

Иммунная система призвана распознавать «чужаков», вторгшихся в наш организм, передавать эту информацию специализированным клеткам и отражать нападение.

Среда обитания человека и других живых организмов весьма агрессивна. Нас подстерегают всевозможные вирусы и бактерии, ожидающие своего часа, чтобы напасть на нас, поэтому задача нашей иммунной системы — защитить нас от их нападения. Некоторые рубежи обороны — чисто анатомические: например, кожа и слизистые оболочки образуют физический барьер, препятствующий вторжению. Если эти внешние границы нарушены, организм часто противопоставляет агрессии генерализованную воспалительную реакцию, при которой усиливается приток крови к пораженному участку. Кровь доставляет лейкоциты, которые, проникнув через стенку капилляров, захватывают внедрившегося агрессора. Именно такой реакцией объясняется хорошо знакомая нам краснота вокруг небольшого пореза.

Однако работа иммунной системы строится на иных принципах, а именно на вербовке специализированных молекулярных структур, действие которых направлено на специфичные мишени. К наиболее важным из этих структур относятся *антитела* — Y-образные молекулы. На концах Y-молекул собраны молекулы аминокислот (*см.*

Белки) различной формы. Каждая форма соответствует агрессору, или *антигену*

, определенного вида. В организме взрослого человека насчитывается до 100 миллионов различных видов антител, отличающихся формой. В некотором смысле, иммунная система похожа на крупный магазин готового платья, где в наличии любые размеры одежды. При вторжении чужеродного организма можно с большой вероятностью надеяться на то, что один из 100 миллионов нарядов, имеющихся на вешалках, окажется ему впору. То, как антитела циркулируют в организме, определяется расположением аминокислот в «ножке» буквы Y — некоторые из них, например, циркулируют в кровяном русле и крайне эффективно уничтожают бактерии и вирусы, тогда как другие связываются со специализированными клетками в коже и слизистой оболочке кишечника.

В-клетки, или *В-лимфоциты*, — это главные клетки, отвечающие за функцию распознавания чужеродных организмов антителами. (Название связано с тем, что рост и созревание этих клеток происходит в костном мозге — *bone marrow*.) Эти клетки имеют форму, близкую к сферической, и на их внешней оболочке находятся разнообразные специализированные антитела. Когда чужеродный организм распознан — то есть когда антиген входит в контакт с соответствующим ему антителом на определенном В-лимфоците, — начинается размножение В-лимфоцитов. Процесс размножения преследует две цели. Во-первых, при этом происходит образование клеток (называемых *плазматическими клетками*), синтезирующих в большом количестве молекулы антител, специфичные по отношению

к агрессору. Во-вторых, образуются клетки памяти, способные отреагировать на присутствие антигена спустя месяцы и годы после первого вторжения.

Одна плазматическая клетка способна образовывать до 30 000 молекул антител в секунду. Эти молекулы связываются с вторгшимися в организм бактериями, заставляя их собираться в группы, после чего эти скопления могут быть удалены другими клетками из организма. Однако для созревания плазматическим клеткам может потребоваться несколько дней. О победе антител организм обычно сигнализирует появлением лихорадки. Плазматические клетки живут лишь несколько дней, тогда как продолжительность жизни клеток памяти намного больше — иногда они сохраняются до конца жизни человека. В случае повторного вторжения того же самого антигена эти клетки сразу вступают в бой и немедленно синтезируют в огромном количестве антитела, минуя съедающий драгоценное время процесс распознавания. Именно этим объясняется наш иммунитет к последующим инфекциям. Основная цель вакцинации состоит как раз в образовании клеток памяти.

В-клетки защищают организм в основном от внешних вторжений — от молекул, имеющих «чужеродный» химический состав. Иммунные клетки другого типа — *T-клетки* (или *T-лимфоциты*)

— имеют дело с клетками организма, видоизмененными из-за поражения инфекцией или раком. (В действительности этим занимается лишь около половины T-лимфоцитов; вторая половина регулирует активность В-лимфоцитов.)

T-лимфоциты получили название от тимуса — железы, в которой они растут и созревают. На внешней оболочке T-лимфоцитов находятся белки, распознающие специфичные молекулы, а не специфичные антигены (в отличие от В-лимфоцитов). T-лимфоциты реагируют с антигенами после объединения с молекулами другого типа, называемыми *комплексом гистосовместимости* и присутствующими во всех клетках индивидуума. T-лимфоцит исполняет роль часового, который переходит с одного места на другое и окликает другие клетки, спрашивая у них пароль. Если на поверхности клетки оказывается верный комплекс гистосовместимости, T-лимфоцит проходит дальше. Если что-то не в порядке, например комплекс изменен белком вирусной оболочки, T-лимфоцит взаимодействует с клеткой и разрушает ее.

Именно эта способность T-лимфоцитов распознавать «чужаков» делает трансплантацию органов настолько сложной проблемой. T-лимфоциты стремятся атаковать пересаженный орган, поэтому их необходимо сдерживать с помощью лекарств-иммунодепрессантов. Кроме того, T-лимфоциты являются мишенью для

вируса, вызывающего СПИД, который во многом совпадает с рецепторами Т-лимфоцитов. Наконец, случается, что способность Т-лимфоцитов распознавать «своих» постепенно снижается, и тогда иммунная система может атаковать собственные клетки организма. Так возникают аутоиммунные заболевания, например ревматоидный артрит.