». Наблюдения афинского историка были удивительно точными. Но почему человечеству понадобилось около 2300 лет, чтобы понять механизмы, скрывающиеся в подобных болезнях и индукции сопротивления у некоторых людей? И это тем более удивительно, что страшные эпидемии сменяли друг друга на протяжении двух тысячелетий: например, Антонинова чума, опустошившая Рим в III веке нашей эры, и особенно Юстинианова чума, свирепствовавшая в VI–VIII веках и, по всей вероятности, унесшая жизни половины населения Римской империи. Затем, начиная с середины XIV века, им на смену пришла страшная черная смерть (Black Death), повторные вспышки которой продолжались в течение двух-трех веков. Некоторые историки полагают, что она чуть было не привела к гибели Homo sapiens на всей нашей планете.

Наряду с этими одновременно впечатляющими и драматическими событиями нашим предкам пришлось столкнуться с рядом инфекционных болезней, значительно сокращавших продолжительность жизни — в среднем до 25 лет. Такая ситуация оставалась без существенных изменений с античных времен до середины XIX века. Потом произошла настоящая революция, которая менее чем за треть века увеличила продолжительность жизни почти втрое: в среднем люди стали жить около 75 лет. В то же время эта революция резко остановила эпидемии, а в некоторых случаях даже полностью исключила их. Многим читателям нашей книги хорошо известно, что эта революция стала возможной благодаря выдающимся научным достижениям в области микробиологии и иммунологии, которые, в свою очередь, были обусловлены новым экспериментальным подходом в биологии и медицине. Нет никаких сомнений в том, что свою роль в этом научном прорыве сыграли и продолжают играть открытия в физике и химии: они предшествовали им и во многих случаях послужили основой для дальнейшего развития иммунологии.

Итак, сейчас продолжительность жизни в три раза превышает наших предков эпохи Древнего мира или времени Наполеона. В большинстве регионов мира дети больше не болеют инфекционными заболеваниями. Тем не менее человечество все еще сталкивается с серьезными медицинскими проблемами, с которыми борются ученые и клиницисты, занимающиеся биомедициной. Новые микроорганизмы продолжают расширять территорию своего первоначального обитания и переходят от обезьян, летучих мышей или перелетных птиц к человеку. И таких примеров много. Можно на полном основании полагать, что концептуальные и методологические подходы, позволившие сократить для человечества бремя инфекционных заболеваний недавнего прошлого, в конечном счете позволят победить и этих новых агрессоров. Но все далеко не так просто: самая крупная победа медицины, заключающаяся в увеличении продолжительности жизни, опосредованно привела к тому, что на протяжении нескольких десятилетий миллионы людей, которые раньше редко доживали до почтенного возраста, подвержены таким, как правило неинфекционным, заболеваниям, как рак, нейродегенеративные расстройства, нарушения метаболизма или болезни сердечно-сосудистой системы. Нужно уточнить, что здесь речь идет скорее не о новых патологиях, а о тех заболеваниях, на которые меньше обращали внимания в тех условиях, когда общая смертность была обусловлена прежде всего инфекциями.

Между тем недавно достигнутые многообещающие успехи в этих областях дают основания испытывать разумный оптимизм. Приведу один пример: в те времена, когда я учился в университете, методы лечения рака ограничивались хирургией (со времен Античности), радиотерапией (с начала XX века) и химиотерапией (еще более современный метод). Об иммунотерапии никогда не говорили и предполагали, что раковые клетки не идентифицировались иммунной системой. Сегодня мы знаем, что в большинстве случаев это не так. На самом деле впечатляющие успехи были достигнуты в последние годы благодаря методу так называемой противораковой иммунотерапии. Тем, кто усомнился бы в значимости этих результатов под предлогом, что на настоящий момент они эффективны только для некоторых видов рака и даже в этом случае только для отдельных пациентов, я ответил бы, что для искоренения основных инфекций человечеству понадобилось более 2300 лет после первых наблюдений

Фукидида. Я убежден в том, что благодаря накопленным за последние годы знаниям и с помощью методов молекулярной генетики будет достаточно нескольких десятилетий, чтобы добиться существенного прорыва в лечении онкологических заболеваний. Более того, недавние результаты исследований говорят о том, что нейродегенеративные заболевания также отчасти обусловлены состоянием иммунной системы. Эти наблюдения в конечном счете могли бы привести к выявлению новых терапевтических целей.

Книга, которую вы держите сейчас в руках, очень полезна и своевременна. Иммунология — это наука, совершившая за последнее столетие огромный скачок. Я верю в то, что такие же решающие успехи станут возможными и в ближайшие годы, особенно на стыке иммунологии, микробиологии и медицины.

Я рекомендую молодым (и менее молодым) людям внимательно прочитать эту книгу и помнить о необходимости объяснять простым (но не примитивным) языком своим близким и многочисленным друзьям впечатляющие достижения нашей дисциплины, пытаясь увлечь их этой областью знаний. И прежде всего дать им понять, что одна только вакцинация позволила спасти около полутора миллиардов человеческих жизней. Но нам все еще не хватает многих вакцин, которые требуют серьезного изучения. Наконец, я рекомендую читателям объяснять нашим согражданам, почему для эффективной вакцинации необходимы адъюванты¹, особенно у маленьких детей и пожилых людей. Ответы, которые вы, дорогие читатели, наверняка знаете, также находятся в этой книге, которая является настоящим сокровищем.

Мне хотелось бы, чтобы «Атлас иммунологии» стал настоящим бестселлером и оказал реальное влияние на наше общество, чтобы оно поверило в нашу дисциплину, которая заслуживает этого по праву.

*Французский иммунолог и лауреат Нобелевской премии
по физиологии и медицине, иностранный член Российской академии наук
Жюль Офман*

¹ Адъювант — комплекс веществ, используемый для усиления иммунного ответа при введении одновременно с иммуногеном.

Содержание

Предисловие	5	
Введение	11	
Список аббревиатур	12	
1. Иммунология: концепты в постоянной эволюции		
Карточка 1	Представление об иммунитете в мире живой природы	19
Карточка 2	Вакцинация и возникновение представления об иммунитете	21
Карточка 3	Гуморальный иммунитет	23
Карточка 4	Клеточный иммунитет	25
Карточка 5	Врожденный иммунитет — адаптивный иммунитет: два способа распознавания и уничтожения патогенов	27
Карточка 6	Молекулярные сигналы, распознанные адаптивным иммунитетом: понятия об антигенах и иммуногенах	29
Карточка 7	Презентация антигена — на границе между врожденным и адаптивным иммунитетом	31
2. Иммунная система и борьба с инфекционными патологиями		
Карточка 8	Инфекционные заболевания на протяжении эволюции человечества	35
Карточка 9	Микробиота и иммунная система	37
Ответы на внеклеточные зубактерии		
Карточка 10	Патогенность внеклеточных бактерий	39
Карточка 11	Обнаружение внеклеточных бактерий врожденным иммунитетом	41
Карточка 12	Эффекторные механизмы борьбы с внеклеточными бактериями	43
Ответы на внутриклеточные зубактерии		
Карточка 13	Патогенность внутриклеточных бактерий	45
Карточка 14	Распознавание внутриклеточных бактерий врожденным иммунитетом	47
Карточка 15	Эффекторные механизмы, задействованные для борьбы с внутриклеточными бактериями	49
Противовирусные ответы		
Карточка 16	Патогенность вирусов	51
Карточка 17	Распознавание вирусов врожденным иммунитетом	53
Карточка 18	Эффекторные механизмы противовирусного иммунитета	55
Противогрибковый ответ		
Карточка 19	Патогенность грибов	57

Карточка 20	Распознавание грибов	59
Карточка 21	Противогрибковый иммунный ответ	61

Ответ на крупных внеклеточных паразитов

Карточка 22	Гельминтозы	63
Карточка 23	Иммунный ответ при гельминтозах	65

Иммунные ответы на одноклеточные эукариоты

Карточка 24	Патогенность одноклеточных эукариотов	67
Карточка 25	Разнообразие иммунных ответов на одноклеточные эукариоты	69

3. Индукция эффекторных механизмов

Врожденный иммунитет

Распознавание опасности врожденным иммунитетом

Карточка 26	Врожденный иммунитет беспозвоночных	73
Карточка 27	МАМР и DAMP	75
Карточка 28	Рецепторы опознавания паттерна (PRRs) — рецепторы врожденного иммунитета	77

Клетки врожденного иммунитета

Карточка 29	Моноциты и макрофаги	79
Карточка 30	Гранулоциты и мастоциты	81
Карточка 31	Лимфоциты врожденного иммунитета	83

Эффекторные механизмы врожденного иммунитета

Карточка 32	Острая воспалительная реакция	85
Карточка 33	Система комплемента	87
Карточка 34	Фагоцитоз	89
Карточка 35	Воспалительная активность гранулоцитов	91

Индукция адаптивного иммунного ответа врожденным иммунитетом

Карточка 36	Дендритные клетки	93
Карточка 37	Созревание дендритных клеток	95
Карточка 38	Способы переработки антигена (процессинг)	97
Карточка 39	Гены главного комплекса гистосовместимости	99

Адаптивный иммунитет

Карточка 40	Адаптивный иммунитет у бесчелюстных	101
-------------	---	-----

Развитие клеток адаптивного иммунитета

Карточка 41	В-лимфоциты и Т-лимфоциты: идентичная морфология, но различные рецепторы	103
Карточка 42	Приобретение Т-клеточных и В-клеточных рецепторов (TCR и BCR) путем VDJ-рекомбинации	105
Карточка 43	Развитие функционально зрелых и неаутореактивных лимфоцитов	107

Специфика распознавания приобретенного иммунитета

Карточка 44	Активация Т-лимфоцитов CD4 ⁺ : важнейший этап, нуждающийся в поддержке врожденного иммунитета	109
Карточка 45	Поляризация ответа Т CD4 ⁺	111

Индукция эффекторных механизмов адаптивного иммунитета

Карточка 46	Поддержка эффекторных механизмов врожденного иммунитета	113
Карточка 47	Индукция цитотоксического клеточного иммунного ответа: активация Т- лимфоцитов CD8 ⁺	115
Карточка 48	Индукция гуморального иммунного ответа: активация В-лимфоцитов	117
Карточка 49	Дифференцировка В-лимфоцитов в герминативных центрах	119
Карточка 50	Эффекторные механизмы антител	121
Карточка 51	Клеточная память лимфоцитов	123
Карточка 52	Регуляторные Т-лимфоциты	125

4. Патологии иммунной системы

Иммунодефициты

Карточка 53	Первичные иммунодефициты	129
Карточка 54	Вторичные (приобретенные) иммунодефициты	131

Гиперчувствительность против «не своих» молекул или аллергии

Карточка 55	Гиперчувствительность, обусловленная иммуноглобулинами Е (IgE)	133
Карточка 56	Гиперчувствительность, обусловленная иммуноглобулинами G (IgG)	135
Карточка 57	Гиперчувствительность, обусловленная Т-лимфоцитами	137
Карточка 58	Генетические и экологические факторы развития аллергии	139

Аутоиммунность и аутовоспаление

Карточка 59	Толерантность Т-клеток	141
Карточка 60	Толерантность В-клеток	143
Карточка 61	Аутоиммунные заболевания	145
Карточка 62	Генетические факторы аутоиммунных заболеваний	147
Карточка 63	Окружающие факторы и аутоиммунные заболевания	149
Карточка 64	Эффекторные механизмы аутоиммунных заболеваний	151
Карточка 65	Аутовоспалительные заболевания	153

Аутоиммунность и аутовоспаление

Карточка 66	Иммунологический надзор опухолей	155
Карточка 67	Ускользание опухолей от иммунологического надзора	157

5. Контроль иммунной системы и иммунотерапия

Терапия, направленная на иммунную систему

Карточка 68	Противовоспалительное лечение	161
Карточка 69	Иммуносупрессивная терапия	163
Карточка 70	Терапия моноклональными телами	165

Трансплантация

Карточка 71	Механизмы трансплантационного иммунитета	167
Карточка 72	Трансплантация гемопоэтических стволовых клеток и связанная с ней генная терапия	169
Карточка 73	Болезнь «трансплантат против хозяина»	171

Вакцинация

Карточка 74	Принцип вакцинации	173
Карточка 75	Состав вакцин	175
Карточка 76	Вакцины и общественное здравоохранение	177
Карточка 77	Иммунная терапия опухолей	179
Карточка 78	Будущее иммунологии	181

Библиография	183
---------------------------	-----

Алфавитный указатель	185
-----------------------------------	-----

Копирайты	189
------------------------	-----

Введение

За последние 50 лет основные концепции иммунологии претерпели значительную эволюцию: от иммунологии, основанной в основном на дискриминации «свое» и «не свое», до распознавания опасности, инициируемой клетками врожденного иммунитета и позволяющей активировать адаптивный иммунитет ко множеству антигенов. Эта новая парадигма заставила иммунологов пересмотреть свой взгляд на иммунный ответ на инфекции и опухоли, а также изучить механизмы различных заболеваний в свете этих новых концепций. Также были предложены новые формы иммунотерапии.

Основываясь на исторических аргументах, эта книга представляет в богато иллюстрированной манере фундаментальные механизмы иммунной системы, как они понимаются в настоящее время. Исторические аргументы позволяют представить концепты в постоянном развитии. Освещаются основные понятия о врожденном и адаптивном иммунитете, а также то, как врожденный иммунитет инициирует адаптивный иммунитет.

Регуляторные и эффекторные механизмы иммунной системы, участвующие в борьбе с инфекционными заболеваниями, изложены в зависимости от возбудителей этих патологий — бактерий, вирусов, грибов, гельминтов, одноклеточных эукариотов.

Подробным образом, с учетом новейших научных данных, представлены клеточные и молекулярные аспекты.

Также описаны патологии иммунной системы, как и основные терапевтические подходы. Наконец, изложены современные стратегии иммунотерапии.

Эта книга позволит студентам естественнонаучных факультетов университетов, медицинских и фармацевтических вузов обновить свои знания о новых концепциях иммунологии.

Список аббревиатур

А

ADA: Аденозиндезаминаза (АДА)

ADCC: Антителозависимая клеточная цитотоксичность (АЗКЦ)

ADCP: Антителозависимый клеточный фагоцитоз (АЗКФ)

AID: Деаминаза, индуцируемая активацией

AIRE: Аутоиммунный регулятор

APOBEC (APOlipoprotein B mRNA Editing enzyme): Белок противовирусной защиты

ATG: Антитимоцитарный глобулин (АТГ)

В

BCR (B-cell receptor): В-клеточный рецептор

BLNC (B Cell Linker Protein): Линкерный белок В-клеток

BTK (Bruton Tyrosine Kinase): Тирозинкиназа Брутона

С

CAPS (Cryopyrin-Associated Periodic Syndrome): Криопирин-ассоциированный периодический синдром

CAR (Chimeric Antigen Receptor): Химерный рецептор антигена

cDC (Conventional Dendritic cell): Конвенциональная (миелоидная) дендритная клетка

CDC (Complement-Dependent Cytotoxicity): Комплементзависимая цитотоксичность (КЗЦ)

CDS (Cytosolic DNA Sensors): Цитозольные ДНК-сенсоры

cGAS (Cyclic GMP-AMP): Циклический гуанозин монофосфат-аденозинмонофосфат

CLP (Common Lymphoid Progenitor): Общий лимфоидный предшественник

CLR (C-type Lectin Receptor): Лектиновый рецептор С-типа

CMV (Cytomegalovirus): Цитомегаловирус

cNK (Conventional Natural Killer): Конвенциональные естественные киллеры

COX: Циклооксигеназы

CR (Complement receptor): Рецептор комплемента

CR1g (Complement Receptor of the Immunoglobulin superfamily): Рецептор комплемента суперсемейства иммуноглобулинов

CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats): Короткие палиндромные повторы, регулярно расположенные группами

CRP (C-Reactive Protein): С-реактивный белок

CTL (Cytotoxic T lymphocyte): Цитотоксические Т-лимфоциты (Т-киллеры)

CTLA-4 (Cytotoxic T-lymphocyte-Associated protein 4): Гликопротеин цитотоксических Т-лимфоцитов 4

CVID (Common variable immunodeficiency): Общий переменный иммунодефицит (ОВИ)

Д

DAF (Decay Accelerating Factor): Фактор ускорения распада комплемента

DAMP (Damage Associated Molecular Pattern): Молекулярный фрагмент, ассоциированный с повреждениями

DC (Dendritic cell): Дендритная клетка

DC-SIGN (Dendritic Cell-Specific Intercellular adhesion molecule-3-Grabbing Non-integrin): Молекулы межклеточной адгезии дендритных клеток 3-захватывающего неинтегрин (мембранный белок, С-лектиновый рецептор, продукт гена CD209)

DIRA (Disease Deficiency of the IL-1Ra): Дефицит антагониста рецептора ИЛ-1РА (DIRA-синдром)

DNFB: 1-фтор-2,4-динитробензол (реактив Сенгера или динитрофторбензол)

Dscam (Down syndrome cell adhesion molecule): Молекула клеточной адгезии синдрома Дауна

Е

EBV (Epstein-Barr Virus): Вирус Эпштейна — Барр (вирус герпеса человека 4-го типа)

EEA1 (Early Endosomal antigen 1): Внутриклеточный белок, антиген ранних эндосом

ETI (Effector Triggered Immunity): Эффекторный иммунитет или иммунитет, стимулируемый эффекторными белками

F

FcR (Fc receptor): Fc-рецептор

FcεRI (High-affinity IgE Fc receptor): Высокоаффинный Fc-рецептор иммуноглобулина IgE

FcγR: Высокоаффинный Fc-рецептор иммуноглобулинов гамма

fMLP (N-formyl-Menthionyl-Leucyl-Phenylalanine): N-формилметионил-лейцил-фенилаланин

FREP (Fibrinogen-Related Proteins): Фибриноген-подобные белки

G

GC: Глюкокортикоиды

GPI (Glycosyl-Phosphatidyl-Inositol): Гликозилфосфатидилинозитол (ГФИ)

GR (Glucocorticoid Receptor): Глюкокортикоидный рецептор

GRE (Glucocorticoid Responsive Element): Глюкокортикоид-отвечающий элемент

GVHD (Graft Versus Host Disease): Острое заболевание «трансплантат против хозяина»

GWAS (Genome Wide Association Studies): Полногеномный поиск ассоциаций

H

HBV (Hepatitis B Virus): Вирус гепатита В

HCV (Hepatitis C Virus): Вирус гепатита С

HEV (High Endothelium Veinule): Венола высокого эндотелия

HIV (Human Immunodeficiency Virus): Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)

HLA (Human Leucocyte Antigen): Человеческий лейкоцитарный антиген

HMGB1 (High-Mobility Group Box 1): Амфотерин (белок из группы ядерных негистоновых белков)

Hrs (Hepatocyte growth factor-regulated tyrosine kinase substrate): Субстрат тирозинкиназы, регулируемый фактором роста гепатоцитов

HS (ГЧ): Гиперчувствительность

HSP (Heat Shock Protein): Белки теплового шока

HSV (Herpes Simplex Virus): Вирус простого герпеса (ВПГ)

I

IBD (Inflammatory Bowel Disease): Воспалительное заболевание кишечника (ВЗК)

ICAM (Inter-Cellular Adhesion Molecule): Молекула клеточной адгезии, присутствующая в низкой концентрации на мембранах лейкоцитов и эндотелиальных клеток

IEL (Intra-Epithelial Lymphocyte): Внутриэпителиальный лимфоцит

IFITM (Interferon-Induced TransMembrane protein): Мембранный белок из семейства интерферон-индуцируемых мембранных белков

IFN: Интерферон

IL: Интерлейкин (ИЛ)

ILC (Innate Lymphoid Cell): Врожденные лимфоидные клетки

Ig: Иммуноглобулин

IgSF (Immunoglobulin SuperFamily): Суперсемейство иммуноглобулинов

IMD (Immune Deficiency): Иммунодефицит

IPEX (Immunodysregulation Polyendocrinopathy Enteropathy X-linked syndrome): X-сцепленный синдром иммунной дисрегуляции, полиэндокринопатии и энтеропатии (IPEX-синдром)

IRF (Interferon Regulatory Factor): Регуляторные факторы интерферона

ISG (Interferon-stimulated genes): Гены, стимулированные интерфероном

ITAM (Immunoreceptor Tyrosine-based Activation Motif): Иммунорецепторный тирозиновый активирующий мотив

J

JAK (Janus Kinase): Янус-киназа

K

KSHV (Kaposi Sarcoma HerpesVirus): Герпесвирус, ассоциированный с саркомой Капоши

L

LB: В-лимфоциты костного мозга (Bone Marrow)

LC (Langerhans cell): Клетки Лангерганса (внутриэпидермальные макрофаги)

LLO (Listeriolysine): Листерииолизин

LPS (LipoPolySaccharide): Липополисахарид (ЛПС)

LRR (Leucine-Rich Repeats): Богатый лейцином повтор

LT: Т-лимфоциты или Т-клетки (от лат. *thymus*, «тимус»)

LTh (или Th): (T helper) Т-хелперы (Т-лимфоциты, главная функция которых — усиление адаптивного иммунного ответа)

LTfh (или Tfh): Фолликулярные Т-хелперы

М

MAMP (Microbe-Associated Molecular Patterns): Молекулярные паттерны, ассоциированные с микробами

MBL (Mannose-Binding Lectin): Лектин, связывающий маннозу

MBP (Mannose-Binding Protein): Манноза-связывающий белок

MCP (Membrane Cofactor Protein): Мембранный кофакторный белок

MDSC (Myeloid Derived Suppressive Cell): Клетки-супрессоры миелоидного происхождения

Mincle (Macrophage inducible Ca²⁺-dependent lectin receptor): Са-зависимый¹ рецептор лектина, индуцируемый макрофагами

MIIC (MHC class II compartment): Компартмент молекулы МНС II

MPLA (Mono Phosphoryl Lipide A): Монофосфорил-липид А

MxA: Миксовирус-резистентный белок А

Н

NADPH oxidase: НАДФН-оксидаза, или NADPH-оксидаза (клеточный мембрано-связанный мультимолекулярный ферментный комплекс)

NCR (Natural Cytotoxicity Receptor): Рецептор естественной цитотоксичности

NET (Neutrophil Extracellular Trap): Нетоз

NF-κB (Nuklear Factor-kappa B): Транскрипционный фактор NF-κB, или ядерный фактор «каппа-би»

NK (Natural killer): Естественный киллер

NKR (NK receptor): NK-рецептор

NKT: NKT-лимфоциты

NLR (Nod-like receptor): Nod-подобный рецептор

NO (Nitric oxide): Оксид азота

NOD (Non-Obese Diabetic): Диабет без ожирения

NOD1 (Nucleotide-binding oligomerization domain-containing protein 1): Белок, содержащий нуклеотид-связывающий домен олигомеризации

О

OMV (Outer Membrane Vesicles): Везикулы наружной мембраны

Р

PAF (Platelet-Activating Factor): Фактор активации тромбоцитов (ФАТ)

PAMP (Pathogen-Associated Molecular Patterns): Связанные с патогенами молекулярные структуры

PAR (Protease-Activated Receptor): Рецептор, активируемый протеазами

PD-1 (Programmed cell Death protein 1): Мембранный белок надсемейства иммуноглобулинов

pDC (Plasmacytoid Dendritic cell): Плазмоцитоидная дендритная клетка

PG Простагландины

PIAN (Treponema pallidum): Инфицирование бледной трепонемой

PKR: РНК-активированная протеинкиназа, также известная как протеинкиназа R

PLC (Phospholipase C): Фосфолипаза C

PLG Простагландин

PNP: Пуриновая нуклеозидфосфорилаза

PRR (Pattern Recognition Receptor): Рецептор опознавания паттерна, или образ-распознающий рецептор

PTI (Pattern-Triggered Immunity): Паттерн-активируемый иммунитет

Р

RAG (Recombination Activating Gene): Ген, активирующий рекомбинацию

REG: Гранулярный (шероховатый) эндоплазматический ретикулум

¹ Са от Calcium.

RIG-I (Retinoic acid-Inducible Gene I): Рецептор группы RIG-I-подобных рецепторов, фермент хеликаза

RLH (RIG-I-Like Helicase): RIG-I-подобные хеликазы

RLR (RIG-I/RIG -I-Like Receptor): RIG-I-подобный рецептор

RNase: Рибонуклеазы (РНказы)

ROS (Reactive Oxygen Species): Активные формы кислорода (АФК)

S

SCID (Severe Combined ImmunoDeficiencies): Тяжелый комбинированный иммунодефицит

SIV (Simian Immunodeficiency virus): Вирус иммунодефицита обезьян

SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms): Однонуклеотидный полиморфизм (ОНП)

SR (Scavenger Receptor): Сканвенджер-рецептор

SS: Бактериальные системы секреций

STAT (Signal transducer and Activator of Transcription): Сигнальный белок и активатор транскрипции

T

TAA (Tumor Associated Antigen): Опухолеассоциированный антиген (ОАА)

TAM (Tumor Associated Macrophage): Опухолеассоциированный макрофаг (ОАМ)

TAP (Transporter Associated with antigen Processing): Транспортер, связанный с процессингом антигена (ОАМ)

Tcm: Т-лимфоциты центральной памяти

TCR (T Cell Receptor): Т-клеточный рецептор

Tem: Т-лимфоциты эффекторной памяти

TGF- β (Transforming Growth Factor β): Трансформирующий фактор роста бета

Th (или LTh): Вспомогательные лимфоциты Т-хелперы

Tfh (или LTfh): Фолликулярные лимфоциты Т-хелперы

TNF (Tumor Necrosis Factor): Фактор некроза опухоли (ФНО), или тумор-некротический фактор (ТНФ)

TLR (Toll-Like Receptor): Толл-подобный рецептор

Treg: Регуляторные Т-лимфоциты

TRIM (TRIPartite Motif-containing protein): Трехсторонний мотив-содержащий белок

Trm: Резидентные Т-лимфоциты памяти

TSH (Thyroid Stimulating Hormone): Тиреотропный гормон, или ТТГ, тиреотропин

TSLP (Thymic Stromal LymphoPoietin): Тимусный стромальный лимфопоэтин

TSST-1: Токсин-1 синдрома токсического шока

TX: Тромбоксан

V

VIN: Вирус иммунодефицита человека (ВИЧ)

VLR (Variable Lymphocyte Receptor): Вариабельный рецептор лимфоцитов

VSV: Вирус везикулярного стоматита (ВВС)

A

АПК: Антигенпрезентирующая клетка

АТ: Антитела

Г

ГКГС: Главный комплекс гистосовместимости

ГСК: Гемопозитические стволовые клетки (гемоцитобласты)

Д

ДНК: Дезоксирибонуклеиновая кислота

Н

НПВП: Нестероидные противовоспалительные препараты

П

ПИД: Первичные иммунодефициты

Р

РНК: Рибонуклеиновая кислота

С

СДВС: Синдром внезапной детской смерти

Ф

ФДК (FDC — Follicular Dendritic cell): Фолликулярная дендритная клетка