



Хендрик Штрик

ИММУНОГИД

Все, что вас
волнует
в иммунной
системе

от профессора-
вирусолога

Перевод
Марины
Клюшиной

МИО

МИФ Здоровый образ жизни

Хендрик Штрик

**Иммуногид. Все, что вас
волнует в иммунной системе, –
от профессора-вирусолога**

«Манн, Иванов и Фербер (МИФ)»

2021

УДК 612.017.1

ББК 52.7

Штрик Х.

Иммуногид. Все, что вас волнует в иммунной системе, – от профессора-вирусолога / Х. Штрик — «Манн, Иванов и Фербер (МИФ)», 2021 — (МИФ Здоровый образ жизни)

ISBN 978-5-00214-332-0

Хендрик Штрик, признанный специалист в области иммунологии, понятно и с юмором рассказывает об иммунитете – одной из самых загадочных частей нашего организма. Где находится наша иммунная система? Почему она иногда реагирует слишком остро и как сохранить ее в целостности и сохранности? Что это за штуки, называемые антителами, и в чем же все-таки разница между вирусами и бактериями? Хендрик Штрик представляет руководство по нашей иммунной системе: с научно обоснованной информацией, изложенной популярно и доступно для непрофессионала. Автор объясняет, какие патогены запускают сигнальную систему нашего организма и почему, например, вирус герпеса атакует именно тогда, когда мы хотим выглядеть наилучшим образом. Вы узнаете, сколько бактерий живет у нас во рту и почему несмотря на это поцелуи полезны для нашего здоровья; почему поднимается температура и для чего нужны вакцины. В книге есть и практические советы, следуя которым вы сумеете повысить защитные силы своего организма. Для кого книга Книга будет интересна всем, кто интересуется вопросами здоровья и хочет получить экспертное мнение. На русском языке публикуется впервые.

УДК 612.017.1

ББК 52.7

ISBN 978-5-00214-332-0

© Штрик Х., 2021
© Манн, Иванов и Фербер
(МИФ), 2021

Содержание

Введение. Чужим тут не место	7
Глава 1. Армия телец	17
Конец ознакомительного фрагмента.	19

Хендрик Штрик
Иммуногид. Все, что вас
волнует в иммунной системе, –
от профессора-вирусолога

Научный редактор Ольга Сергеева

Все права защищены.

Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© Piper Verlag GmbH, München 2021

© Издание на русском языке, перевод, оформление. ООО «Манн, Иванов и Фербер», 2024

* * *

Введение. Чужим тут не место

– Я совсем разболелся! – проскрипел кто-то с дивана, когда я вошел в холл общежития. По голосу я тут же узнал Тильманна, будущего юриста. Тот сидел на диване, укутанный в шерстяное одеяло. Ага, тяжелый случай мужского гриппа.

Я догадывался, что будет дальше. В то время я учился на втором курсе медицинского, и если не зубрил латынь, то служил соседям вместо настоящего врача. Как только я вошел в комнату, я уже знал – посещение больного на дому. На полу валялись платки, все в соплях.

После дружеского «ну, рассказывай» пациент простонал:

– Голова гудит. Сопли текут ручьем. Когда глотаешь, такое ощущение, что там геморройные шишки. – Со взглядом мученика он уставился перед собой и произнес: – Я умираю.

– Что за бред, – возразил я с полной уверенностью. – Ничего ты не умираешь. Просто подцепил какую-то инфекцию.

– Зараза, у меня через три дня экзамен, мне нельзя болеть. Дай мне что-нибудь, чтоб поскорее поправиться, – наседали на меня.

– Извини, но тут я мало чем могу помочь. Твой иммунитет сам справится.

– Иммунитет... Его никогда нет, когда он больше всего нужен, – угрюмо пожал плечами сосед. И прежде чем я успел что-либо возразить, друг осторожно поинтересовался: – А как это работает?

Я вздохнул. Ведь мне надо было еще готовиться к практике по офтальмологии, но это могло и подождать.

Итак, я начал свой рассказ:

– Ты знаешь, Тильманн, иммунитет – одна из самых сложных и удивительных систем в теле человека. Поражает то, что у этого органа нет одного места, как, например, у кишечника или мозга. Он распределен по всему организму. За что отвечает иммунитет, говорит само его название: по-латински *immunis* – «свободный от», то есть он помогает нам оставаться свободными, не обремененными чем-то. Днем и ночью он защищает организм от непрошенных гостей. Другими словами, договаривается за нас с окружающей средой. Тихо и незаметно иммунная система доводит до совершенства наш менеджмент гостеприимства. Чаще всего она работает не по принципу «добро пожаловать», а под девизом «Лучше перестраховаться, чем недостраховаться». Иммунная система моментально и точно отличает своих от чужих. Тех, для кого распахнуты все двери, от тех, кто несет с собой угрозы.

Когда назревает кризис, организм дает нам это понять. Вот как у тебя сейчас. В момент обострения все ресурсы организма налегают на возмутителя спокойствия с разных сторон, чтобы подавить его. И ты чувствуешь и видишь, что иммунная система заработала. В других случаях она выполняет свою работу по-тихому. При поддержке многомиллионной армии маленьких помощников она заботится о нашем выживании. Иммунитет – это та система, которая непрерывно совершенствуется на протяжении уже миллионов лет. При этом она очень восприимчивая и хрупкая, поэтому заслуживает нашего особого внимания и поддержки.

Тем временем домой вернулись и другие ребята из нашего общежития, наготовили себе еды и теперь расположились в холле.

Слева от меня за столом сидела Сюзанна, будущая учительница истории искусств, которая принимала активное участие в благотворительности и редко появлялась дома. С недавних пор у нее завелся друг с привилегиями. Вся пикантность состояла в том, что это был известный футболист. Сюзанна большую часть времени пропадала в его лофте.

Еще одним редким гостем был Маркус, который выходил, только чтобы поесть. А сейчас он сидел справа за столом и уплетал лапшу. Вечный студент, он изучал социологию и, видимо,

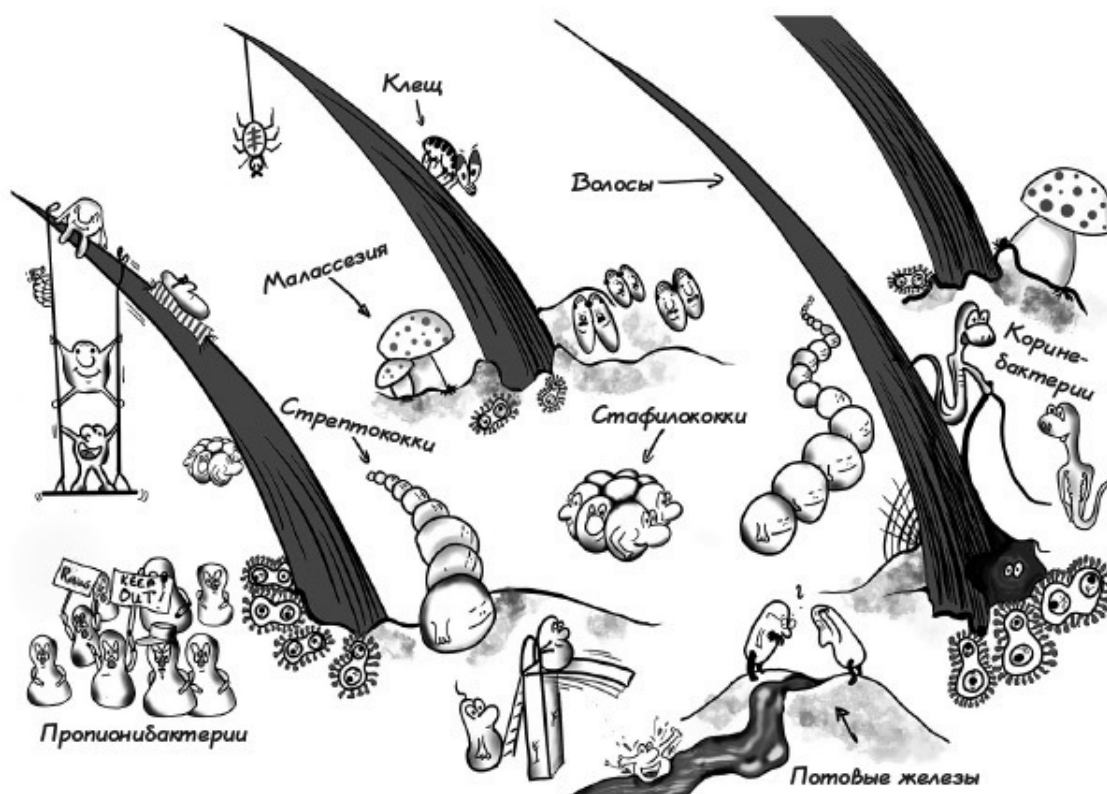
все время пребывал в воображаемом мире или бог весть где еще, во всяком случае не выходил из своей малость провонявшей комнаты с затемненными окнами.

Сандра, изучавшая экономику, уселась на полу и разбирала свои конспекты. Недовольно качая головой и вздыхая, она то и дело доставала новые листочки из своей большой матерчатой сумки.

Круг замыкала Лиза, которая регулярно напоминала нам, что пора бы отдохнуть. Как и Тильманн, она изучала юриспруденцию, однако считала, что с напряжением, которое требует учеба, можно справиться, только покуривая косячок. Поскольку я как раз вел свое повествование, то решил немного сгустить краски. Когда я заговорил о вторжении пришельцев, все прислушались.

Конечно же, я придумывал разные образы для того, чтобы сделать более понятными процессы работы иммунной системы. На самом деле я провел далеко не одну такую беседу. Когда ты студент-медик, проживающий в общежитии, подобных разговоров не избежать.

НА КОЖЕ ВСЕМ ЗАПРАВЛЯЮТ МЕСТНЫЕ БАКТЕРИИ



Приземлившись на поверхность человеческого тела пришельцев ожидает тропический климат, груды мертвых клеток, трещины, незнакомые озера, леса – отличное место для множества местных жителей, которые уютно устроились и не хотят делиться ни с кем. Часто здесь просто нет места для новеньких. Стареньких тысячи по всему телу, а новенький один. Так что первой линией обороны от проникновения чужаков являемся даже не мы, а бактерии, которым наша иммунная система позволила селиться по соседству. И делает она это не из благосклонности к ним, а только если они убедят, что от них будет конкретная польза.

Итак, местные жители – это бактерии, которые мирно с нами уживаются. Некоторые даже помогают нам. За другими нужен глаз да глаз, поскольку они могут навредить при ослабленном

иммунитете. О том, что происходит, когда с таким тщанием создаваемый баланс нарушается, мы расскажем в параграфе «Помощники, которые охотно перейдут на сторону врага».

Однако большая часть бактерий на нашей коже приносит пользу. Они занимаются не только предотвращением вторжения извне, но и производят вещества, защищающие кожу. Ферменты, с которыми непосредственно сталкиваются пришельцы, создают особую среду, в которой последним ой как несладко. Эти бактерии долго выискивали подходящее место обитания в человеческом теле. Тем, что обретаются на носу, отнюдь не по вкусу погодные условия в подмышке. Определенные бактерии не переносят прямых солнечных лучей, падающих на лысину, поэтому селятся в кишечнике. Все они очень гордятся местами, где обосновались, и неохотно пускают на свои территории чужаков. К счастью! Потому что и для всего тела, и для иммунитета полезен этот строгий отбор.

Часто бактерии-пришельцы попросту голодают. Им не хватает пищи, поскольку местные бактерии довели свое продовольственное снабжение до совершенства и не собираются ни с кем делиться. Чужаков отталкивают от обеденного стола, но бывает, что и сжирают. Некоторые из местных с наслаждением поглощают вновь прибывших, чтобы самим разрастаться дальше.

Чтобы система не развалилась, нам тоже следует приложить усилия – дать бактериям спокойно пожить. Вода и мыло, а уж тем более дезинфицирующие средства – друзья и враги в одном лице. Переизбыток грязи на коже позволит новым бактериям пустить корни, что может привести к опасным инфекционным заболеваниям. Избыточное использование мыла не только разрушает среду обитания бактерий, но и убивает многих из них. Бактерии же – это что-то вроде социальных животных: они живут колониями. Если их сообщество распадается, они неважно себя чувствуют и хуже развиваются.

Даже макияж может способствовать тому, что некоторые бактерии перестанут размножаться, что, в свою очередь, приведет к изменению среды на поверхности кожи и вынудит бактерии покидать насиженные места. Эту проблему иногда называют болезнью стюардесс, так как те на протяжении многих часов должны иметь свежий и безупречный макияж. При этом больше всего удручает, что, когда исчезают благотворные бактерии, организму угрожает нечто гораздо более страшное. Чужеродные бактерии и грибки заселяют освободившиеся территории и вызывают высыпания. Еще более усиленные уходовые процедуры запускают порочный круг, а ведь все, что необходимо коже, – это вода и кислород.

ОБОРОНИТЕЛЬНЫЕ СТЕНЫ ИЗ МЕРТВЫХ КЛЕТОК

Если все же паре-тройке залетных удастся прорвать первую линию обороны, они сталкиваются с самым кожным покровом. Точнее сказать, с *stratum corneum* (лат.) – роговым слоем, нашей второй линией защиты. Этот поверхностный слой кожи состоит из отмерших клеток, которые покрывают собой живые и защищают их таким образом. Этим клеток огромное количество на поверхности человеческого тела. Местами они образуют толстый слой – например, на стопах, так как на них приходится серьезная нагрузка. Да и вообще все, что мы видим глазом на теле, представляет собой мертвые клетки. Волосы, ресницы, ногти. Они создают физический барьер между организмом и окружающей средой.

Между прочим, под волосами в меньшей степени подразумевается роскошная прическа на голове и в большей – эдакое пальто, более или менее плотно покрывающее все тело. Для садящихся на тело различных возбудителей болезней волосинки – своего рода гигантские деревья, задерживающие самую крупную грязь. Ресницы – густые, непроходимые леса, а ногтевые пластины, как и мозоли, подобны непроницаемым каменным плитам. Вместе с реками из пота, слюны и прочего секрета, омывающими кожу и оказывающими лечебный или защитный эффект, и бактериями это поистине негостеприимная, непригодная для жизни местность.

А между тем это еще и филигранно выверенный биотоп. Его разрушение из-за мелких и крупных катастроф, например открытых ранок, но прежде всего из-за постоянного мытья с мылом и прочими моющими средствами, приводит к крайне негативным последствиям. Мы боремся с ними, намываясь со всей тщательностью. Поймите правильно: сама по себе идея мыть тело очень даже ничего. В этом случае устраняется не только неприятный запах, но и инфекционные агенты. При здоровом подходе удаляется только поверхностная грязь. Наши сожители, обитающие на коже, временно прячутся в трещинки, а потом быстренько выползают из укрытий и снова распределяются на уже чистой поверхности. Вот только беда, если с помощью мыла, щетки и дезинфектора, подобно больничной палате, вычищается каждая щелочка на теле. В наихудшем случае так истребляется вся популяция бактерий. Последствия нетрудно представить: на несколько часов голая кожа, оставшись без защиты батальонов бактерий, подвергается агрессивному воздействию окружающей среды. Прощай, первая линия обороны. Нет укрепительных стен, созданных из отмерших клеток, нет секрета, омывающего клетки. Вторая линия обороны пала. Кожа становится сухой и более восприимчивой к инфекциям.

ЦЕЛОВАТЬ ОМЕРТВЕВШУЮ КОЖУ, ИЛИ ЖИВИТЕЛЬНАЯ СЛЮНА

В некоторых случаях наш организм находит компромисс: на определенных участках тела нет покрова из отмерших клеток, но есть слизистая оболочка. Это рот, полость носа, глаза, гениталии и кишечник. Здесь мы бережно храним от внешнего мира живые клетки, необходимые для восприятия внешних стимулов. Если бы кожа на нашем языке была такая же толстая, как на пятке, пища стала бы для нас безвкусной. А ощущения при поцелуе такие, словно два больших пальца стопы касаются друг друга. Благодаря рецепторам на поверхности языка, отвечающим за восприятие тепла и вкуса, мы испытываем такой всплеск эмоций.

Разумеется, не удовольствие от поцелуев представляет собой эволюционное преимущество. Тот факт, что человек очень точно губами и языком может определять вкус и получать тактильные ощущения, вероятно, обусловлен тем, что так мы ориентируемся в том, какая пища съедобна, а какая ужасна на вкус, какие продукты круглой формы, а какие заостренной, что полезно, а что может оказаться губительным. Да и глазами, покрытыми плотным слоем ороговевшей кожи, мы бы видели мир таким же мутным, как если бы смотрели на него через грязное стекло бутылки из-под молока. Но и в этих зонах организм развил защитные механизмы от проникновения чужеродных элементов. Во-первых, здесь клетки стопками располагаются друг над другом по принципу «дорога, по которой часто ездят, должна быть как следует укреплена». Во-вторых, данные области смазываются вязким секретом. Отчасти для того, чтобы клетки не сохли, а отчасти из коварных соображений – специальные бактерии затрудняют проникновение вредных микроорганизмов.

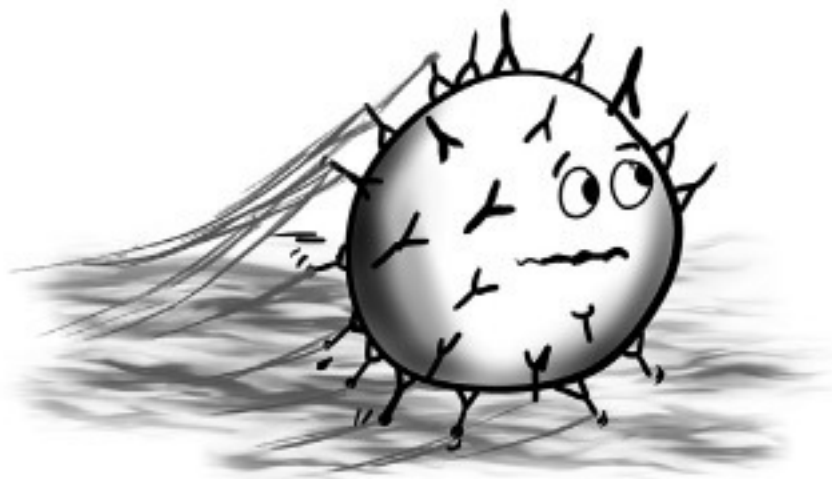


Нагляднее всего это можно продемонстрировать на примере слюны. Человек ежедневно производит около 1,5 литра слюны. Большущая бутылка! Однако слюна – поистине удивительная жидкость. Ее элементы играют важную роль при размельчении пищи. Кроме того, она увлажняет ротовую полость, ведь только так оголенные, беззащитные клетки могут выжить, и только это обеспечивает нам возможность глотать, различать вкусы и говорить. А также она защищает организм от проникновения нежеланных гостей.

Слюна, обладающая множеством талантов, наполнена различными ферментами, у каждого из которых своя специализация. Например, лизоцим разрушает клеточные стенки некоторых бактерий. Другие ферменты берут измором зловредных пришельцев: скажем, лактоферрин захватывает молекулы железа, чтобы чужие бактерии хуже росли и размножались. Да, даже им, как и нам, для существования необходимо железо. А еще есть гистатины, которые тормозят размножение бактерий и грибков. Сюда же относится целая армия антител, которые атакуют чужаков, помечают их, что, дескать, этих можно жрать, или нейтрализуют. Эти антитела – своего рода предупреждающий знак, который наносится на опасные организмы, чтобы собственные клетки легко могли их распознать и устранить. А поскольку предупредительные значки порядочной величины, это отрицательно сказывается на подвижности чужеродных агентов. Антитела, как репейник, повисают на бактериях и тормозят их продвижение, пока не придут клетки, которые высвободят их и сожрут. Но об этом позже.

И правда чудодейственный раствор, так что неудивительно, что народная мудрость рекомендует плюнуть на ранку и место укуса насекомого. На самом деле слюна является дезинфектором при первой помощи. С одним ограничением: она работает только у данного человека, оказывая антибактериальное, противогрибковое и противовирусное действие. Из-за того, что, например, от пищевых привычек у человека во рту формируется индивидуальная флора, то, что благотворно для него, у другого может вызвать опасное заражение крови. Итак, осторожно: своя слюна – да, мамина – нет!

Подобно слюне, и другие слизистые оболочки и секреты способствуют защите организма от вредного воздействия. Ферменты и антитела, как и сбалансированная бактериальная флора, – вот наши помощники. Вдобавок у различных отверстий человеческого тела сформировались специфические свойства, оберегающие от проникновения возбудителей болезней. Короткая экскурсия по нашему телу покажет, как это работает.



Слизистая оболочка носа отфильтровывает, например, грубые частицы грязи. Верно! И у докучливых волосков в носу тоже есть своя функция. Со вдохом воздух поступает через ноздри по трахеям в легкие, выстланные под слоем секрета пушком из клеток с тончайшими ресничками – мерцательным эпителием. Это особые клетки, они непрерывно задерживают пыль, попадающую в дыхательные пути, и перемещают ее, а также старые клетки, бактерии и все, чему не место в легких, обратно вверх, чтобы вывести из организма с кашлем или слотнуть. В слизистой находятся наши старые знакомые: антитела, которые маркируют «иностранных агентов», лизоцимы, разлагающие бактерии на поверхности покрова, лактоферрин, задерживающий их развитие, и прочие ингибиторы, чья задача – усложнить чужакам жизнь.

Все, что, попав в человеческий организм, не направляется в легкие, движется другим путем: через рот по пищеводу в желудок. Там пришельцев поджидают адские условия. С ними у желудочной кислоты разговор короткий. У нее уровень pH примерно равен единице.

Ничего более едкого быть не может. Все, что попадает в желудочную кислоту, разъедается ею, если только у гостя нет специального скафандра или вновь прибывших такое огромное количество, что единицам удастся уцелеть в этой давке, просочиться дальше в кишечник и зацвести там буйным цветом. Слизистая оболочка желудка в наименьшей степени приспособлена к уничтожению вредных агентов. В этом смысле желудочная кислота гораздо эффективнее. Кроме того, организм нуждается в механизме защиты от собственной кислоты.

Различные возбудители и все, что, пройдя желудок, еще не погибло и не рассосалось, в кишечнике сталкивается с его слизистой оболочкой. И как вы уже догадываетесь, здесь похожая история: эпителий с мелкими ворсинками (лат. *villi*) для лучшего захвата питательных веществ, а также слизистая и ее составляющие не только заботятся о том, чтобы измельчить оставшиеся кусочки пищи и упростить их усвоение. Они – ключевые элементы иммунной системы человека. Разные отделы органа отвечают – как при расщеплении и всасывании питательных элементов, так и в поддержании иммунитета – за различные функции. Бойкие иммунные клетки патрулируют и регулируют движение прежде всего в тонкой кишке. Здесь доля бактерий снижена. Чем дальше вниз по кишечному тракту, тем богаче бактериальная

флора. Здешние бактерии благотворно влияют на организм и просто не дают возможности задержаться пришлым.

Совершенно особенная слизистая оболочка женская, вагинальная. Помимо перечисленных задач, она решает и одну специфическую. Состав вагинального секрета регулярно меняется в течение менструального цикла и в особых случаях – при беременности. Существенную роль играет также возраст женщины, ведь меняется и гормональный фон. Прежде всего это сказывается на плотности вагинальной слизистой оболочки и ее способности выполнять иммунологическую функцию.

Насколько чувствительно слизистая оболочка реагирует на внешние воздействия, часто указывает реакция на прием антибиотиков. Лекарство убивает бактерии – как болезнетворные, так и полезные. Полезные – это прежде всего лактобациллы, чей дефицит благоприятствует грибковым инфекциям.

Наше правильное поведение стимулирует способность слизистых оболочек поддерживать здоровый иммунитет. Однако возраст и серьезные нагрузки на слизистые приводят к негативным последствиям. Если некой бактерии удалось прорваться через первую линию обороны и она не встретила препятствий в виде ороговевшего слоя вследствие, например, повреждений кожного покрова, ее ожидают не только неблагоприятные условия существования, но и армия телец – иммунных клеток, – которые так просто не сдадут свою территорию. Эти искусные стратеги. Никакой суматохи. Никакого хаоса. Только целенаправленные действия. Но чтобы армия мобилизовалась, должна пробить тревога. За это отвечает неспецифическая реакция, и это в первую очередь распознавание образцов.

О РЫБЬЕЙ ЧЕШУЕ И ШЕРСТИ ЖИВОТНЫХ, ИЛИ РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗЦОВ

Каждый старается систематизировать информацию. Одни делают это лучше других, и в этом их преимущество. Речь пойдет о распознавании образцов – по-английски *Pattern Recognition*. Смысл данной способности лежит на поверхности: если образец распознается быстро и надежно, то скорее наступит правильная реакция. В человеческом организме бесчисленное количество рецепторов, распознающих чуждые ему образцы. Благодаря этому моментально принимается решение: заглянувший к нам тип здесь на своем месте? Или мы встречаем такого впервые? Выражаясь образно, хобот – значит слон, чешуя – значит рыба, но точно не человек. Решение простое: пошел вон!

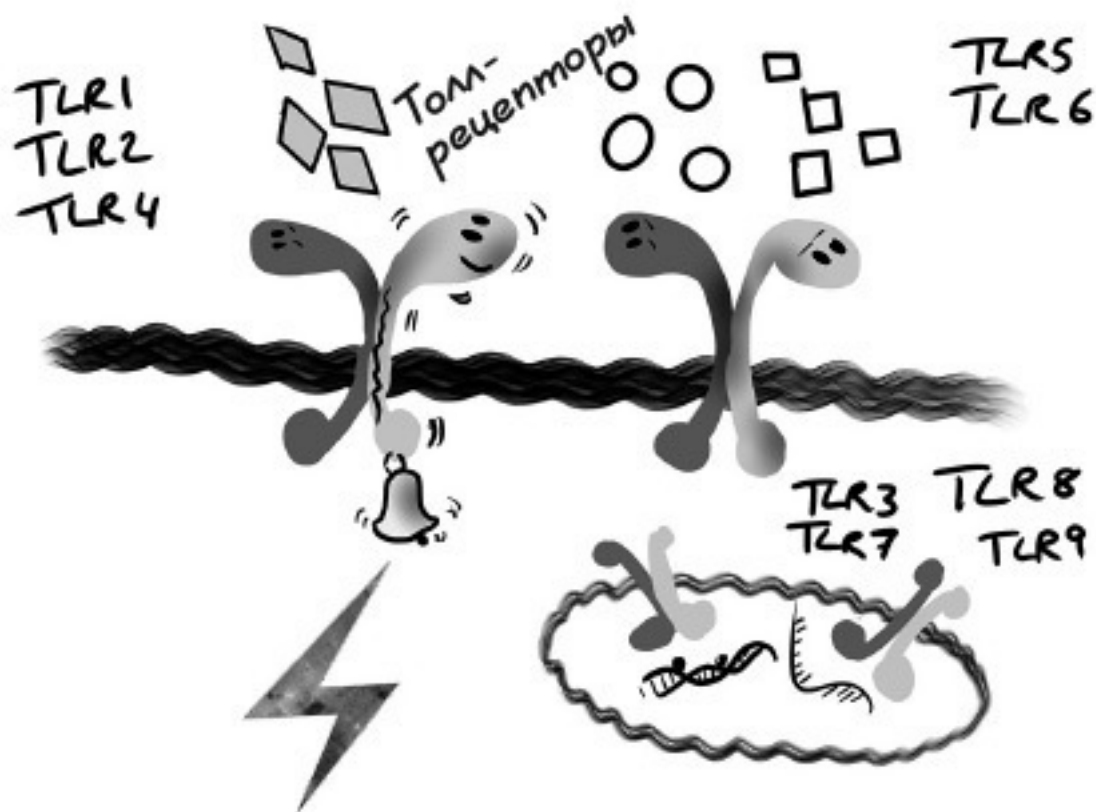
Для этого необходимы рецепторы, производящие отбор. Некоторые из них обнаружила Христиана Нюслайн-Фольхард – биолог и биохимик. Она много лет изучала мух дрозофил – излюбленный объект для исследования генома, поскольку хотела выявить, как гены управляют развитием эмбриона, но случайно совершила сенсационное открытие. Нюслайн-Фольхард и ее коллега Эрик Вишаус обнаружили ген с до сих пор неизвестной структурой. «Toll¹!» – воскликнули они и решили так и назвать свое открытие. Отсюда появилось название «толл-подобный рецептор»² для рецепторов, способных распознавать структуры, которые встречаются где угодно, только не у человека, и зачастую у возбудителей различных болезней.

Со временем открывали всё новые рецепторы этой разновидности. У человека таких известно 10, в животном мире – 14. Все они могут вычленять определенное чуждое данному организму свойство: толл-подобный рецептор 2 (TLR 2), например, распознает вещество зимозан и поэтому точно знает, когда в организм хочет проскользнуть грибок; толл-подобный

¹ Toll (нем.) – круто.

² Толл-подобный рецептор в биологии обозначают TLR. Здесь и далее примечания научного редактора, если не обозначено иное.

рецептор 5 (TLR 5) идентифицирует белок флагеллин, который образует своего рода плавник определенного вида бактерий; а толл-подобный рецептор 7 (TLR 7), среди прочего, специализируется на односторонней РНК, характерной для вирусов. Последний рецептор совместно с некоторыми другими локализуется внутри клетки, чтобы сразу указать на возможную вирусную инфекцию. Наряду с толл-подобными рецепторами существует еще куча других, которые своеобразным способом запускают врожденную иммунную систему. Работа рецепторов сравнима с деятельностью дерматолога, который на первый же взгляд может отличить раковую опухоль на коже от фурункула.



Поскольку распознающие общие правила построения веществ рецепторы бывают как в простых, так и в сложных организмах, то полагают, что они появились на ранних этапах эволюции. Вовремя подавая громкий сигнал тревоги, они обеспечивают преимущество во времени. На их шум просыпаются иммунные клетки, и организм реагирует поначалу типично для конкретного случая.

НАРОД, СЛУШАЙ МОЙ СИГНАЛ! ИЛИ ЗАЩИТНЫЕ ФУНКЦИИ КЛЕТОК

Если бактерия проникла в организм и раздались первые сигналы тревоги, тут же появляются фагоциты. Макрофаги нападают на пришельцев и сжирают их. И хотя новоявленные бактерии сравнимы с ними по размеру, это обстоятельство ничуть не пугает маленьких воинов. Если даже им не удастся переварить вражеские организмы, внутри них они будут по крайней мере обездвижены. Большая часть бактерий со временем разложится в этих фагоцитах. Как это происходит, открыл еще в 1922 году британский врач Александр Флеминг. Он обнаружил фермент в назальном секрете, который уничтожает бактерии, повреждая их оболочку.

Данный фермент врач назвал лизоцимом. Лизоцим – это своего рода топор в руках фагоцитов. Будучи многофункциональными, они в процессе изнурительного истребления чужаков выделяют специальные химические вещества (медиаторы), при помощи которых посылают сигналы прочим иммунным клеткам, зовут их присоединиться к освободительной борьбе. Например, они привлекают к этому делу другие фагоциты, например моноциты, которые на поле брани превращаются в макрофаги и, таким образом, усиливают мощь уже присутствовавших.

Кроме фагоцитов, поврежденные ткани призывают на помощь иммунные клетки. Погибая, клетка посылает сигнал тревоги. Она делает это незаметно для вражеской бактерии в надежде, что даже своей смертью она принесет пользу и будет отмщена. Благодаря ее сигналам бегущие по кровяным сосудам фагоциты, а также специальные кровяные клетки – нейтрофилы – смекают, что что-то тут неладно, замедляют свое движение и приклеиваются к стенкам сосудов. Одолеваемые любопытством, они проникают сквозь стенки в ткани. Большую поддержку в этом оказывает то, что в результате действия этих сигналов повышается проницаемость стенки сосудов для клеток и для воды.

Каждый прибывает туда, где его способности наиболее действенны. Особым энтузиазмом отличаются нейтрофилы – самая большая категория белых кровяных телец, эдакая группа быстрого реагирования с широким функционалом. С одной стороны, они, подобно прочим фагоцитам, умеют захватывать и разлагать бактерии, с другой – выстраивают ограждение вокруг последних и препятствуют их дальнейшему проникновению в организм. Когда тельца погибают в смертельной схватке, эти спайдермены иммунной системы, как сачок, набрасывают свою липкую ДНК, нашпигованную антибактериальными веществами, на нарушителей. Теперь те не в состоянии даже пошевелиться и медленно разлагаются под действием антибактериальных субстанций.

Поскольку действий макрофагов, моноцитов и нейтрофилов зачастую недостаточно, чтобы устранить болезнетворные организмы, сигналы тревоги передаются дальше по иммунной системе. Макрофаги и нейтрофилы образуют специальные белковые комплексы – инфламасомы, сигнализирующие о воспалении.

Весь процесс сравним с почтовым сообщением. Одна почта предназначена только для цитокинов, медиаторов хемотаксиса³. Группа цитокинов, среди прочего, состоит из хемокинов, интерферонов и интерлейкинов⁴. Их тревожные сигналы нам всем хорошо знакомы. Хемокины заставляют другие клетки иммунной системы отправиться к месту происшествия, а сами удерживают воду, чтобы клеткам легче было туда попасть. Мы замечаем это по отеку тканей. Хемокины – что-то вроде парней на фейсконтроле в клубе. Интерфероны, напротив, – вещества, стимулирующие антипатогенный ответ. Они словно подзуживают дать отпор. Интерлейкины завершают это трио, способствуя лучшей коммуникации между иммунными клетками. Это они заботятся о том, чтобы у нас случился жар и появились покраснения на коже. Причем достаточно всего пары молекул, чтобы столбик градусника пополз вверх. При содействии других медиаторов интерлейкины договариваются с терморегулятором в мозге, чтобы тот устроил повышение температуры тела. Почему высокая температура (до определенного предела) имеет смысл, поведаст параграф «Укутайся получше».

Как работает цепочка сигналов, легче всего продемонстрировать на интерферонах. Эти белки (они делятся на белки группы альфа, бета и гамма с различными зонами производства) прежде всего противодействуют вирусам, но активируются и при наличии других возбудителей. Они не специфичны, борются с многочисленными вирусами разных видов, забрасы-

³ Хемотаксис – двигательная реакция микроорганизмов на химический раздражитель.

⁴ Хемокины стимулируют передвижение лейкоцитов и регулируют их миграцию из крови в ткани. Интерфероны – общее название ряда белков со сходными свойствами, выделяемых клетками организма в ответ на вторжение вируса, на некоторые бактериальные вещества и на низкомолекулярные химические соединения. Интерлейкины преимущественно синтезируются лейкоцитами, но также фагоцитами и иными тканями. Они являются частью иммунной системы.

вая в клетки целый каскад противовирусных белков. При этом даже неинфицированные клетки получают информацию, как защититься, и продуцируют свой иммунный ответ. Учеными установлено уже более 30 таких белковых соединений. И что самое замечательное – все происходит моментально: выброс интерферонов и их действие управляются не централизованно, а локально.

Прежде чем данное явление было изучено, потребовались десятки лет после того, как шотландский вирусолог Алик Айзекс и швейцарский исследователь Джин Линденман из лондонского Национального института медицинских исследований еще в 1957 году узнали, откуда берутся интерфероны. Они выяснили, что их производят сами клетки, подвергшиеся вирусной атаке. Но кроме того, есть в организме и специальные иммунные клетки, которые тоже вырабатывают интерфероны с целью предупредить располагающиеся поблизости клетки и простимулировать их к выработке белков, препятствующих размножению вируса. То, что происходит дальше, называется интерфероновым каскадом реакций. Он блокирует деление вируса внутри отдельной клетки, например путем прекращения производства необходимого для этого фермента или разрушения РНК вируса. Весьма эффективный механизм, поскольку либо будет замедлена репродукция вируса, либо интерферон быстро запрограммирует зараженную клетку на смерть – эдакий подвиг камикадзе с благородным названием «апоптоз».

Однако интерфероны знамениты не только этим впечатляющим механизмом, но и тем, что в ходе их исследования всплыли и другие их способности. Они обладают также положительным терапевтическим эффектом. Поскольку интерфероны умеют тормозить клеточное деление, то, таким образом, они предотвращают размножение зараженных клеток. Ранее это их свойство применяли в связи с лечением хронического гепатита, кондилом и даже в экспериментальном порядке при лечении пациентов, страдающих эболой. На сегодняшний день интерфероны представляют наибольший интерес в исследованиях раковых заболеваний, но не следует недооценивать и побочные действия интерфероновой терапии.

Глава 1. Армия телец

Иммунная система – это вооруженные силы человеческого организма, в которых есть специалисты на любой мыслимый и немыслимый случай. С некоторыми из них мы уже познакомились, но еще далеко не со всеми. Предводителем этой армии является не главнокомандующий, а множество генералов, руководящих специализированными группами реагирования. В теле человека существуют два вида вооруженных сил, которые тесно взаимосвязаны: врожденная и приобретенная иммунные системы. Оба берут свое начало от общих стволовых клеток – тех, которые частично созревают в лимфатической системе, и тех, которые вырабатываются в костном мозге. Вся армия целиком функционирует слаженно, как оркестр. Все в определенной степени активны, реагируют на угрозы совместно или в определенной последовательности. Лучше всего рассказывать про всех них одновременно.

ДОВОЛЬНО СПЕЦИФИЧНЫЙ ТАКОЙ НЕСПЕЦИФИЧНЫЙ ИММУННЫЙ ОТВЕТ, ИЛИ ВРОЖДЕННАЯ ИММУННАЯ СИСТЕМА

Кстати, с врожденной иммунной системой мы уже познакомились. Это та самая группа быстрого реагирования, клетки которой отвечают моментально – в течение считанных минут. То, что в результате распознавания образцов идентифицируется как инородное, вызывает сигнал тревоги. Потом оно будет либо отпущено на свободу, но с пометкой «в карантин», либо сразу же уничтожено. Таким образом, например, клетка со жгутиками (флагеллинами) на поверхности, полисахариды и РНК вирусов заставляют организм бить тревогу, так как очевидно: что-то тут не так. За эту реакцию отвечают разные клетки, чье воздействие с каждым годом становится все более изученным. Только в 2011 году Нобелевская премия по медицине отошла трем иммунологам, которые занимаются именно исследованием врожденной иммунной системы.



Если что-то надо сожрать, то это к макрофагам

С макрофагами мы уже тоже встречались. Макрофаги – это клетки-пожиратели, их также называют фагоцитами (с др.-греч. *phagein* – есть). Они находятся в тканях, куда их при острой необходимости направляет иммунная система, или – в некоторых случаях – там они и располагаются в превентивных целях. Например, в особо ранимых областях человеческого тела, где оно наиболее тесно контактирует с веществами из окружающей среды: в альвеолах в легких, поскольку с воздухом туда проникают и бактерии; и в печени, ведь она своего рода очи-

стителный завод нашего организма. У этих огромных клеток-пожирателей – поэтому у них и присутствует часть слова «макро» – с возбудителями всякой заразы разговор короткий.

Если макрофаг распознал клетку как вредоносную, он начинает целое театральное представление. Сначала он постепенно, слой за слоем, обволакивает клетку собственной кожей – клеточной мембраной, и так образуется пузырь – фагосома. Когда процесс завершается, клетка-возбудитель словно попадает в тюрьму без единого шанса сбежать. Затем запускается процесс умерщвления. Это похоже на то, как паук опутывает свою жертву паутиной и потом впрыскивает в нее пищеварительный сок. Так же и макрофаги впрыскивают в тюремную камеру к врагу лизосомы – ферменты, способные разъесть чужеродные организмы. Гибель неизбежна. В конце остаются лишь жалкие останки, которые вовсе не выбрасываются, а от них берется то, что может пригодиться организму. Например, аминокислоты, необходимые для построения клеток. Они переправляются в нужное место и там перерабатываются. Часть останков поступают в кровь, где служат строительным материалом для других клеток.

Звучит впечатляюще – совершенная система, но и у нее есть свои ограничения: во-первых, в организме недостаточно макрофагов, чтобы очистить его от всех возбудителей. Во-вторых, макрофаги с ходу распознают не все вредоносные элементы, особенно если те не свободно перемещаются, а внутриклеточно. Кроме того, бывают и умные противники, у которых сформировались защитные механизмы против воздействия макрофагов. Об этом мы еще поговорим.

Тревога, тревога: моноциты

Моноциты – клетки, которые превращаются в макрофаги, покидая кровотоки. Однако еще в кровотоке они полностью обретают свою способность к поглощению вредных возбудителей. Они распознают чужеродные структуры, захватывают их и разрушают. Помимо этого, они тут же начинают бить тревогу и, таким образом, активируют другие защитные механизмы. Вещества, которые они выделяют, – медиаторы – в высшей степени эффективны и чрезвычайно быстры. Прежде всех в этом ряду следует назвать интерлейкины, которые, например, путем повышения температуры тела участвуют в борьбе с воспалительным процессом. К тому же они захватывают часть тельца болезнетворного возбудителя, а его остаток торчит, словно из окна, видимый движущимся мимо иммунным клеткам. Типа, ребята, если вы видите, что из окна что-то торчит, значит, надо его убить. Как именно это работает, мы узнаем в [главе об иммунном ответе](#).

Тройственный союз: гранулоциты

Они представляют собой третий тип клеток-пожирателей и действуют в связке. По крайней мере, некоторые из них. Гранулоциты делят на несколько групп. Среди уймы медицинских терминов всегда приятно иметь дело с говорящим за себя названием – вот как «гранулоциты». Одного взгляда на слово достаточно, чтобы представить себе гранулы. Так и выглядят эти клетки. Внутри клеточной оболочки находятся маленькие зернышки. Эти гранулоциты составляют изрядную долю белых кровяных телец и обладают поистине поразительными способностями, особенно когда речь заходит об уничтожении крупных болезнетворных элементов – паразитов, червей, грибов. К сожалению, они же возбуждают аллергические реакции.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.