

## 2. ИЗ АФРИКИ

Давайте начнем нашу историю с рассказа о простом организме, живущем в море, — с асцидии обыкновенной. В ее жизненном цикле отмечается некоторая странность [1]: это существо живет только в водоемах, затопляемых во время прилива. На ранней стадии своей простой жизни асцидия обыкновенная имеет единственный примитивный глаз, соединенный с простым мозгом, который, в свою очередь, соединен с простым спинным мозгом (хордой). Благодаря наличию спинного мозга асцидия относится к тому же классу живых существ, что и мы, люди, а также кошки, рыбы, птицы и прочие виды отряда хордовых. На стадии личинки, или ранней стадии развития, она свободно держится на поверхности воды, может плавать и охотиться.

Она может поддерживать баланс во время плавания. Ее мягкий живот обращен ко дну; она понимает, какое направление — вверх, а какое — вниз. Личинка морской асцидии может держать равновесие, используястатоцисту — полый клубок клеток (мешочек), расположенный под волосяным покровом, соединенный с нервами и мозгом. Внутри мешочка есть нечто, что выглядит как маленький шарик, минерализованная

масса, известная как статолит. Подчиняясь закону притяжения, статолит скатывается вниз мешочка. Эта позиция указывает на то, что личинка асцидии находится как раз на пути вверх с животом внизу. Если статолит скатывается со своей устойчивой позиции, то волоски, с которыми он соприкасается, сигнализируют о том, что личинка асцидии отошла от вертикальной позиции, — и она сама выровняет свое положение. В конце концов, по мере роста, асцидия начинает вести неподвижный образ жизни, прилипая к удобной скале. Там она съедает свой собственный мозг, спинной мозг и глаз — теперь ей ничего не нужно. Это происходит путем простого поглощения клеток, использования их в качестве еды. Морская асцидия становится лишь немногим больше, чем желудок с прикрепленными репродуктивными органами [2]. Она захватывает растения и частички пищи, которые оказываются в непосредственной близости к ней. Теперь она неподвижна и ей больше не нужен мозг.

Морские анемоны демонстрируют похожий, и даже более простой, жизненный цикл. Анемоны — свободно передвигающиеся полипы, прицепляющиеся к камням и втягивают нервные волокна, которыми они обладают и которые выполняют функцию простейшего мозга [3]. Обратная модель действительна для некоторых видов медуз: будучи незрелыми полипами, они прикрепляются к камням [4], по мере роста становятся свободно плавающими и начинают развивать сложную нервную систему, которая позволяет им затейливо двигаться, чтобы атаковать добычу и проглатывать пищу.

В целом идея ясна: мозг развивался для движения. Если вы собираетесь неподвижно находиться в одном месте и при этом вокруг вас всегда будет еда, то для чего вам нужен мозг?

У деревьев нет мозга, нет его и у животных, которые ведут неподвижный (сидячий) образ жизни. Но мир в широком смысле этого слова сложен и наполнен множеством проблем, которые нужно решать, — и решать их надо быстро. Нам нужен мозг, чтобы контролировать направленные движения в сторону возможных источников еды, для поиска укрытия или друзей, чтобы избежать тех, кто может проглотить нас. Этот мозг должен научиться распознавать хорошее, безопасное, съедобное и затем направлять движения тела, чтобы получить желаемое.

Морская асцидия занимает особенную экологическую нишу, переходя от подвижного к неподвижному образу жизни. То же справедливо и для анемоны. А медузы, наоборот, переходят от неподвижного образа жизни к подвижному, помогающему им выжить. Мы, люди, совершаем похожий переход: сразу после рождения мы беспомощны и почти неподвижны, потом учимся ползать и постепенно становимся более самостоятельными, начав ходить.

Передвижение, перемещение с места на место — нормальное действие для того, кто принадлежит к подвижному виду. Можно, возвращаясь к примерам морских обитателей, плыть по течению — куда принесет океан,

можно быть более активным — использовать плавники, извиваться, скользить вдоль морского дна. Можно иначе — используя конечности, отталкиваться от земли. Различия многообразных способов передвижения уходят глубоко в эволюционное прошлое.

Все способы перемещения по воде и по суше задействуют комбинацию мягких тканей, мышц и прочих частей тела, соединенных с костями. Исторический подход к пониманию нашего эволюционного прошлого состоит в изучении окаменелостей и выявлении вероятных моделей взаимоотношений и расхождений между различными видами. Такой подход имеет свои ограничения, не в последнюю очередь из-за того, что мягкие ткани, прикрепленные к костям, не твердеют, и потому выяснить их функции при их же отсутствии действительно очень сложно.

Однако изучение возможно по так называемым следам окаменелостей, а о некоторых отдельных аспектах мы можем судить благодаря общности генов, которые есть у нас и у других видов. Ходьба соединяет нас с глубоким эволюционным прошлым, и иногда нам удастся увидеть ее по ископаемым следам. Это прошлое измеряется десятками или сотнями тысячелетий, окаменевшие следы словно всплывают на поверхность из глубины времен.

В том месте, которое сейчас называется лагуной Лангебан, это Западно-Капская провинция ЮАР, примыкающая к Атлантическому океану, были обнаружены следы

древнего человека, возраст которых около 117 000 лет [5]. Следы дают нам представление о росте, весе, походке и форме ноги (морфология), что позволяет сравнить следы древнего человека с современными. Они принадлежат молодой женщине — назовем ее Идушей Евой. Сейчас место этой замечательной находки не очень сильно отличается от того, каким оно было в далекой древности. Идущая Ева и сейчас увидела бы те же звезды над головой, почти так же ощущала бы песок под ногами, ей могли бы показаться знакомыми голубая и очень соленая вода этой лагуны, берега и горы вдальеке. Она оставила всего три следа на краю берега, которые затем наполнились сухим песком, принесенным сюда песчаной бурей, и эти следы удивительны для нас сегодня.

Современные технологии, а также детальное изучение анатомии и окаменелостей дают нам представление о времени возникновения гена, отвечающего за ходьбу млекопитающих. Когда Т. С. Элиот написал в своем произведении «Пруфрок»: «Мне следовало быть корявыми клешнями, скребущими по дну немого моря», он был ближе к правде, чем можно было бы предположить. Из исследований можно извлечь интересный урок: эволюция, как создатель способностей, была консервативной при возникновении тех или иных эффективных решений.

\*\*\*

Ходьба (либо по земле, либо по дну моря) предполагает растягивание мышц и их последующее сгибание, этот ритмический рисунок контролируется нервными

клетками спинного мозга. У млекопитающих ходьба включает в себя комбинацию мышц для разгибания и сокращения конечностей. В плавниках рыб встречается сходное расположение, позволяющее плавать. Означает ли это наличие связи, возможно, на генетическом уровне? Сейчас становится понятно, что эволюция снабдила и рыб, и млекопитающих глубинной генетической программой для движения, которая адаптирована к типу передвижения этих разных видов. И в том и в другом случае совокупность действий контролируется на уровне спинного мозга, что приводит к появлению биологических генераторов паттернов, обеспечивающих ритмичные движения мышц.

Эволюция предполагает наличие глубоких генетических связей между всеми видами [6]. Упомянутые связи распространяются на контроль движений и ходьбы. Давайте воспользуемся примером — рассмотрим работу клетки [7]. На простом уровне функция клеток, из которых состоят наши тела и тела других видов (от червей и рыб до обезьян), — это решение сходных проблем: они не должны впускать «интервентов» (источники инфекций), должны поглощать питательные вещества, удалять отходы, поддерживать стабильный баланс жидкости — и еще много чего, необходимого для поддержания жизнедеятельности. Клетки не должны становиться злокачественными, должны перестать делиться и умирать, когда это необходимо. Так называемый минимальный геном, широко распространенный среди разных видов клеток, поддерживает эти важные функции [8]. Мы можем утверждать с некоторой долей уверенности, что

генетические сети, контролирующие движение, присущи различным видам. Внешность (или фенотип) одного животного относительно другого может показаться совершенно иной, но с точки зрения базовой генетической архитектуры (генотипа) они имеют существенное сходство. Мы можем проверить эту идею, изучив гены, контролирующие похожие функции у различных типов, и рассмотреть степень их сходства или различия. Например, похожи ли схемы управления ходьбой у всех животных, живущих на земле? Это легко проверить, поскольку все эти животные происходят от одного четвероногого предка, и тогда ответ: да [9]. Однако интереснее было бы проверить наличие общего между видами, живущими и передвигающимися в очень разных средах.

Ген, контролирующий последовательность действий, известен как гомеозисный ген. Он имеет способность контролировать последовательность появления сегментов тела в период развития эмбриона. Эти гены у разных видов похожи, поэтому гомеозисный ген цыпленка можно переместить в развивающуюся муху (при этом у мухи нужно удалить ее гомеозисный ген), и муха будет абсолютно нормально развиваться, несмотря на то что последний общий предок этих двух видов существовал более 600 миллионов лет назад [10].

\*\*\*

В одном из новаторских исследований биологи рассматривали генные сети, которые лежат в основе двигательных нейронов плавников и конечностей, контро-

лирующих движение у ежового ската (хладнокровный, обитающий в воде и имеющий плавники с двух сторон), и у серой мыши (теплокровное, обитающее на суше четвероногое млекопитающее) [11]. И ежовый скат, и серая мышь должны решать ряд схожих проблем, наиболее важная из которых — способ перемещения. У обоих есть позвоночник, мышцы и кости вдоль позвоночника, расположенные симметрично. Очевидно, что у серой мыши нет плавников, а у ежового ската нет лап, но оба могут легко перемещаться — мышь лапами ходит по земле, а скат с помощью плавников «ходит» по дну моря. И ежовый скат, и серая мышь могут менять направление, двигаясь то влево, то вправо, сгибаться и разгибаться в процессе передвижения.

Таким образом, мы говорим о существовании внутренней генетической программы, которая контролирует похожие движения у разных видов. Лапы и плавники, прикрепленные к позвоночнику, располагаются симметричными парами для того, чтобы ими можно было пользоваться при ходьбе или плавании. Исследование показало, что эти гены появились 420 миллионов лет назад — во времена существования последнего общего предка серой мыши и ежового ската. Генные сети являются одинаковыми для серой мыши, имеющей парные конечности, и ежового ската, имеющего парные плавники.

Генная сеть кодирует действие соответствующей мышцы и нервов, которые отходят от позвоночника, чтобы передать сигналы этим мышцам. В свою очередь, не-



обходимая схема повторного взаимного побуждения и торможения выполняется для поддержки движений плавников и ног, что позволяет «ходить» по морскому дну и ходить по земле. Эти схемы «законсервированы» у различных видов, разделенных глубоким периодом эволюции. От ежового ската до четвероногих, ходячих и обитающих на краю воды, подвижных мышей и подвижного человека — нас связывают одни и те же генные сети в течение почти невообразимых периодов времени.

Итак, генетические программы, необходимые при ходьбе, представлены в двух абсолютно разных видах. Генные сети, контролирующие движения конечностей (независимо от того, передвижение ли это по дну океана или по земле), являются общими для видов, имеющих парные конечности (лапы или плавники). Далее следует, что генные сети, позволяющие ходить по земле, сначала появились в воде, еще до того, как на землю вышли четвероногие. Удивительный, прекрасный и нелогичный вывод состоит в том, что гены, отвечающие за ходьбу, скорее всего, возникли под водой, а не тогда, когда рыба приспособилась к жизни у края водоема и когда, по идее, предпочтение можно было бы отдать плавникам, имевшим хорошее сцепление с заболоченной средой.

Эволюция подсказывает исследователям, что ее правило заключается в выборе и изменении существовавших ранее приспособлений с сохранением ключевых компонентов с точки зрения структурной морфологии. И как говорит Ричард Докинз, эволюция — это

слепой часовщик, ревностно хранящий то, что долго работает [12].

\*\*\*

Расскажу вам одну прекрасную историю о животных, живших около 380 миллионов лет назад, — о первых позвоночных существах с четырьмя ногами [13]. Путь этих древних четвероногих сохранили остатки окаменелостей (так же, как окаменелости шагов человека сохранились в лагуне Лангебан и в других частях мира). Один из редких и протяженных маршрутов этих животных обнаружил швейцарский студент-геолог Иван Стоссел на острове Валентина, на побережье Керри в 1992 году [14]. Эти следы являются самыми старыми, и поскольку они находятся в Ирландии, разумеется, мне следовало отправиться туда самому, чтобы взглянуть на них собственными глазами. Так мы, я и моя дочь, оказались в красивом месте с видом на небольшие острова, известные как Скеллиг.

В день нашего приезда Атлантика бушевала, волны бились о скалы. Место находки окружал простой проволочный забор. На табличке был нарисован древний четвероногий, и моя дочь сказала, что он выглядит как нечто среднее между игуаной и утконосом. Его передние конечности, конечно, меньше, чем задние, и его ходьба представляла собой сгибание то передних, то задних конечностей, чтобы животное могло быстро двигаться вперед.