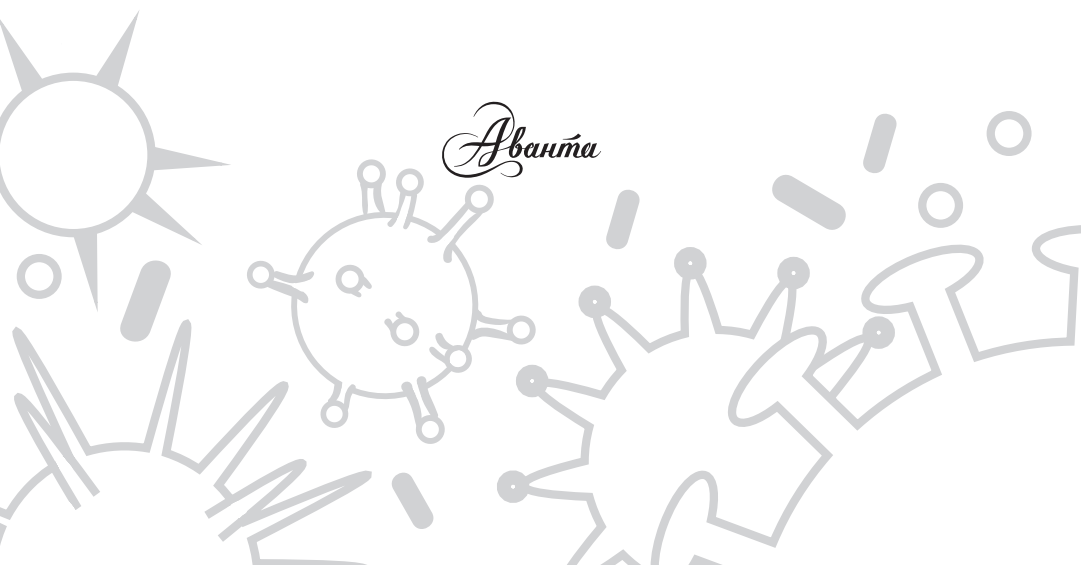




КАК РАБОТАЕТ  
**ИММУНИТЕТ**

РАЗОБЛАЧЕНИЕ МИФОВ  
О ЗДОРОВЬЕ

*Аванта*



## Вступление

Мы живем в мире, который не принадлежит человечеству. Вокруг нас обитает бесчисленное множество бактерий, вирусов, микроскопических грибов, одноклеточных водорослей и простейших. Именно они — представители древнейших форм жизни — составляют большинство организмов и фактически господствуют на Земле. Многие из них представляют опасность для других живых существ. В том числе, могут нанести сокрушительный удар по здоровью человека. Например, бактерия *Yersinia pestis* спровоцировала три крупнейших в человеческой истории эпидемий чумы, которые в сумме унесли жизни более 130 млн человек. Другой опасный возбудитель — вирус натуральной оспы. По оценкам Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), к середине XX века ежегодно около 50 миллионов человек заболели оспой, а два миллиона инфицированных — умирали. К счастью, оспе удалось победить к 1980 году, но это вовсе не означает, что вспышки заболевания не смогут повториться в будущем.

Люди во все времена ежедневно контактировали с массой возбудителей инфекций. Чтобы противостоять самым разным угрозам — внешними и внутренними, а также обеспечить организму постоянство внутренней среды, эволюция создала защитную систему, которую сегодня мы называем иммунитетом. Изучением его работы занимается наука иммунология. Несмотря на то, что люди с древнейших времен имели некоторые представления об инфекционных заболеваниях и пытались теми или иными способами с ними бороться, как система

знаний и раздел медицины иммунология сформировалась только около века назад благодаря трем основоположникам этого направления — Луи Пастеру, Паулю Эрлиху и Илье Мечникову. Около 120 лет назад они совершили важнейшие фундаментальные открытия в этой области.

Человечество сегодня не знает еще очень многого о работе иммунитета. Например, как иммунная система и ее отдельные компоненты связаны с другими системами нашего организма. Какие именно функции выполняют некоторые компоненты иммунной системы? Из-за чего происходит сбой в работе иммунитета, при котором он начинает атаку на клетки организма, а не на вредоносных возбудителей? Неизвестным до сих пор остается и механизм появления клеток памяти — лимфоцитов, которые «запоминают» патоген и при повторной встрече с ним молниеносно запускают иммунные реакции.

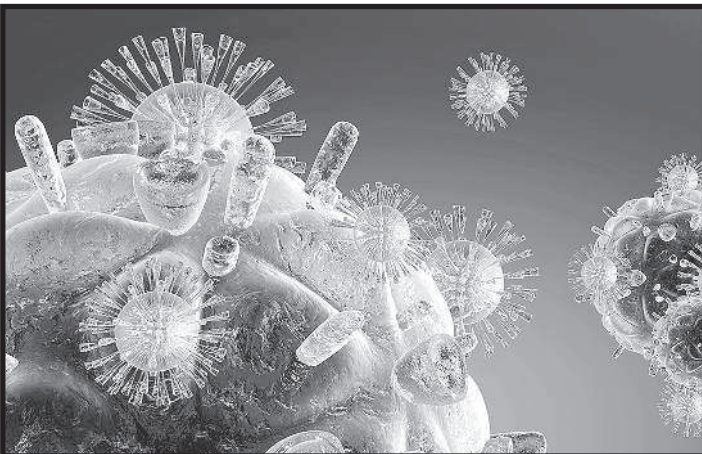
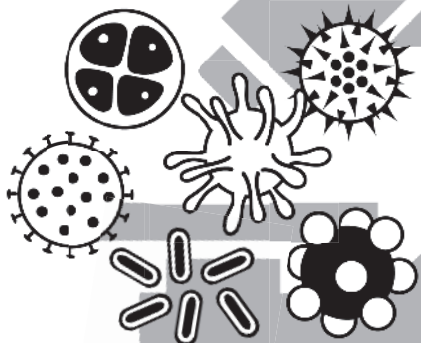
Идея книги заключается в том, чтобы максимально доступно, но без излишних упрощений рассказать о том, что сегодня наука знает об иммунитете. Как функционирует иммунная система и что может происходить при нарушении работы иммунитета? Как на самом деле защитить организм от заболеваний?


Кроме того, вы узнаете о самых распространенных заблуждениях, связанных с иммунитетом. Действительно ли прививки вредны, а для укрепления иммунной системы достаточно витаминов? Правда ли, что новорожденным следует создавать стерильные условия для того, чтобы дети выросли здоровыми? Могут ли иммуностимуляторы и витамин С остановить развитие инфекционных заболеваний?

Разберемся вместе. Приятного чтения!

# Часть I

Общие представления  
о защитных механизмах  
организма человека





Как наше тело оберегает себя от внешних угроз?

Чтобы это понять, давайте представим себе средневековый замок: высокие покатые стены, ров с водой, который окружает здание с четырех сторон, котлы с кипятком или кипящим маслом, расположенные при входе над воротами для обороны.

Защитная система нашего организма по своим функциям напоминает средневековый замок. Ее «стены» — это покровные ткани или эпителии, которые в том числе ме-



шают инфекциям проникнуть внутрь нашего тела. Жидкая защитная среда организма или воображаемый ров с водой — это слизь носоглотки, мочеполовых путей и желудочно-кишечного тракта. А котлами с кипящим маслом в организме служат антимикробные вещества, которые способны напрямую убивать бактерии и другие вредоносные патогены. Например, желудочный сок, растворяющий потенциально опасные микробы за счет высокого содержания кислоты и различных пищеварительных ферментов. Все перечисленные виды защиты — неспецифические. Их еще называют физиологическими барьерами для инфекций. Они защищают организм в любой момент без каких-либо специальных сигналов.

Кроме неспецифических защитных механизмов, существуют специализированные «инструменты» обороны нашего организма. Они напоминают стражников замка, которые ведут боевое дежурство и действуют в ситуациях нападения противника в соответствии со своей специализацией. Например, антимикробные пептиды — это клетки иммунитета, которые способны «расстреливать» потенциальных возбудителей заболеваний.

Защитная система организма человека действует комплексно на самых разных фронтах. С одной стороны, она при помощи покровных тканей, жидких сред организма и других неспецифических механизмов защиты создает фундаментальный барьер для проникновения и размножения вредоносных организмов, с другой — умеет **распознавать** угрозу и предпринимать различные по силе и направлению действия, чтобы ее **ликвидировать**. В крайнем случае — успешно оборо-



няться, если не удастся сразу справиться с угрозой. Каким образом работает иммунная система? Что нам известно о специфических и неспецифических способах защиты организма, и как они взаимодействуют друг с другом? Об этом речь пойдет в следующих главах, а пока более подробно остановимся на неспецифических механизмах защиты — физиологических барьерах.

## Физиологические барьеры организма и инфекции

Наша система защиты включает в себя неспецифические механизмы или физиологические барьеры. Мы сравнивали их с замком — они защищают организм от вредоносных микроорганизмов без запуска определенных иммунных реакций. Такого рода защита подразумевает создание «экстремальных» условий для возбудителей заболеваний.

Наше тело снаружи и внутри выстилают различные эпителии — покровные ткани, состоящие из специализированных клеток. Разумеется, эпителиальные клетки кожи, воздухоносных путей и легких, желудочно-кишечного и мочеполового трактов различны по строению. И, тем не менее, все они плотно прилегают друг к другу и препятствуют проникновению каких-либо чужеродных организмов физически и химически — большинство эпителиальных клеток

вырабатывают слизь, антибиотические или бактериостатические вещества. Это жирные кислоты, антимикробные белки, пептиды и многие другие. Поверхность некоторых эпителиальных тканей покрыта клетками с ресничками. Они обеспечивают постоянный ток воздуха или жидкости. Все эти и другие меры чаще всего не позволяют микробам и вирусам проникнуть в организм, закрепиться на тканях и оставить свое потомство. Но исключения все же бывают.

Инфекции развиваются только тогда, когда патоген колонизирует поверхности или преодолевает физиологические барьеры организма. Эти процессы происходят особенно стремительно при ожогах и ранах. Быстрее всего инфекции распространяются, если повреждены эпителиальные ткани внутренней среды организма. В подобных ситуациях инфекция часто становится одной из основных причин смерти, потому что инфекционные процессы в теле могут протекать незаметно и долго без яркой симптоматики.

При отсутствии ранений или ожогов некоторые патогены иногда прикрепляются к эпителиальным поверхностям, размножаются и заселяют доступные ткани. Они делают все это несмотря на создаваемые организмом препятствия. Патогены устанавливают в районах колонизации свои порядки — забирают питательные вещества и используют их в собственных интересах, мешают росту и нормальному функционированию клеток и тканей организма. Они могут нарушить или истребить нормальную микробиоту человека.

В норме всего этого не происходит. Бактерии организма препятствуют размножению патогенов



и стимулируют выработку необходимых для организма человека полезных веществ. Например, некоторые виды лактобактерий кишечника могут синтезировать витамины-группы В. Этот процесс очень важен для организма, ведь самостоятельно — без кишечных бактерий — он не может вырабатывать ни витамины, ни многие другие необходимые для жизни вещества.

Относительно низкий рН кожи (рН 4,0–7,0), довольно низкий рН желудочного сока (рН 1,5–2) также препятствуют размножению патогенных микроорганизмов. В желудке вырабатывается соляная кислота HCl. Она создает необходимые условия для переработки поступившей пищи, а также обеззараживает содержимое желудка.

За низкий уровень рН кожи ответственны сразу несколько кислот. В первую очередь, это лактат — молочная кислота, различные жирные кислоты, а также сульфаты холестерина. Сами по себе все эти вещества не оказывают такого сильного воздействия, как, например, соляная кислота, но в комплексе они создают непригодные условия для жизни болезнетворных микроорганизмов.

Ферменты, содержащиеся в желудочно-кишечном тракте, в слизистых, воздухоносных и мочеполовых путях, тоже обеспечивают неблагоприятные условия для жизни болезнетворных бактерий. Еще одним физиологическим барьером нашей защитной системы организма часто становятся постоянные токи жидкости, слизи и воздуха — все

они мешают патогенным клеткам закрепиться на различных поверхностях тела и их колонизировать. Кроме того, защититься от возбудителей инфекций людям помогают безусловные рефлексы: кашель и чихание удаляют микробы из верхних дыхательных путей, рвота очищает от патогенов желудок, а диарея — кишечник. Согласно одной из гипотез, повышение температуры тела при лихорадке стимулирует иммунный ответ и ускоряет процесс ликвидации инфекций.

Физиологические барьеры и некоторые условные рефлексы — это неспецифические механизмы защиты организма, которые действуют в любое время дня и ночи без распознавания и создают препятствия разным возбудителям инфекций. Однако сам по себе такой «защитный бастион» не может уберечь организм человека от многих угроз, поэтому нам необходимы более специфические механизмы защиты.

## Иммунитет и его составляющие

Специфические защитные реакции принято называть иммунитетом. Точного и общепринятого определения этого термина нет до сих пор, но функции защитной системы организма ученым более или менее понятны. Компоненты иммунной системы **обнаруживают** патоген и запускают физиологические процессы, которые приводят к его **удалению** из тела, а также **ликвидируют последствия** пребывания инфекционного агента. В крайних случаях, когда уничтожение невозможно, иммунная система осуществляет **локализацию**

угрозы. Ключевое событие для запуска иммунного ответа — распознавание.

Традиционно считается, что прежде всего иммунитет оберегает нас от инфекций, которые могут вызываться различными вирусами, бактериями, простейшими, червями-паразитами. Для распознавания, уничтожения и локализации угроз иммунитет использует множество специальных клеток и молекул, которые выполняют все эти процессы в кратчайшие сроки, а во многих случаях помогают организму приобрести устойчивость к заражениям определенными инфекциями в будущем. Кроме того, иммунная система занимается сбором «клеточного мусора» — собственных клеток организма, которые разрушаются естественным образом. Их присутствие в теле человека увеличивает риск развития самых разных заболеваний, в том числе — аутоиммунных, при которых иммунная система атакует здоровые клетки организма вместо того, чтобы защищать их.

Как и любая другая жизненно важная система организма — дыхательная, пищеварительная, сердечно-сосудистая и другие, иммунитет состоит из определенных компонентов. Ученые условно делят иммунитет на **врожденный** и **приобретенный**. Врожденный иммунитет включается в борьбу с инфекцией, как только она попадает в организм. Компоненты этой системы распознают инфекционный агент и уничтожают его. Приобретенный работает иначе. После обнаружения источника инфекции формирует-

ся иммунный ответ, который может подразумевать образование антител и/или клеток-памяти против конкретного патогена. Только после этого включаются механизмы борьбы с инфекцией. И врожденный иммунитет, и приобретенный обладают специальными клетками и молекулами. У врожденного иммунитета есть свой арсенал клеток и молекул, а у приобретенного — свой. Иммунные клетки — это своего рода «солдаты», которые охраняют «замок», а молекулы — это «оружие», с помощью которого производится «залп» по инфекционным агентам. В некоторых случаях молекулы становятся сигналами и командами, которыми обмениваются «солдаты» разных подразделений.

Врожденный иммунитет — более древний способ защиты организма, чем приобретенный. Не только люди, но и другие животные обладают врожденным иммунитетом, который сразу реагирует на проникающие в организм патогены — бактерии, грибки, вирусы и многие другие. Получается, что к моменту возникновения у человека первых симптомов недомогания, врожденный иммунитет работает в полную силу уже несколько часов. С высокой степенью вероятности именно он через несколько дней избавит организм от инфекции — за исключением тех случаев, когда в теле оказывается не вирус простуды, а более опасный возбудитель. Для того, чтобы побороть простудное заболевание, необходимо только медикаментозное лечение симптомов. Как шутят иммунологи: «Если лечить простуду, то человек поправится за семь дней, а если не лечить, то — за неделю».



Клетки врожденного иммунитета распознают патогены при помощи соответствующих **рецепторов** — специальных молекулярных структур, которые находятся на поверхности или внутри клеток. Они работают как антенны и могут распознавать не только чужеродные микроорганизмы, но и собственные измененные умирающие клетки и поврежденные молекулы. После того, как распознавание произошло, рецепторы подают сигнал клеткам врожденного иммунитета, которые приступают к переработке клеточного и молекулярного «мусора».

Приобретенный иммунитет появился в природе гораздо позже врожденного. Первыми обладателем приобретенного иммунитета считаются древние рыбы. Приобретенный иммунитет усовершенствовал иммунный ответ организма, дополнил его, а в некоторых случаях даже «облегчил» работу врожденному иммунитету. В результате он оказался эволюционно выгоден, поэтому закрепился у разных видов живых существ. Приобретенному иммунитету свойственен феномен иммунологической памяти, представленный лимфоцитами, которые ранее встречались с патогеном и знают, как на него реагировать. Кроме того, клетки памяти хранят информацию о структуре антител, которые они вырабатывают при повторной встрече с патогенами. Антитела — молекулы иммунной системы, способные метить чужеродные клетки, сигнализируя таким образом другим иммунным клеткам об угрозе и необходимости

уничтожить потенциальную опасность. Благодаря клеткам памяти иммунная система экономит время — процессы распознавания и уничтожения с их участием происходят намного быстрее. В некоторых случаях антитела и вовсе препятствуют проникновению инфекции в организм (об этих молекулах подробнее в разделе «Молекулы иммунитета»).

## **Органы иммунитета**

В иммунологии принято делить органы иммунитета или лимфоидные органы на первичные и вторичные. В первичных лимфоидных органах — в **тимусе** и в **костном мозге** — происходит созревание Т- и В-лимфоцитов, то есть клеток приобретенного иммунитета. **Тимус** или вилочковая железа — это небольшой орган, где происходит «обучение» Т-лимфоцитов или Т-клеток. Тимус расположен за грудиной, в верхней части грудной клетки. Этот орган с возрастом неизбежно подвергается атрофии и замещается жировой тканью. В тимусе Т-лимфоциты проходят отбор. В кровоток попадают только те из них, которые способны адекватно реагировать на инфекционные агенты и не поражать клетки организма. Остальные Т-лимфоциты — а их, как ни странно, большинство — уничтожаются с помощью программы клеточной гибели или апоптоза. Другой тип лимфоцитов — В-лимфоциты или В-клетки. Они также, как и все лимфоциты, образуются в костном мозге. В-клетки необходимы иммунной системе для того, чтобы запускать синтез антител против конкретного патогена, а также хранить информацию о том, какой именно тип антител может понадо-

биться при повторной встрече с конкретным возбудителем инфекции. В отличие от Т-клеток, В-лимфоциты не проходят строгий отбор и не гибнут массово. После образования В-лимфоцитов в костном мозге клетки переходят во вторичные лимфоидные органы — лимфатические узлы, селезенку и различные лимфоидные ткани слизистых, где происходит их созревание.

В **костном мозге** образуются все лейкоциты — белые кровяные тельца, которые осуществляют иммунные реакции. Лейкоциты — это потомки стволовых клеток крови, из которых в том числе развиваются красные кровяные тельца эритроциты, переносящие кислород, и кровяные пластинки тромбоциты, участвующие в каскаде свертывания крови под действием различных молекулярных факторов. Созревание и специализацию некоторые иммунные клетки завершают в иммунных органах — уже после выхода из органов кроветворения.

**Лимфатические узлы** — это органы округлой формы, которые располагаются вблизи лимфатических сосудов, соединяющих иммунные органы. Они играют роль своеобразных фильтров, которые собирают **антигены** — части чужеродных организмов. В этих узлах при взаимодействии антигенов с клетками приобретенного иммунитета происходит запуск образования **антител** — молекул-меток, при помощи которых иммунные клетки ликвидируют угрозы и оберегают организм от инфекций.

