

Диджей
Томас Зюндер

Врач-отоларинголог
Андреас Борта



**ВО
ВСЕ
УШИ**

Про многозадачный орган, благодаря
которому мы слышим, сохраняем
рассудок и держим равновесие

Томас Зюндер

**Во все уши. Про многозадачный
орган, благодаря которому
мы слышим, сохраняем
рассудок и держим равновесие**
Серия «Нон-фикшн головного
мозга. О том, что мы такое
и как теперь с этим жить»

Текст предоставлен издательством

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=56258989

Во все уши. Про многозадачный орган, благодаря которому мы слышим, сохраняем рассудок и держим равновесие: Эксмо; Москва; 2020

ISBN 978-5-04-113225-5

Аннотация

Томас Зюндер, автор этой книги, провел более 500 свадеб, он диджей. Все 12 лет он обожал свою работу – до тех пор, пока постепенная потеря слуха не стала серьезно сказываться на общем самочувствии: у него начались сильные приступы головокружений прямо на рабочем месте, в самый разгар

вечеринок. Поняв, что карьера окончена, Томас направил все силы на изучение небольшого, но такого важного для каждого человека органа, как ухо.

Как на самом деле функционирует слух и как устроено ухо? Как мы понимаем, откуда доносится звук: спереди или сзади? Нормально ли, что с возрастом острота слуха притупляется? Почему многие слышат шумы, которых не существует? Правда ли, что мозг воспринимает речь иначе, чем музыку? Почему на вечеринках и по радио люди хотят снова и снова слушать одни и те же старые хиты? На эти и множество других вопросов вы найдете ответы, прочитав книгу «Во все уши».

Содержание

| | |
|---|----|
| Интро: вот это головокружение! | 7 |
| Часть I. Чудо слуха | 15 |
| В начале была тишина: акустическое путешествие к истокам жизни | 15 |
| Верх и низ в древнем море, и как речные раки научились стоять на голове | 20 |
| Волос в супе, и как движение становится информацией | 24 |
| Телефонный разговор об ушах | 29 |
| Звук, ша-ла-ла-ла-ла | 36 |
| Акустический концерт, акт первый: о волнах, которые на самом деле представляют собой сферы | 36 |
| Акустический концерт, акт второй: о волнах, которые на самом деле представляют собой луковицы | 40 |
| Акустический концерт, акт третий: о волнах, которые представляют собой сплошной хаос | 41 |
| Водные обитатели выходят на сушу: дыхание через уши | 43 |
| Последняя поездка | 48 |
| Путешествие внутрь уха | 52 |

| | |
|--|-----|
| Ушная раковина | 52 |
| Наружный слуховой проход | 55 |
| Барабанная перепонка | 57 |
| Среднее ухо | 59 |
| Смещение в среднем ухе: немного от рыб, немного от рептилий | 63 |
| Замечательно просматривается | 68 |
| В самом герце звуков: о высоких и низких | 73 |
| Лабиринт: фантастические витки | 77 |
| Нобелевская премия за пластиковую трубку с резиновой лентой | 80 |
| Сорок пианино в нашей голове | 85 |
| Гидропс – это не леденец[7] | 88 |
| Батарейка в голове | 96 |
| Желейный пудинг с крошками помогает держат равновесие | 98 |
| Четыре уха слышат больше, чем два | 103 |
| Часть II. Чудо понимания | 106 |
| Ушной ВОР | 106 |
| Слышать между строк | 112 |
| От глотания к говорению | 114 |
| Как каменные инструменты сформировали мозг наших предков | 117 |
| Конец ознакомительного фрагмента. | 119 |

Томас Зюндер
Во все уши. Про
многозадачный
орган, благодаря
которому мы слышим,
сохраняем рассудок
и держим равновесие

© Кныш Ю.С., перевод на русский язык, 2020

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2020

Интро: вот это головокружение!

Около часа ночи, вечеринка в полном разгаре. В самом сердце Гамбурга 200 человек празднуют, танцуют и смеются, купаясь в огнях гигантской рождественской ели, сверкающей посреди зала для церемоний, занимающего два этажа. В барах на обоих этажах гостям подают рождественский пунш и множество других алкогольных напитков, отчего вся компания, естественно, ведет себя очень раскованно.

Я же, напротив, нисколько не пьян, а, как всегда, трезв и сконцентрирован. Здесь я на работе – развлекаю гостей. Я диджей и уже несколько часов подряд стою на танцполе первого этажа рядом с двумя из шести динамиков, заставляя их выдавать один хит за другим.

Хоть и ношу изготовленные на заказ защитные приспособления для органов слуха – две затычки в ушных каналах, басы пронизывают мое тело, отдаются в костях и пульсируют в крови. Этот глухой рокот уже 12 лет сопровождает меня на поприще диджея, и я к нему привык. Однако теперь к этому добавился еще и нездоровый скрип в левом ухе. Он напоминает о гнетущей профессиональной тайне: у меня одностороннее нарушение слуха. Это случилось три года назад: я стал слышать левым ухом всего лишь 30 % всех звуков. В повседневной жизни всегда ношу крошечный слуховой аппарат, спрятанный в глубине слухового прохода, и пока его

никто не заметил.

К сожалению, недавно появилась еще одна проблема, связанная, по словам моего врача, с этим ухом: приступы головокружения. С лета я пережил три припадков, они буквально сбили меня с ног. Я не мог ни стоять, ни ходить, меня постоянно тошнило. Лишь несколько часов спустя мое состояние вновь приходило в норму. Страшно представить, что такое может случиться на сцене.

Мне нельзя об этом думать, только не здесь и не сейчас, на этой рождественской вечеринке, повторяю я про себя, но все равно думаю. И вот начинается. Сначала все поле зрения приходит в легкое движение. На какое-то мгновение вспыхивает надежда, что это всего лишь небольшая недостаточность кровообращения. Но потом плавное движение сменяется рывками. Экран компьютера, с которого я проигрываю музыку, совершает стремительный рывок вверх, но не опускается вниз. Вместо этого он вновь появляется внизу, подобно прыгающим кадрам киноплёнки, мелькающим снова и снова с самого начала. И все происходит словно при ускоренной перемотке. Картинка скачет, скачет, скачет...

Я диджей и стою рядом с двумя динамиками, а всего их шесть. Несмотря на затычки для ушей, басы проникают в мое тело.

Теперь я знаю, что это приступ. Вне всяких сомнений. Паника сдавливает грудную клетку. Что же делать? Вокруг меня сотни человек, но я совсем один на маленькой сцене. Я

не могу отсюда уйти! *The Show Must Go On*¹.

Я цепляюсь за край своего диджейского пульта, словно за поручни корабля в шторм, пытаюсь найти глазами неподвижную точку и одним лишь усилием воли остановить скачки мигающих лампочек на микшерном пульте. Бесполезно. Вместо этого скачки начинают вращаться против часовой стрелки. Теперь у меня сильное головокружение. Рождественский гусь с краснокочанной капустой тоже кружится у меня в желудке. Мне становится нехорошо.

Головокружение настигло меня прямо на работе, и мне пришлось цепляться за край своего диджейского пульта, словно за поручни корабля.

Нужно собраться, мысленно произношу я. Мои руки двигаются по клавиатуре компьютера, но я их не вижу. Я думаю о композиции *Last Christmas* в исполнении дуэта *Wham!*, и пальцы находят каждую букву по отдельности. Нащупываю регулятор на микшерном пульте и, словно в трансе, включаю рождественский гимн. По крикам на танцполе, которые я уже не в состоянии понимать, становится ясно, что его приняли тепло. Это поможет выиграть время, ведь мне срочно требуется профессиональная помощь. Прямо сейчас.

В отчаянии я достаю смартфон. В ярком вихре, кружащемся перед глазами, пытаюсь различить три маленькие цифры на сенсорном экране. Каким-то образом удастся на-

¹ «Шоу должно продолжаться» – название песни группы Queen.

брать номер экстренной помощи 112. Строгий голос на другом конце, несмотря на шум, на удивление легко различим. Я описываю свои симптомы, перекрикивая громкую музыку. Мне обещают прислать кого-то. Но до тех пор мне придется, как говорится, держаться!

У меня получается включить следующий трек. Вдруг из ниоткуда возникает пьяный гость и кричит мне в больное ухо, обдавая ароматом джина с тоником, что я должен наконец поставить Хелену Фишер. Я с трудом сдерживаю рвотные позывы и судорожно сглатываю, чтобы удержать рождественского гуся внутри. Поскольку невозможно разговаривать со сжатыми челюстями, просто киваю в ответ. Это слабое движение головой превращает весь зал перед глазами в район землетрясения десятого уровня интенсивности – в глобальную катастрофу.

Следующие несколько минут – самый настоящий ад. Невидимая сила стремится безжалостно повалить меня на землю; шум, издаваемый динамиками, невыносим, и вечеринка закручивается вокруг меня, словно торнадо. Два человека в униформе проталкиваются сквозь толпу – я смутно различаю их среди всей этой карусели. Мои спасители прибыли! Молодой человек и женщина встают за пультом диджея и подхватывают меня с двух сторон. Он говорит: «Нам нужно отойти куда-нибудь, где будет потише. Вы можете поставить какую-нибудь музыку?»

Я выбираю плейлист, который содержит по крайней мере

несколько быстрых композиций. На весь вечер, конечно, не хватит, но главное – выбраться отсюда! Два ангела-спасителя ведут меня к выходу, крепко придерживая руками. Эта сцена не остается незамеченной: краем глаза вижу, как кучка рождественских монстров отделяется от толпы гостей и собирается позади моего диджейского алтаря. Одержимые алкоголем демоны тут же пытаются самостоятельно поставить музыку и оскверняют мое священное оборудование. Это очень плохо: они могут сильно повредить его. Но я ничего не могу поделать. Санитары выводят меня за дверь, и я оставляю свою музыкальную установку стоимостью десять тысяч евро на растерзание ночным созданиям.

Меня приводят на пустую лестничную клетку этажом выше. Кто-то протягивает пластиковое ведро, и мне наконец-то больше не нужно сдерживаться. Мучительно извергая содержимое желудка в спасительную емкость, я заполняю ее наполовину. На мне расстегивают рубашку, прикрепляют электроды, измеряют артериальное давление. В итоге санитар выносит вердикт: «Итак, господин Зюндер, остается только одно: мы возьмем вас в больницу».

Мои уши целых 12 лет помогали мне зарабатывать на жизнь, я их днем и ночью подвергал чрезмерным нагрузкам.

Я начинаю что-то лепетать о том, что мне нужно забрать кое-что важное с диджейского пульта. Но санитар возражает: «Вы туда больше не пойдете. Скажите, что вам нужно, и мы

это заберем».

Приносят мою сумку с самыми ценными вещами и один из ноутбуков. Чуть позже я оказываюсь сидящим в задней части машины скорой помощи, в синем свете которой проносится привокзальный район, и блюю в трубочатый полиэтиленовый пакет. К счастью, стремительная поездка быстро заканчивается, и мы прибываем в какую-то больницу – понятия не имею, куда именно. Меня усаживают на инвалидную коляску (о самостоятельном передвижении пока даже речи не идет) и куда-то везут. И вдруг я уже лежу на матрасе, уставившись в потолок холла. Сначала мне кажется, что я опять двигаюсь, но на самом деле это гипсокартон и неоновые лампы надо мной производят впечатление движения.

В конце концов меня действительно везут куда-то еще, и симпатичная докторша задает вопросы, пока ставит капельницу. Она подозревает, что это может быть какое-то заболевание. Первое слово кажется знакомым, второе звучит по-французски и ни о чем не говорит. Пока мы разговариваем, я начинаю чувствовать усталость. Врач говорит, что в капельнице препарат от головокружения. Ее голос отдаляется. Меня вместе с капельницей выкатывают из комнаты, и наконец наступает тишина, пока не раздается пронзительный свист. Он звучит только в моей голове и хорошо знаком. Двусторонние шумы в ушах, так называемый тиннитус, у меня еще с тех пор как я подростком ходил на дискотеки, поэтому мне никогда не бывает по-настоящему тихо.

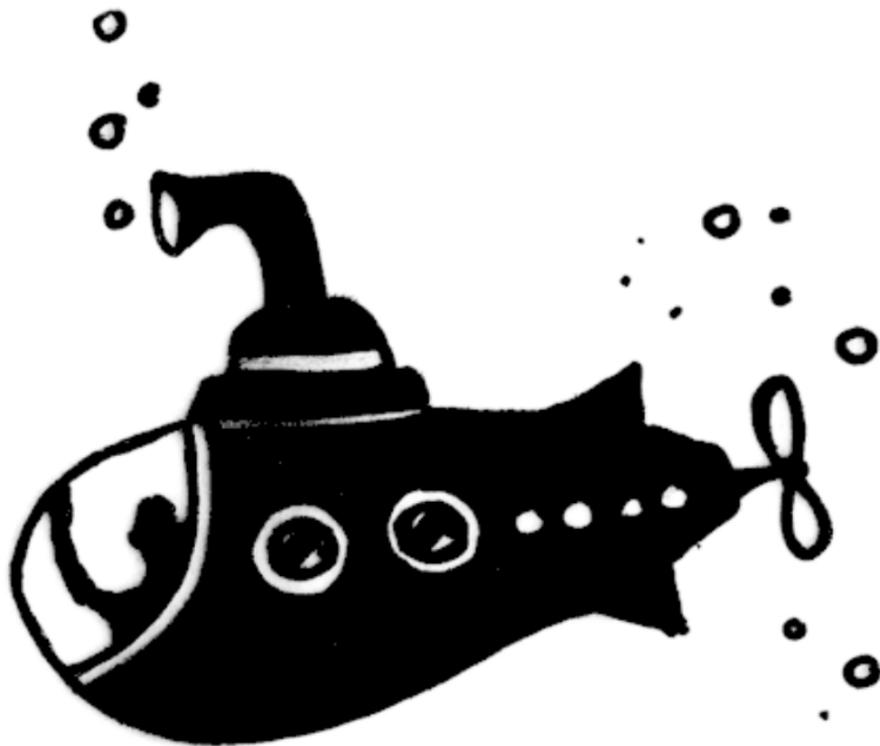
Я и мои уши. Вместе мы через многое прошли. Последние 12 лет они помогали мне – музыканту и диджею – зарабатывать на хлеб, пока я днем и ночью подвергал их чрезмерным нагрузкам. А сегодня, похоже, они решительно бросили меня на произвол судьбы. Что теперь будет со мной и моей музыкой? Смогу ли я снова ставить пластинки? Если нет, на что мне тогда жить? Я думаю о том, что всю жизнь воспринимал свои уши как нечто само собой разумеющееся. Но что я на самом деле о них знаю? Практически ничего!

Чтобы отвлечься от неприятной ситуации, я позволил потоку мыслей свободно циркулировать. Несмотря на то, что безумно устал, в голове внезапно всплыло большое количество вопросов. Как на самом деле функционирует слух, как он возник? Как мы понимаем, откуда доносится звук: спереди или сзади? Нормально ли, что в старости мы начинаем плохо слышать, или можно этого как-то избежать? Почему у многих людей, как и у меня, появляется тиннитус, и почему мы слышим шумы, которых не существует? Правда ли, что мы обрабатываем речь иначе, чем музыку? И что меня, как диджея, особенно остро интересует: почему на вечеринках и по радио люди хотят снова и снова слушать одни и те же старые хиты?

Той ночью, лежа в полном одиночестве под капельницей, я решил раскрыть секреты слуха. Я хочу узнать, как работают мои уши. Но кого я могу об этом расспросить? Тут я вспоминаю, что мой давний друг Андреас не только изучал

медицину и психологию, но и работает в крупной фармацевтической компании, которая недавно занималась исследованием проблем слуха. Это ли не знак судьбы? Он определенно сможет рассказать что-то об болезни, о которой упоминала докторша. Позвоню ему завтра. Через восемь дней канун Рождества. Быть может, произойдет мое личное рождественское чудо, и Андреас скажет, что как раз создали новый препарат, который быстро восстановит мои уши. С этими утешительными мыслями мое сознание наконец погружается в глубокую черную тишину.

Часть I. Чудо слуха



**В начале была тишина: акустическое
путешествие к истокам жизни**

«В начале было Слово, и Слово было у Бога, и Слово было

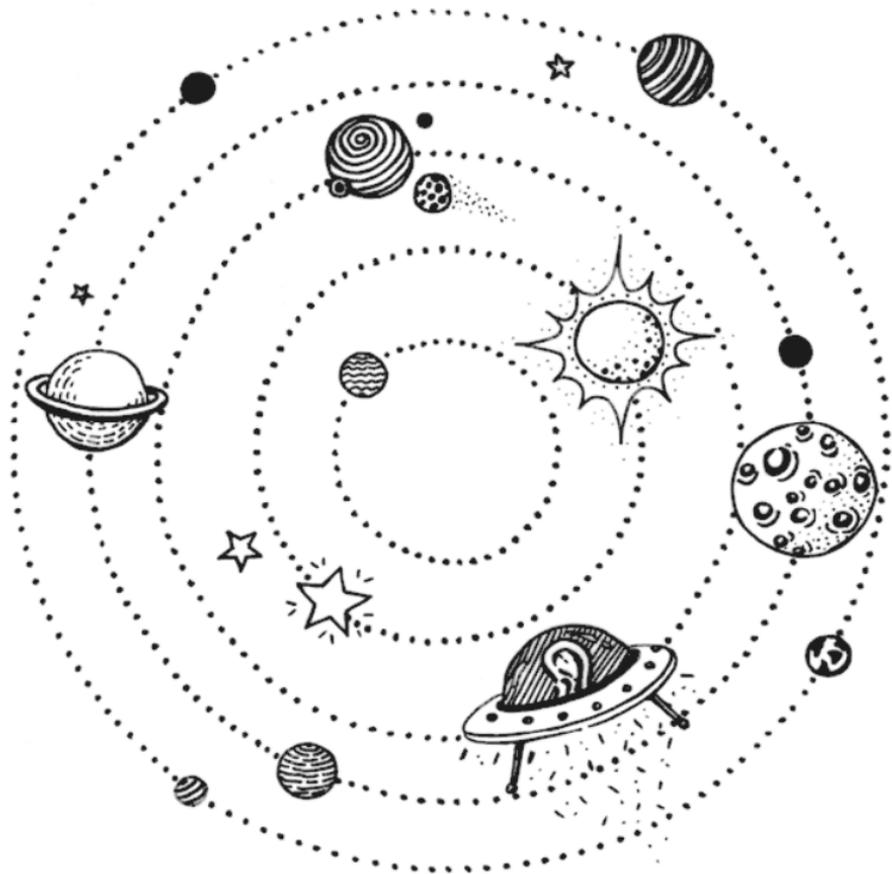
Бог». Так написано в Библии (Иоанн 1:1). Ученые предполагают, что начало всему сущему положил знаменитый Большой взрыв. Но оба варианта имеют серьезный недостаток: ни Слово, ни взрыв не были слышны при создании Вселенной. Потому что не было ни воздуха, по которому они могли бы передаваться, ни слушателей. И то и другое появилось лишь спустя миллиарды лет в атмосфере планеты Земля. Поэтому можно сказать: в начале была тишина.

Около 13,8 миллиарда лет назад произошло масштабное событие, ошибочно называемое Большим взрывом: материя, пространство и время абсолютно бесшумно возникли из бесконечно плотно сжатой энергии. С тех пор наша Вселенная благополучно расширяется. Первые девять миллиардов лет мы можем спокойно пропустить: для нас, землян, история становится интересной, когда около четырех с половиной миллиардов лет назад появился горячий шар расплавленной породы, на котором мы сегодня живем. Пока наша планета медленно остывала, ее постоянно бомбардировали гигантские глыбы, производя разрушительный эффект. Приблизительно через 100 миллионов лет после рождения Земли в результате столкновения с планетой размером с Марс на орбиту было выброшено столько материи, что из нее образовалась Луна. Это тоже не произвело совсем никакого шума, поскольку тогда еще не было атмосферы и, следовательно, воздуха. Только благодаря деятельности вулканов за миллионы лет вокруг нашей планеты сформировалась оболочка из

газов. Если современный человек отправится туда на машине времени, он не сможет дышать из-за нехватки кислорода в горячем воздухе, но хотя бы что-то услышит, а именно мощные извержения вулканов. Но в то время никаких слушателей и в помине не было.

После того как Земля достаточно остыла, шумовые эффекты стали гораздо спокойнее. Те, кто, подобно мне, вечно жалуются на плохую погоду, сочли бы это место слишком успокаивающим, если не сказать депрессивным, – дождь тогда лил буквально нон-стоп. И это был не просто один дождливый день: шум от падающих капель дождя был слышен по всему миру, и так продолжалось более сорока тысяч лет!

Этого небольшого по космическим меркам периода дождей хватило, чтобы на планете образовались океаны. Но даже шума морских волн поначалу никто не слышал, потому что живых существ с ушами еще не существовало. В океанах развивались одноклеточные организмы и появились сине-зеленые водоросли. Следующие три миллиарда лет молчаливые подводные обитатели занимались тем, что производили кислород посредством фотосинтеза. В конечном счете он высвобождался в атмосферу, а вокруг планеты формировался защитный озоновый слой.



В этих условиях окружающей среды, около 540 миллионов лет назад, произошло другое важное событие со взрывным названием, по сей день определяющее нашу жизнь: так называемый кембрийский взрыв. На этот раз в действительности ничего не взрывалось. Этот термин, скорее, обозначает гигантский эволюционный толчок. Всего за несколько

миллионов лет появились представители практически всех современных видов животных, включая и наших далеких предков. Причины такого внезапного скачка эволюции составляют предмет споров среди ученых. Факт в том, что спустя более чем 13 миллиардов лет, прошедших после возникновения Вселенной, на протяжении которых не было слышно ни единого звука, нашу планету внезапно заселили живые существа, способные чувствовать. Но что привело к развитию слуха?

Этому предшествовало появление другого жизненно важного органа восприятия, который сегодня по-прежнему находится в наших ушах. Я никогда о нем не задумывался до появления болезни, вызывающей головокружения. Это вестибулярный аппарат.

Верх и низ в древнем море, и как речные раки научились стоять на голове

За миллионы лет до кембрийского взрыва в древнем океане уже плавали кишечнополостные. Хотя у этих доисторических медуз не было ни костей, ни глаз, ни ушей, они все же имели с нами, людьми, кое-что общее: умение отличать верх от низа. Кишечнополостные животные обладали примитивным органом равновесия, нечто подобное есть и сегодня у медуз и раков. Этот орган представлял собой небольшой пузырь, наполненный жидкостью. Внутри находился крошечный камешек из кальция, который был тяжелее окружающей жидкости и под действием силы земного притяжения обычно опускался вниз. На нижней поверхности пузырька располагались тонкие сенсорные волоски. Когда кальциевый камень попадал на них, волоски отклонялись, подобно тумблерам. Затем они производили электрический стимул, передававшийся нервной системе. Такая примитивная сеть нервных путей пронизывала все тело кишечнополостных и функционировала настолько хорошо, что мозг им был не нужен, а значит, его и не было. В зависимости от положения животного камешек наталкивался на различные сенсорные волоски, и существо могло ориентироваться в пространстве. О кон-

кретных преимуществах такого восприятия можно только догадываться. Вероятно, оно не давало кишечнополостным погружаться слишком глубоко, где высокое давление водных масс могло бы их раздавить.

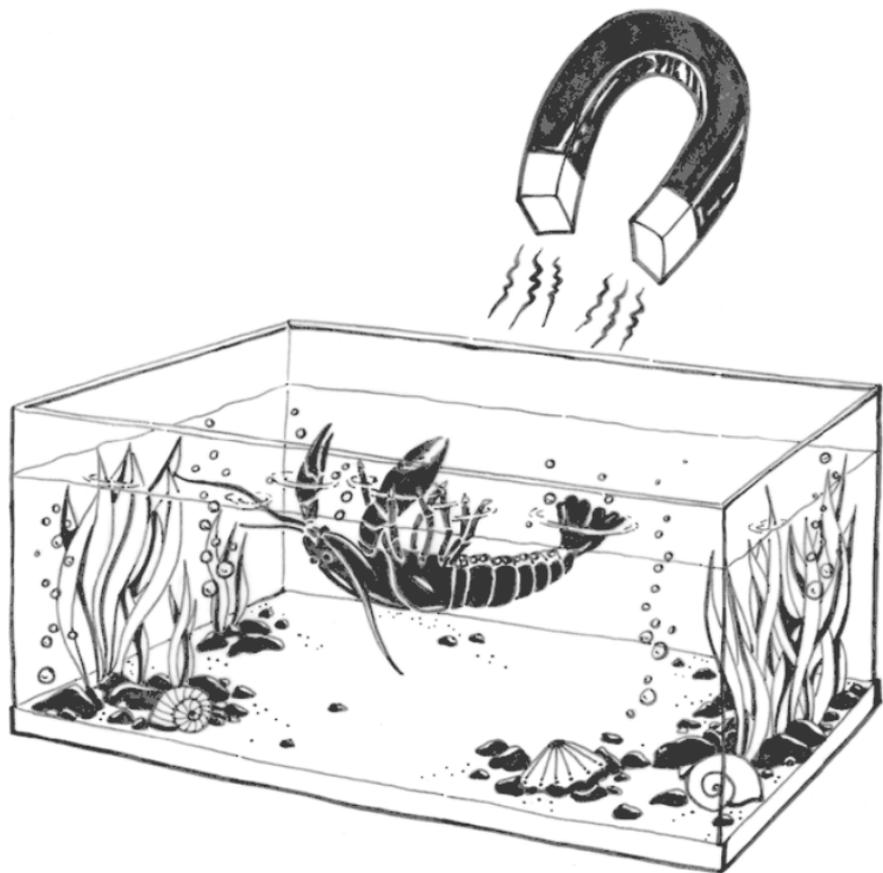
У сегодняшних медуз и других беспозвоночных животных вся внутренняя поверхность плавательных пузырей целиком покрыта сенсорными волосками. Представьте себе мяч, внутри которого повсюду располагаются маленькие тумблеры. В этот мяч заключен небольшой тяжелый шар. Если мяч катать по полу, поднимать или встряхивать, шар внутри будет многократно активировать своим весом различные переключатели. Когда шар отодвигается от переключателя, он возвращается в исходное положение.

Кстати, такую систему можно полностью сбить с толку, если перехитрить гравитацию Земли. Это удалось исследователям в эксперименте с речными раками.

Чтобы расти, животные вынуждены сбрасывать свои панцири. И хоть после раки наращивают новый панцирь, у них уже нет никаких камешков из кальция. Вместо этого членистоногие заключают в свои плавательные пузыри песчинки из окружающей среды. Их заменили металлической крошкой, которую животные принимали за песок и, ничего не подозревая, помещали в свои тела. Когда над таким раком держали магнит, он плавал вверх брюхом, поскольку металлическая крошка притягивалась в направлении магнита, и животному казалось, что там низ. Как бы ни были сбиты с толку

подопытные раки, когда их против воли заставляли плавать на спине, на дефицит железа они уж точно не могли пожаловаться...

Итак, отсюда мы можем сделать вывод, что с точки зрения эволюции равновесие – одно из наших древнейших чувств. Оно существовало задолго до того, как уши позволили нам слышать, а глаза – видеть. Это логично, ведь потребность в других чувствах свойственна только организмам, которые могут двигаться. Зачем нужно движение, если понятия не имеешь, куда оно приведет? Для ориентации в пространстве необходимо ощущение положения собственного тела и направления движения. И это подводит нас к следующему шагу в эволюции уха.



Волос в супе, и как движение становится информацией

Первыми живыми существами, которые могли слышать, были рыбы. Теперь нам нужно представить подводный мир, где происходило восприятие шумов. Но что вообще такое восприятие? Источником всего восприятия у каждого живого существа служит преобразование внешних раздражителей в электрические сигналы, которые затем обрабатываются нервной системой. Без электрического тока ничего не работает – этот закон справедлив как для биологии, так и для технологии.

Но что именно в процессе слушания превращается в электрическое пиршество для жаждущих информации нервных клеток? Ответ: движение. Мы уже видели, как у кишечнополостных животных и раков маленькие кальциевые крошечки стимулируют прикосновением сенсорные волоски, чтобы они генерировали электрические импульсы. Волоски располагаются на поверхности клеток, которые обязаны им своим названием: волосковые клетки. Благодаря чувствительным волоскам они способны преобразовывать мельчайшие движения в электрические импульсы и передавать их нервной системе.

Это всего лишь позволяет животным судить о положении собственного тела, но ничего не говорит им об окружающей

среде. Для слуха решающее значение имеет движение всей окружающей среды, вне зависимости от того, жидкая ли она, как вода древнего моря, или газообразная, как воздух вокруг нас.

Первым этапом в развитии слуха должно было стать неизбежное возникновение чувствительной клетки, рецептора, которая могла бы преобразовывать движение в электрические сигналы – предшественницы волосковых клеток. Считается, что первая такая клетка возникла задолго до кембрийского взрыва как случайная мутация в коже неизвестного существа. Поначалу она не имела никакого конкретного предназначения, но и не причиняла вреда своему владельцу, поэтому передавалась из поколения в поколение и продолжала распространяться. Благодаря дополнительным мутациям и изменениям условий окружающей среды она нашла себе применение в качестве волосковой клетки у кишечно-полостных животных. Из них выживали лишь те, которые с помощью своих плавательных пузырей умудрились остаться не раздавленными в глубинах моря. Таким образом, волосковые клетки оказывались полезными для сохранения вида и передавались дальше. И лишь гораздо позже они нашли свое место в органах слуха и равновесия у более развитых животных и людей. Следовательно, наше чувство равновесия и способность слышать с точки зрения эволюции имеют одни и те же древние корни.

Рыбы – это первые живые существа, у которых

появился слух.

Но вернемся к рыбам, плескавшимся в первичном бульоне: наши обладавшие плавниками предки изначально были глухонемыми, но имели примитивный вестибулярный аппарат, который, по всей вероятности, напоминал такой же орган у кишечнорастных животных. Позже он развился в так называемый орган боковой линии, его и сегодня можно встретить у рыб. Орган проходит по обоим бокам по всей длине тела животного и представляет собой заполненный жидкостью канал, где находятся волосковые клетки. Их стимуляция происходит уже не под действием веса кальциевого камешка, а путем движения воды в непосредственной близости. Это движение передается жидкости в канале, что заставляет волоски перемещаться вперед и назад, подобно тому как течение шевелит водоросли на дне моря. Благодаря этому рыба может регистрировать место нахождения добычи или даже опасных хищников, охотящихся на нее. Кроме того, она чувствует водные потоки, что помогает избежать нежелательного дрейфа, а также определять расположение неподвижных объектов, оказывающих влияние на поток. Это в разы увеличивает шансы вида на выживание, что заметно по успешности этого принципа: органы боковой линии были обнаружены у окаменелых останков примитивной рыбы *Astraspis*, жившей 470 миллионов лет назад. Кстати, у этого подводного жителя уже были глаза. Однако одного лишь зрения для обеспечения выживания вида было явно

недостаточно – чтобы держаться на плаву, животным требовалась дополнительная поддержка в виде органа боковой линии.

Чувство равновесия и способность слышать, с точки зрения эволюции, имеют одни и те же древние корни.

Что же такое умел делать этот орган, чего не умели глаза? В целом его действие было близко к слуху: орган боковой линии создавал ощущаемое животными невидимое движение окружающей среды, то есть воды. Но они могли чувствовать только простые движения – более сложные и легкие, вызванные звуковыми колебаниями, пока не удавалось распознать.

Долгое время исследователи полагали, что человеческое внутреннее ухо развилось из органа боковой линии доисторических рыб. Однако в последнее время считается, что оно образовалось независимо, причем оба органа для своего формирования, вероятно, использовали одну и ту же основу, а именно волосковые клетки.

Поиск источника происхождения слуха привел нас к волоскам в супе, точнее, к волосковым клеткам в первичном бульоне.

Расшифровки для врачей, ученых и других любителей иностранных слов, не владеющих простым языком

- Маленькие слуховые пузырьки у беспозвоночных, они же органы равновесия, –статоцисты.

- Кальциевый камешек в вестибулярном аппарате – статолит, отолит.
- Сенсорные волоски волосковой клетки – стереоцилии.
- Жидкости в кожистых и костных частях внутреннего уха – эндо- и перилимфа.
- Туго натянутая перепонка в улитке внутреннего уха, на которой располагаются волосковые клетки, – базальная мембрана.

Телефонный разговор об ушах

– Возможно, врач назвала болезнь Меньера²? – второе слово прозвучало в динамике моего смартфона как Мениер.

Немного подумав, я отвечаю:

– Да, именно так!

На другом конце линии повисает тишина.

– Андреас, ты еще здесь?

Мобильная связь в больнице нестабильна, а быть может, вообще оборвалась.

– Да-да, я здесь, – слышу я голос своего друга и опытного медика.

Я позвонил Андреасу рано утром сразу же после сумбурного визита лечащего врача, приведшего меня в замешательство. Из его так называемого объяснения я ни черта не понял и теперь надеюсь, что друг сможет объяснить мне, что происходит. Головокружение почти прошло, но после ужасной ночи в незнакомой обстановке я чувствую себя обессиленным, и кажется, что пол слегка покачивается, как только я поднимаюсь с кровати.

² Негнойное заболевание внутреннего уха, характеризующееся увеличением объема эндолимфы (лабиринтной жидкости) и повышением внутрिलाбиринтного давления (эндолимфатический гидропс), в результате чего возникают рецидивирующие приступы прогрессирующей глухоты (чаще односторонней), шума в ушах, системного головокружения, нарушения равновесия и вегетативных расстройств.

– Это плохо или хорошо, если у меня и правда окажется эта болезнь? – интересуюсь я.

– Нужно быть осторожнее с такими поспешными диагнозами, – отвечает Андреас. – Что именно врач сказал о том, почему так решил?

Я закрываю глаза и пытаюсь вспомнить. Все произошло так быстро. Молодой мужчина в белом халате с шумом влетел в палату, подержал перед моими глазами странный приборчик со встроенными увеличительными стеклами, через которые разглядывал меня. Свет, исходящий от этой штуковины, слепил так сильно, что по щекам начали течь слезы. Но что же он тогда сказал?

– Он говорил об этом... как его... нустаге... нюста...

Андреас подсказывает:

– Нистагм³?

– Точно! Что это такое, и что он хотел этим сказать?

– Это значит, что твои глаза бесконтрольно двигаются, поэтому и было головокружение⁴. О'кей, а нистагм еще сохранился?

– Да, он еще слабо ощущался. Тогда врач стал задавать мне вопросы и сказал, что это вполне может быть Morbus

³ Непроизвольные колебательные движения глаз высокой частоты (до нескольких сотен в минуту).

⁴ Нистагм не вызывает головокружение при болезни Меньера, он является самостоятельным симптомом. – *Прим. науч. ред.*

Menière⁵, и может потребоваться оперативное вмешательство.

– Какой кошмар! – гремит из динамика.

Я испуганно вздрагиваю.

– У меня все настолько плохо?

– Нет-нет, прости, это к тебе не относится. Я о враче! Он поступил крайне опрометчиво, вывалив все это на тебя. Скажи, какие вопросы он тебе задавал?

– Он спрашивал, нарушен ли у меня слух. Ты же знаешь, что я ношу слуховой аппарат в левом ухе. Я об этом тоже сказал. Тогда он спросил, нет ли у меня тиннитуса, и сколько приступов головокружения я пережил до этого. Я сказал, что три, и решил рассказать, что, будучи диджеем, много лет работаю по ночам и подвергаюсь воздействию громкого шума. Может быть, это как-то связано. Но это его несколько не заинтересовало. Он говорил что-то о погоде, по-моему, эндолимфе и гидро- как-то там. Но это можно прооперировать и перерезать слева нерв преддверия или убить вестибулярный аппарат с этой стороны какими-то антибиотиками. Тогда мозг полностью настроится на здоровую правую сторону, и с головокружениями будет покончено.

На другом конце линии я слышу фырканье.

– Невероятно, – комментирует Андреас. – Во-первых, на основании имеющихся фактов еще нельзя поставить точный диагноз. Твои симптомы указывают на болезнь Меньера, но

⁵ Болезнь Меньера.

это может быть и что-то другое. Во-вторых, даже если это окажется Меньер, операция – последнее, что нужно делать, потому что в этом случае твое больное ухо может совсем оглохнуть.

У меня перехватывает дыхание. Слышать весь мир в моно вместо стерео. Мне, как музыканту, такое даже представить страшно!

Андреас продолжает:

– Операцию делают только в очень, очень тяжелых случаях, когда больные на протяжении многих лет испытывают приступы головокружения настолько часто, что больше не могут жить нормальной жизнью. Ничто не указывает на то, что с тобой будет то же самое. Некоторые люди с диагностированным заболеванием *Morbus Menière* за всю жизнь пережили всего два – три приступа. Можно сильно повлиять на это своим образом жизни. Избегать шума и стресса, заниматься спортом, высыпаться, есть здоровую пищу и так далее. И, как говорится, пока вообще не стоит рассматривать болезнь Меньера. Это заболевание встречается крайне редко – им страдает лишь один из тысячи.

Я сбит с толку. Доктор ничего об этом не сказал. О тяжелой операции он говорил так уверенно и буднично, что я не усомнился в его словах, тем более что все равно понял только половину из всего сказанного. Когда я собрался задать еще несколько вопросов, он поглядел на свои наручные часы и заявил, что на выходных один присматривает за всем

отделением, поэтому ему нужно идти к другим пациентам, но я мог бы поговорить с его коллегой в начале этой недели. Потом он испарился, оставив меня без ответов. С Андреасом на другом конце моей личной горячей линии вдруг все начинает выглядеть совершенно иначе!

Далее мы подробно обсуждаем возможности. К сожалению, его фирма еще не разработала чудесное лекарство для ушей, тема сложная, и предстоит еще много исследований. Действительно ли в моем случае имеет место болезнь Меньера, по словам Андреаса, можно установить наверняка только при наличии патологического расширения внутреннего уха под названием «эндолимфатический гидропс». Этот термин я записываю в небольшой блокнот, который в предстоящие недели мне очень пригодится. Андреас продолжает: это можно выяснить только с помощью МРТ – технической процедуры, позволяющей визуализировать телесные жидкости на экране. Вспоминаю, что врач говорил о том, что нужно провести что-то подобное в больнице. Если бы я захотел сделать МРТ, мне пришлось бы задержаться здесь на несколько дней, а на это у меня нет никакого желания.

– Обязательно пройди обследование, – советует Андреас. – Когда у тебя будет результат, мы узнаем больше. На твоём месте я пока не стал бы заморачиваться мыслями о том, болезнь Меньера у тебя или нет.

О'кей, я должен некоторое время провести в больнице, чтобы в ближайшее время лечь в трубу МРТ. Думаю, все не

так уж плохо.

– Но осталось еще кое-что, что тебе следует знать, – нерешительно продолжает Андреас. – Возможно, это прозвучит не очень приятно.

Я делаю глубокий вдох и настраиваюсь на худшее:

– Выкладывай.

– Для проведения этой процедуры нужно будет ввести контрастное вещество.

Я выдыхаю и с гордостью сообщаю:

– Ну здесь проблем не будет. Я не боюсь уколов.

– Это еще не все. В этом случае тебе сделают инъекцию в оба уха.

– Что значит в оба уха? Куда-то в слуховой проход?

– Придется проколоть барабанную перепонку и впрыснуть контрастное вещество в среднее ухо.

По моей спине ползут мурашки. Ужасно! Длинный шприц в ухе кажется мне более страшным, чем лечение зубного нерва у тюремного врача-садиста!

Андреас добавляет:

– Не бойся, тебе предварительно сделают местную анестезию. Возможно, будет немного неприятно, но не болезненно.

– О'кей. Все равно спасибо за предупреждение.

Об этом, естественно, врач тоже ничего не говорил. Мы прощаемся, и, после того как я завершаю вызов, на дисплее смартфона отображается время разговора продолжительностью три четверти часа. Это примерно на сорок минут долъ-

ше беседы с лечащим врачом. Теперь я чувствую себя во всеоружии перед новой встречей с немецкой системой здравоохранения, у которой, очевидно, не хватает времени на пациентов с жизненно важными диагнозами. Тем не менее теперь у меня в рукаве есть два туза: я располагаю ценными профессиональными знаниями и в любое время могу позвонить Андреасу, если в дальнейшем понадобятся его советы.

Следующее, что я делаю – в очередной раз за этот сумасшедший день набираю номер жены, чтобы рассказать ей о недавно приобретенных знаниях. Кроме того, нам нужно обсудить, сможет ли она забрать со вчерашнего места проведения вечеринки мой фургон вместе с музыкальной установкой. Я надеюсь, что моя техника пережила ночь с необузданной толпой за пультом управления, и задаюсь вопросом, как вообще этот праздник прошел без диджея...

Звук, ша-ла-ла-ла-ла

Акустический концерт, акт первый: о волнах, которые на самом деле представляют собой сферы

Чтобы понять, как развивался наш слух и на какие невероятные достижения он способен, сначала следует обратиться к вездесущему явлению природы – звуку. Мы установили, что доисторические рыбы посредством волосковых клеток в органе боковой линии могли чувствовать простые движения воды, но еще не звук, или, точнее, звуковые волны. Вы, определенно, много раз слышали этот термин, и, возможно, он вызывал те же ассоциации, что и у меня: я представлял себе волны на поверхности воды, подобные тем, какие можно увидеть на озере или море. Я считал, что и звук похожим образом раскачивается вверх и вниз по воздуху. Однако такое представление ошибочно: звуковые волны выглядят совершенно иначе!

Вообще, они для нас, конечно, ни на что не похожи, ведь наши глаза не могут их различить. Чтобы получить наглядное представление о том, что такое звуковые волны и как они распространяются, придется покинуть мир видимого. Пред-

положим, вы хлопаете в ладоши, а мы увеличиваем это движение с помощью гигантского микроскопа. Тогда мы смогли бы увидеть, что пространство между ладонями и вокруг него вовсе не пустое. Там носятся миллионы молекул воздуха. Для простоты на мгновение представим их в виде маленьких синих шариков (даже если какой-нибудь специалист по физике элементарных частиц, услышав такое сравнение, начнет рвать на себе волосы). До того, как ваши руки придут в движение, эти шарики парят между ними, равномерно распределившись в пространстве. Через наш микроскоп мы можем наблюдать все, как в замедленной съемке: ладони медленно двигаются навстречу друг другу и сильнее сдвигают шарики. Синий цвет сгущается между руками, так как все больше молекул воздуха сталкиваются друг с другом. Затем ладони встречаются, и в этот момент раздается звук хлопка. По логике вещей, когда руки соприкасаются, между ними едва ли остается место для синих молекул воздуха. Они резко выдавливаются по бокам. Молекулы толкают соседние молекулы, которые также врезаются в соседей и приводят их в движение. Поскольку частицы не всегда отлетают прямо вперед, но и смещаются в стороны, рикошеты образуют замкнутую сферу вокруг ваших рук. Это достойно стоп-кадра. Итак, пауза!



Мы плавно приближаем внутренность сферы и обнаруживаем, что здесь молекулы снова распределились равномерно, как до хлопка в ладоши. Таким образом, плотная синяя стенка сферы имеет определенную толщину, и это сгущение всегда передается соседним группам молекул. Шарики толкают шарики, словно опрокидывающие друг друга костяшки домино. Отличие от домино в том, что молекулы сами возвращаются к первоначальному расстоянию друг от друга, а

костяшки просто остаются лежать. Конечно, в итоге ни одна молекула не оказывается именно в том месте, где была раньше, но дистанция между ними сохраняется такой же, как и прежде. Потому что частицы в состоянии покоя отталкиваются друг от друга и удерживаются на расстоянии.

Давайте продолжим смотреть фильм в замедленной съемке. Сфера расширяется и становится все больше, распространяясь на всю комнату, и ее часть проникает в ваши слуховые проходы. Как только молекулы воздуха достигают барабанной перепонки, эта крошечная пленочка начинает вибрировать. Это позволяет услышать хлопок после его преобразования в среднем и внутреннем ухе.

Теперь подведем итог тому, что мы узнали о распространении звуковых волн при хлопке:

- состоят из молекул воздуха, которые толкают друг друга подобно костяшкам домино;
- распространяются сферически вокруг источника звука;
- стенка звуковой сферы состоит из прижатых друг к другу молекул воздуха, в то время как внутри нее преобладает первоначальная плотность воздуха;
- звуковые волны – это не что иное, как систематическое изменение давления воздуха, которое распространяется в пространстве.

Акустический концерт, акт второй: о волнах, которые на самом деле представляют собой луковицы

Большинство шумов сложнее, чем простой хлопок. В отличие от упомянутого в начале Большого взрыва, они на самом деле представляют собой взрыв, то есть резкое изменение плотности воздуха. Это довольно громкий, но очень короткий звук.

Как выглядит звуковая волна при более длительном звучании? Например, в случае свиста или работающего двигателя?

Для нашего микроскопа подойдет пример звенящего бокала для вина. Если ударить по бокалу ложкой, он завибрирует, сталкиваясь при этом с окружающими молекулами воздуха. Здесь движение снова распространяется сферически, но вместо одной сферы в течение всей продолжительности колебаний постоянно создаются новые. На неподвижном кадре формирование молекул воздуха вокруг бокала выглядит как луковица. При рассмотрении в замедленной съемке отдельные ее слои непрерывно перемещаются изнутри наружу, увеличиваясь при этом.

Акустический концерт, акт третий: о волнах, которые представляют собой сплошной хаос

То, что мы увидели под микроскопом, – не что иное, как игра воображения. В реальной жизни ситуация выглядит гораздо сложнее. Прежде всего, все происходит безумно быстро: звук распространяется в воздухе со скоростью около 343 метров в секунду – независимо от того, хлопаете вы в ладоши или стучите по бокалу, за доли секунды доминоподобное движение молекул уже достигает стен, потолка и пола помещения. Молекулы отскакивают от каждой преграды и выбрасываются в пространство под разными углами. Их траекторию способны изменить даже предметы мебели.

Кроме того, в повседневной жизни ни один звук практически никогда не получается услышать отдельно. Предположим, в ресторане, где кто-то намеревается сказать тост перед большой компанией, собравшейся отпраздновать свадьбу, ударили по бокалу. Вокруг слышны голоса, звон столовых приборов, шелест одежды, шаги официантов, тихая фоновая музыка, шум автомобилей на улице. Все эти источники шума образуют звуковые сферы и луковички, перекрывающие друг друга. Молекулы, которые оттолкнулись от одного источника звука, в воздухе встречаются с другими движущимися молекулами и сбиваются с курса. Стены, люст-

ры, столы и человеческие тела отклоняют движения. Если на стоп-кадре, сделанном в этом ресторане, мы начнем искать сферу или луковицу, то не найдем ее. Вместо этого, по всей вероятности, обнаружим лишь сплошной хаос диких завихрений перемешанных молекул воздуха.

Для наших ушей все по-другому! В этом хаосе они способны определить, откуда исходит звук и что он означает. Музыка слышится как музыка, звон бокалов – как звон бокалов, голоса – как голоса. Звон бокала доносится от столика в центре, шаги официанта – справа, смех гостя – слева. Благодаря ушам мы распознаем все это, ни на минуту не задумываясь.

В конце концов, всеми акустическими впечатлениями мы обязаны малейшим колебаниям пленочки, которая не больше ногтя на мизинце, – барабанной перепонке. Эта высокочувствительная мембрана может ощущать воздействие даже отдельных молекул воздуха. Без барабанной перепонки мы были бы практически глухими. Итак, пришло время узнать, как, собственно, появилась в ухе драгоценная перепонка.

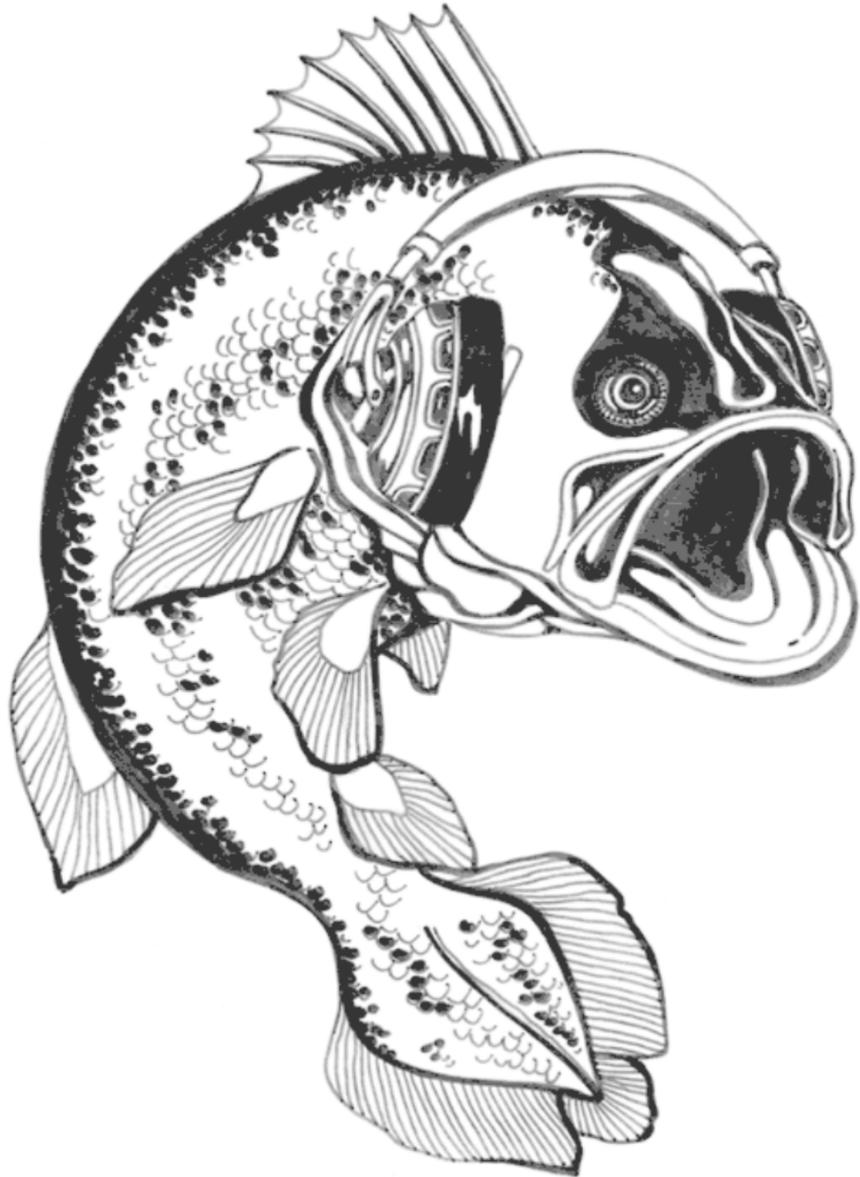
Водные обитатели выходят на сушу: дыхание через уши

Звуковые волны в воде распространяются так же сферически, как и в воздухе. Однако в жидкой среде они достигают скорости около 1500 метров в секунду, что быстрее более чем в четыре раза. Волосковые клетки в органе боковой линии первобытных рыб не могли их воспринимать. Когда именно у рыб развился слух, можно только догадываться. Знания о существах, живших на нашей планете сотни миллионов лет назад, получают в основном от ископаемых – окаменелостей вымерших животных. К сожалению, внутренние структуры их тел часто не сохраняются. Это касается и частей уха, таких как барабанная перепонка. Тем не менее исследователи могут делать выводы о наших давних предках, обитавших в воде, по животным, которых можно встретить и по сей день. В поисках источника происхождения слуха особенно помогают всем известные кистеперые рыбы. Эти существа считаются живыми ископаемыми, потому что вплоть до прошлого века считалось, что они вымерли около 70 миллионов лет назад. Это возраст наиболее свежих окаменелых находок, самые же древние насчитывают более 400 миллионов лет. На самом деле в водных глубинах скрывались животные длиной до двух метров – первый живой экземпляр был обнаружен в 1938 году у побережья Южной Африки.

Даже сегодня мы можем наблюдать там этот древний вид, а также перед одним из индонезийских островов.

Звуковые волны в жидкой среде распространяются в 4 раза быстрее, чем в воздухе.

Кистеперые рыбы имеют не только органы боковой линии, но и небольшие слуховые уплотнения с волосковыми клетками. Они настолько чувствительны, что могут воспринимать быстрые звуковые волны. У кистеперых и современных рыб под водой они прекрасно работают, потому что ткани и телесные жидкости животных имеют плотность, аналогичную жидкой окружающей среде. Таким образом, молекулы воды в своем движении, подобном костяшкам домино, сталкиваются непосредственно с молекулами тела, и звуковые волны продолжают беспрепятственно распространяться внутри самих животных. У кистеперой рыбы кость нижнечелюстного сустава проводит вибрацию к слуховым уплотнениям, заключенным в черепе. Благодаря этому миллионы лет назад ее предки уже могли слышать звуки, издаваемые другими животными, и спасаться от хищников. Слух оказался преимуществом, необходимым для выживания, и передался потомкам.



Ситуация усложнилась, когда первые морские жители вышли на сушу. По сравнению с водой воздух не такой плотный, и его звуковые волны не способны проникать в тело рыбы. Зато воздух дает много кислорода для дыхания. У одного древнего предка сегодняшней кистеперой рыбы появилась способность объединять дыхание со слухом. Целых 370 миллионов лет назад он поднимался на поверхность мелководья в Прибалтике, где регулярно поглощал воздух. Он делал это не так, как мы, через рот или нос, а через так называемое брызгальце. Наверняка вам известно, что киты и дельфины выпускают фонтаны воды через такое отверстие в спине. У древней кистеперой рыбы их было два, по одному за каждым глазом. Но она не выплевывала воду, а, наоборот, стремилась избегать попадания чего-либо в это отверстие — в конце концов, оно было предназначено для вдыхания воздуха. Предположительно, когда животное погружалось в воду, отверстие могло закрываться жаберной крышкой.

Исследователи считают, что более поздними потомками кистеперой рыбы были земноводные, жившие на материке, у которых барабанная перепонка развилась из жаберной крышки. Даже сегодня у нас, людей, в обоих ушах есть область за барабанной перепонкой, соединяющаяся с глоткой. Этот узкий канал называется слуховой, или евстахиевой, трубой. Если бы барабанная перепонка не закрывала слуховой проход, мы могли бы втягивать воздух в легкие через уши. Правда, евстахиева труба настолько узкая, что ко-

личества проходящего через нее воздуха, безусловно, не хватало бы для дыхания.

Последняя поездка

Я лежу на боку на неудобном процедурном столе и жду, пока докторша затолкает мне в ухо пропитанный химическим составом ватный тампон. Это должно обезболить мою барабанную перепонку перед тем, как ее проколёт шприц с контрастным веществом. Не знаю, чего я больше боюсь: иглы или результата обследования. Хоть Андреас и советовал не думать о болезни Меньера, пока не будет поставлен диагноз, мне пришлось провести на больничной койке долгих два дня. А здесь все равно совсем нечего делать, кроме как думать. И тут есть вездесущий интернет, который не под силу сдержать даже дверям больницы. Я не смог удержаться и вбил название болезни в поисковую строку. Информация, подействовала на меня уничтожающе:

- активная болезнь Меньера снижает качество жизни до одного из самых низких уровней среди всех пациентов, не находящихся на длительном стационарном лечении;
- пациенты с болезнью Меньера причисляют себя к хронически депрессивным;
- во время острого приступа болезнь Меньера даёт одну из самых высоких нагрузок по сравнению со всеми заболеваниями, которые когда-либо переживал человек.

Ну прекрасно! Однако меня это не коснется, говорю я себе. Андреас сказал, что эта болезнь встречается только у од-

ного из тысячи. Почему это должен быть именно я? По крайней мере, за последние два дня были и хорошие новости. Глава компании, чью рождественскую вечеринку я сорвал, оказался опытным диджеем-любителем. В тот вечер он заставил подчиненных плясать не под собственную дудку вокруг директорского кресла, а под музыку от моего микшерного пульта. В этой шутке оказалось достаточно правды, и он самостоятельно довел вечеринку до конца. После сотрудники площадки, где проходило мероприятие, разобрали мою музыкальную установку и заперли в складском помещении. Сегодня жена увезет все на фургоне.

Я вздрагиваю, когда что-то мягкое и прохладное касается моего уха.

– Не бойтесь, – говорит врач. – Это всего лишь ватный тампон с анестетиком. Сейчас может быть немного неприятно, но это скоро пройдет.

Едва она успевает засунуть эту штуку в мой слуховой проход, как он начинает адски гореть. Черт побери! Что это за проклятое обезболивание, которое само причиняет боль? Настало время стиснуть зубы! Я пытаюсь отвлечься и думаю о жене. Как она будет сегодня управлять моим фургоном? У нее нет опыта работы с громоздкими транспортными средствами! Обычно я езжу на нем на свои выступления по всей Германии, преодолевая за год более 20 тысяч километров. Но что, если за рулем у меня случится приступ головокружения, как в прошлую пятницу? Еще и, чего доброго, посреди

трассы на полной скорости? Немыслимо! Вчера врач-ассистент во время своего короткого визита в палату сказал, что в ближайшие несколько дней мне нельзя садиться за руль. Он не смог назвать конкретный промежуток времени. Быть может, эта докторша знает больше.

– Вы знаете, когда я снова смогу водить автомобиль?

– Точно не могу сказать, – сквозь вату ее голос звучит приглушенно. – Хотя подождите, в прошлом месяце один адвокат читал здесь лекцию о головокружениях и дорожном движении. Текст должен был сохраниться в электронном письме.

Краем глаза я вижу, как она достает смартфон и начинает прокручивать ленту на экране. Со временем жжение в ухе медленно угасает. Очень хорошо. Остается лишь надеяться, что лекарство поможет не только от боли, которую оно вызывает, но и от укола иглы!

– А вот и оно, – говорит докторша. – Итак, если исследование выявит болезнь Меньера, вы не сможете управлять транспортными средствами до двух лет после последнего приступа головокружения⁶.

Должно быть, я ослышался. Дурацкий ватный тампон.

– Вы сказали, две недели?

– Нет, два года. Отсчет всегда ведется от последнего приступа головокружения. Если в течение двух лет не случится нового приступа, вам разрешат снова водить автомобиль.

⁶ В России такого запрета не предусмотрено.

У меня начинается головокружение. На этот раз оно никак не связано с моей болезнью. Все дело в мыслях, носящихся в голове. Будучи мобильным диджеем, на выступления я всегда привожу собственную отстроенную музыкальную технику, а после увожу ее в отель или домой. Прочистив пересохшее горло, я интересуюсь:

– А что будет, если у меня случится новый приступ до того, как пройдут два года?

– Тогда все начинается сначала, а это значит, что придется ждать еще два года.

Мысленным взором я вижу свою карьеру лежащей в руинах. Вместе с моим фургоном, только что разбившимся в щепки о подводные камни, простодушно расставленные докторшей с дружелюбным голосом. Она достает вату из моего уха и оттягивает ушную раковину вдоль головы по диагонали вверх. Я знаю, что вслед за этим сразу последует укол шприцем, но больше не боюсь его. Наверняка он покажет, что у меня нет болезни Меньера, ведь этого просто не может быть! Хороший шприц, делай свое дело! Затем раздается треск, становится холодно, и боль совсем не чувствуется.

Путешествие внутрь уха

В ранней юности я посмотрел увлекательный фильм «Фантастическое путешествие». Команду ученых, помещенных в подводную лодку, уменьшили до микроскопических размеров и ввели в организм мужчины, чтобы они удалили тромб. И хоть за сцены и спецэффекты в 1967 году фильму дали Оскара, с точки зрения современного телезрителя они невольно вызывают смех. Как будто фильм снимали внутри лавовой лампы с плавающей повсюду квашеной капустой в качестве злых антител. Но в детстве я не мог оторваться от экрана телевизора: никогда не видел ничего подобного. То, что мое тело так выглядит изнутри, поражало воображение.

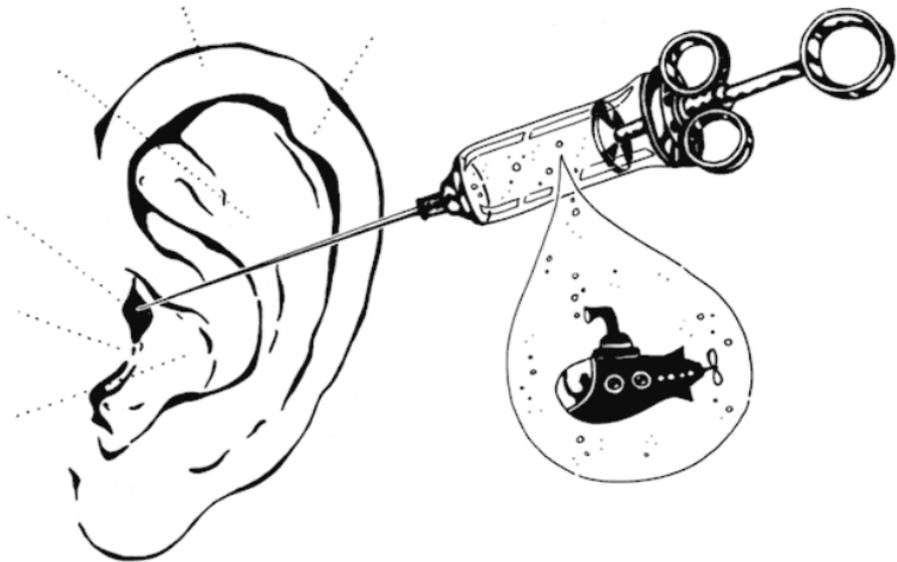
Давайте представим, что сидим в такой уменьшенной подводной лодке и находимся на кончике иглы, которую втыкают мне в ухо. На пути к барабанной перепонке и дальше мы сможем лицезреть потрясающие панорамные виды. Путешествие начинается сбоку от головы. Сначала к нам приближается левая ушная раковина.

Ушная раковина

Мы на мгновение зависаем в подводной лодке над холмистым пейзажем телесного цвета, который выглядит словно поверхность чужой планеты. Фактически он напоминает ги-

гантскую раковину, обращенную к нам открытой стороной. В глаза бросается утолщенное обрамление поверхности на горизонте, так называемый завиток. Перед ним, чуть дальше вовнутрь, подобно дюне, поднимается выступ – противозавиток. К югу от нас мы видим большое плато – мочку уха. Под нами лежит ущелье – полость уха. С левой стороны от нее находится воронкообразный провал, вход в который теряется во тьме. Это ушное отверстие. С запада над ним нависает небольшой уступ – козелок.

Пока мы удивляемся странным холмам и долинам вокруг нас, докторша со шприцем в руке говорит: «А теперь, пожалуйста, не двигайтесь». Молекулы воздуха над ландшафтом отталкиваются от ее рта и приходят в движение, возникают звуковые волны. От завитка отскакивает несколько синих шариков, противозавиток отклоняет некоторые из них от траектории, другие следуют за кривизной долин между ними и скачут из стороны в сторону в ущелье под нами, прежде чем исчезнуть в черной воронке.



То, что мы переживаем в настоящий момент, демонстрирует важнейшую функцию ушной раковины: она изменяет звуковые волны в зависимости от того, с какой стороны они попадают на ландшафт. В результате один и тот же звук звучит по-разному, когда раздается спереди, сзади или рядом с нами. По изменениям звука мы способны определять, в какой стороне находится его источник. Даже одним ухом можно очень хорошо различить, раздается шум спереди или сзади, сверху или снизу. Правда, чтобы точнее определять левую и правую стороны, нам нужны два уха, но об этом узнаем позже. А пока шприц приходит в движение, и наше путешествие продолжается. Мы приближаемся к темному провалу,

который называется наружным слуховым проходом.

Наружный слуховой проход

Перед нами раскинулась темная пещера. К счастью, у нашей подводной лодки есть прожекторы, и можно осветить сцену событий. При входе в пещеру и сразу за ним стоят полупрозрачные древесные стволы молочного оттенка. По крайней мере, такими они кажутся, потому что нас очень сильно уменьшили: в действительности это тонкие волоски, едва заметные при дневном свете. У наших ранних предков они, очевидно, были гуще и защищали ушной канал от грязи и насекомых. В конце концов, в те времена, по всей вероятности, спали на полу в пещере, а не в кровати с чистыми простынями. Сегодня эти волоски не имеют никакой другой функции помимо увеличения числа продаж у производителей триммеров для волос в носу и ушах.

Звериные уши у людей

Большинство млекопитающих могут поворачивать свои ушные раковины в направлении источника звука. Люди утратили эту способность в ходе эволюции. Тем не менее некоторые из нас все еще могут шевелить ушами. Более того, у нас имеется еще один пережиток, оставшийся от звериных предков: выпуклое образование на внешнем крае ушной раковины.

Примерно у каждого четвертого человека имеется так называемый Дарвинов бугорок, который когда-то

венчал остроконечные уши наших предков-животных.

Мы оставляем лес позади и проникаем глубже. Пещера слегка поднимается, и после пересечения ее трети хрящевая наружная область головы встречается с височной костью. Хотя мы не можем понять этого по стенке пещеры, потому что вся она покрыта кожей, но здесь путь снова меняет направление и уводит наискосок влево. Теперь мы находимся внутри черепа. Изгиб слухового прохода – вот причина, по которой врач перед введением шприца оттягивает ушную раковину назад и вверх: только так она сможет увидеть барабанную перепонку напрямую.

На стенках пещеры виднеются желто-коричневые пятна. Мы выдвигаем из подводной лодки манипулятор с захватывающей рукой и при соприкосновении замечаем, что вещество имеет маслянистую, липкую структуру. Перед нами то, что обычно называют ушной серой. Она вырабатывается железами кожи слухового прохода и, в отличие от волосков в ухе, выполняет важную функцию. Благодаря своей клейкой консистенции она улавливает отмершие частички кожи, пыль и прочий мусор, попадающий в слуховой проход. Со временем сера высыхает, а после в небольших количествах высыпается из слухового прохода.

Все происходит именно так, если только кому-то не приходит в голову идея ковыряться в ухе ватной палочкой, проталкивая массу в направлении барабанной перепонки. Это может привести к закупориванию слухового прохода и ухуд-

шению слуха. Так что ватным палочкам нечего делать в ушном канале длиной от двух до трех сантиметров! По этой причине в США ватные палочки теперь имеют предупреждающую этикетку на упаковке.

Помимо очищения у серы есть еще одна важная функция: она убивает бактерии, выполняя таким образом функции санитарной полиции наружного слухового прохода, поэтому наша теплая пещера защищена от инфекций. Мы же приближаемся к ее концу и видим серую стену. Перед нами появляется барабанная перепонка.

Гадание на ушной сере

Гадалки читают по кофейной гуще, ученые – по содержимому ушей: если сера липкая и имеет цвет от желтоватого до темно-коричневого, она, скорее всего, взята у американца, европейца или африканца. Если же перед нами, наоборот, сухой образец светлого цвета, его хозяин, предположительно, из Азии. Женщины с сухой ушной серой производят меньше грудного молока, но зато лучше реагируют на лечение противораковыми препаратами, чем женщины с влажной ушной серой.

Барабанная перепонка

Перед нами серая стена, и в ней отражаются наши прожекторы. Вокруг отражений она выглядит немного прозрачной. В глаза бросается форма, которая изгибается в направлении от нас, напоминая спутниковую антенну. Самая дальняя вы-

ступающая точка располагается примерно в центре барабанной перепонки.

Характеристики барабанной перепонки

- Толщина: 0,1 мм
- Вес: 25 мг
- Диаметр: 9–10 мм (соответствует ногтю мизинца)

Докторша снаружи говорит: «Сейчас сделаю прокол». Поток молекул воздуха под разными углами проносится через слуховой проход и наталкивается на серую поверхность перед нами. Она начинает вибрировать. Мы отчетливо видим: это едва заметное движение передает всю слышимую информацию от окружающей среды в мозг. Барабанная перепонка настолько чувствительна, что достаточно уже одного радиуса перемещения диаметра единственной молекулы воздуха, чтобы она начала колебаться. Однако невозможно представить вот что: каким образом одни только мелкие вибрации крошечной прозрачной пленочки формируют в голове предложение «Сейчас сделаю прокол». И это, не считая восприятия фоновых шумов, раздающихся одновременно, например, шума машины скорой помощи под окном, шагов в коридоре и кашля пациента, ожидающего очереди в холле.

Мы хотели бы задержаться здесь и с благоговением наблюдать дальнейшие колебания барабанной перепонки, но ужедвигаемся дальше в ее направлении. Как только мы вошли в соприкосновение с серой стенкой, происходит толчок, затем цвет меняется на теплый красно-оранжевый, и мы попадаем

в среднее ухо.

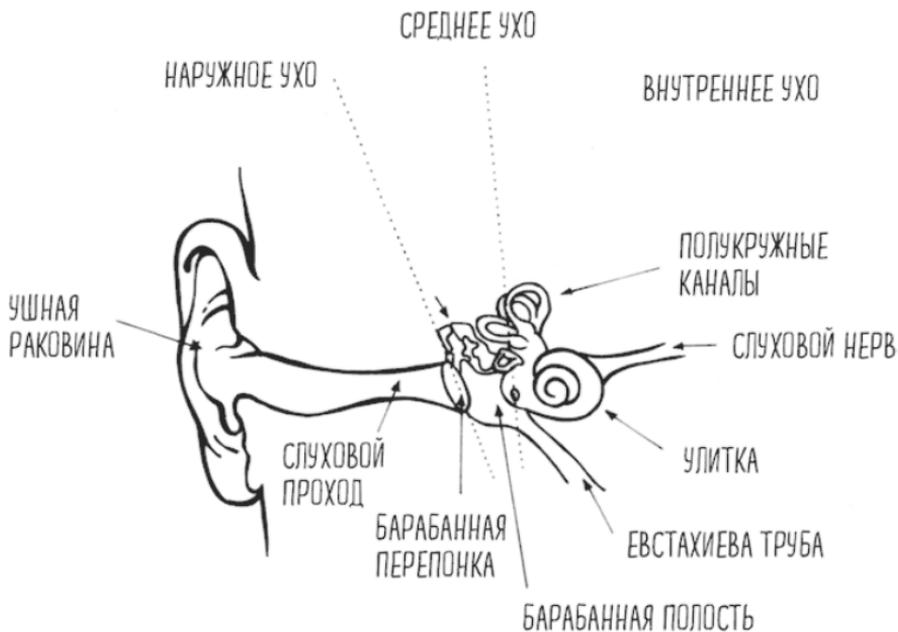
Пять наиболее абсурдных заменителей поврежденных барабанных перепонок в истории медицины

- Во время Тридцатилетней войны – кишка свиньи.
- 1848 – влажный ватный шарик.
- 1880 – диск из продезинфицированной губки.
- 1885 – оболочка со скорлупы куриного яйца.
- 1960 – латекс от презерватива на серебряной проволоке.

Сегодня используют либо собственную ткань одной из лицевых мышц, либо хрящ ушной раковины. В настоящее время ведутся эксперименты с плетением из паутины, поскольку этот натуральный продукт обладает антибактериальными свойствами и чрезвычайно прочен.

Среднее ухо

Мы находимся в коротком высоком зале – барабанной полости. Под нами на полу, который поднимается под небольшим наклоном, располагается отверстие евстахиевой трубы. Это тот самый канал, ведущий в полость глотки, через который кистеперые рыбы дышали миллионы лет назад. Стенка напротив выгнута в нашем направлении. На ее нижней стороне находится мембрана, так называемое круглое окно.



Над нами раскинулась впечатляющая система перекрытий: от барабанной перепонки вверх взмывает булавовидная кость. Этот молоточек врежется в точно подогнанное углубление другой кости, наковальни, форма которой напоминает вытянутый зуб. Но здесь работает не кузнец, а молоточек, и наковальня вибрирует под воздействием барабанной перепонки. Через третью кость, названную из-за ее формы стремечком, это колебание передается овальному окну в противоположной стенке. Стремечко знакомо нам еще по кистеперым рыбам: у них это была единственная кость в ухе, пе-

редающая вибрации слуховым уплотнениям. При длине всего три миллиметра эта кость самая мелкая во всем человеческом теле.

Три слуховые косточки сохраняют свою форму с помощью трех гибких связок, резонирующих при вибрации. Благодаря взаимодействию между косточками этот механизм представляет собой мощный усилитель звуковых волн. Здесь мы находимся в последней части уха, заполненной воздухом. За противоположной стенкой располагается улитка. Внутри у нее содержатся две жидкости, которые гораздо плотнее воздуха, и поэтому их можно привести в колебательное движение только под воздействием большой силы. Это необходимо, потому что только там волосковые клетки готовы к обработке звуковых волн. Следовательно, слуховые косточки действуют как усиливающее соединение между барабанной перепонкой и овальным окном. Без них в улитку поступал бы лишь 1 % всего звука – остальное бесцельно рассеивалось бы в барабанной полости. Это было бы подобно дуновению над поверхностью озера. Благодаря среднему уху эффект больше похож на работу кувалды, которая бьет по воде, производя соответствующие волны. В связи с этим назвать самую крупную косточку молоточком было вполне уместно! Но как же он и наковальня возникли?

Бодибилдинг для ушей

Две небольшие мышцы при помощи сухожилий соединяются со слуховыми косточками в среднем

ухе. Когда мы чихаем или подвергаемся воздействию шума, эти мышцы натягиваются и снижают передачу звука через слуховые косточки в тысячи раз! Это защищает слух от повреждений. Но для этого мышцам требуется сотая доля секунды, поэтому будьте осторожны с резкими хлопками. Поскольку при длительных нагрузках мышцы устают, и их защитный эффект ослабевает, следует периодически давать ушам отдыхать от постоянного шума.

Смешение в среднем ухе: немного от рыб, немного от рептилий

Кистеперая рыба 376 миллионов лет назад уже дышала воздухом, но так и осталась в воде. Ее сородич, тиктаалик, появившийся примерно в то же время, напротив, был уже на шаг впереди – в прямом смысле этого слова. По всей вероятности, эта рыба большую часть времени проводила на мелководье, но могла выползать и на сушу. Там она могла дышать и передвигаться с помощью плавников. Это были первые шаги по твердой поверхности и одни из последних шагов эволюции к самым ранним наземным позвоночным животным – амфибиям. Они жили на суше, но продолжали размножаться в воде. Сегодня к ним относятся лягушки, жабы и другие земноводные.

Слух первых амфибий еще не был приспособлен к жизни на суше. Как уже упоминалось, к умению слышать в воде предъявляются иные требования, нежели к умению слышать на воздухе. На самом деле, по сравнению с нами и другими современными обитателями суши, эти животные были в высшей степени тугоухими. Если в воде звук проходил сквозь их тела, достигая ушей, то на воздухе это больше не работало. На суше они опускали нижние челюсти на землю и улавливали колебания поверхности костями челюстей и черепа. Так они могли чувствовать движения других живых су-

ществ или сил природы в окружающей среде.

В дальнейшем развитии амфибии использовали структуры своих предков-рыб. Во-первых, из жаберной крышки брызгальца образовалась барабанная перепонка. Во-вторых, соединительная кость между челюстью и черепом была преобразована в проводник звуков. Позже из нее развилось стремечко в среднем ухе млекопитающих и людей. С его помощью низкие звуки удавалось слышать лучше, чем при прикладывании нижней челюсти к земле.

Слух на суше и в воде совсем разный, и для каждого необходимы свои умения.

Но прежде чем молоточек и наковальня вступили в игру и усилили высокие звуки в воздухе, должно было пройти еще какое-то время. Сначала, 312 миллионов лет назад, на сцену вышел новый вид – рептилии. В отличие от амфибий, они производили свое потомство на суше и дышали исключительно легкими. Поначалу они тоже использовали челюстные кости, чтобы улавливать звуковые волны через землю. Их нижняя челюсть состояла из нескольких сросшихся костных элементов. Часть, где росли зубы, за миллионы лет становилась все больше, в то время как остальные части утрачивали свои функции. Они становились меньше и задвигались дальше в череп, где наконец превратились в слуховые косточки. Соединение с уже существующим стремечком усиливало колебание барабанной перепонки при передаче во внутреннее ухо. Таким образом получалось слы-

шать и высокие звуки, а также определять их источник. Теперь можно было распознавать как приближающихся хищников, так и добычу. Для этого приходилось отличать все окружающие шумы друг от друга. Незначительные звуки, такие как шум ветра, нужно было отделять от важных – например, шагов другого животного. Чем более дифференцированной была слуховая способность животного, тем выше были его шансы на выживание. В этом смысле акустический анализ окружающей среды был, скорее всего, самым важным движущим фактором эволюции слуха. Улучшение слуховой способности также означало, что мозгу приходилось очень быстро обрабатывать все большее количество информации. Этому суждено было проявиться позже, главным образом, у нового вида, к которому мы также относимся, – у млекопитающих.

Примерно 195 миллионов лет назад появилось одно из первых млекопитающих – хадрокодиум. Правда, похожее на мышь существо было крошечным, едва ли больше канцелярской скрепки. И все же оно обладало двумя особенностями, делающими его вехой эволюции. Во-первых, его слуховые косточки были практически полностью отделены от челюсти и относились таким образом исключительно к уху – у рептилий еще сохранялась связь с механизмом кусания. Во-вторых, его мозг, по сравнению с остальной частью тела, был на 50 % больше, чем у любого существовавшего прежде животного. Повлияло ли увеличение размера мозга на исчезнове-

ние соединения между слуховыми косточками и челюстью – вопрос спорный. Возможно, мозг тоже вырос просто потому, что первые млекопитающие могли лучше слышать, поэтому им приходилось обрабатывать больше информации. В любом случае факт заключается в том, что существует связь между размером мозга и обособлением среднего уха.

Маленький зверек, предположительно, был ночным, потому что днем по земле бродили динозавры. Если вам когда-либо доводилось с восхищением разглядывать скелет динозавра в музее или же вы смотрели фильм «Парк юрского периода», будет понятно, что по сравнению с нами динозавры были огромными. А теперь попробуйте представить их с точки зрения двухсантиметрового хадрокодиума! Очевидно, что мелкие млекопитающие стремились избегать

Утилизация в эволюции

Эволюция – это не прямолинейное развитие. Зачастую части тела на протяжении многих поколений по причине изменившихся условий жизни утрачивают свое значение и исчезают. Некоторые – полностью, другие впоследствии становятся еще более полезными в совершенно иной функции. Так, все слуховые косточки в наших ушах первоначально были частями нижнечелюстных суставов рыб и рептилий, а жаберная крышка древних рыб развилась в барабанную перепонку. Следовательно, своим хорошим слухом мы обязаны эволюционной утилизации!

неожиданных встреч с гигантской стопой огромной яще-

рицы. Следовательно, в течение дня они, скорее всего, оставались в подземных укрытиях. По ночам большинство динозавров спали – это было самое безопасное время для вылазок. Чтобы ориентироваться в темноте и распознавать опасности, способность хорошо слышать была необходима. Она в полной мере реализовывалась посредством трех слуховых косточек. У людей и всех остальных млекопитающих они сформировались как на основе челюстного сустава рыб (стремечко), так и от челюстных костей рептилий (молоточек и наковальня).

Замечательно просматривается

Великий день настал: сегодня я узнаю свой диагноз. После того как мне в оба уха ввели контрастное вещество, пришлось ждать 24 часа. Так долго, потому что препарату требовалось время, чтобы переместиться из среднего уха во внутреннее. Затем меня поместили в аппарат МРТ, чтобы посмотреть, где распределилось контрастное вещество. Это было вчера. Сегодня лечащий врач сообщит мне результат.

В палате я один. Я плохо спал и все утро был ужасно напряжен. От диагноза очень многое зависит, и не только в профессиональном плане. Если это действительно окажется болезнь Меньера, придется смириться с тем, что в любой момент меня может свалить с ног мощный приступ головокружения. Неважно где: в очереди в супермаркете, в кино, в ресторане или на лестнице в подвале. Валяться под ногами у абсолютно незнакомых людей, без сомнения, неприятно, но помимо этого, падение может оказаться действительно опасным.

Наконец ближе к обеду раздается стук в дверь, и в палату заходит молодой врач. Тот самый, который собирался прооперировать меня сразу после поступления.

– Ну что же, господин Зюндер, как у нас обстоят дела сегодня?

– Это я скоро узнаю, если вы скажете мне, что показало

исследование.

– Да, конечно. У вас ведь больше нет головокружения?

Я качаю головой и с надеждой гляжу на него. С длинным «Итааааааак» он неловко вытаскивает из папки большой лист глянцевой бумаги и протягивает его мне. На нем изображены темные квадраты, на которых переплетаются друг с другом странные серые разводы.

– Здесь вы видите магнитно-резонансную томографию правой пирамиды височной кости, – он показывает пальцем на небольшие светлые пятна в одном из квадратов. – Вот ваша улитка и правые полукружные каналы. Светлые участки образовало контрастное вещество. Оно в основном диффундировало в перилимфатическое пространство, которое здесь представлено светлым.

Я абсолютно ничего не понимаю, но все равно киваю – слишком нервничаю, чтобы задавать умные вопросы. Доктор указывает на другой квадрат.

– Вот ваша левая пирамида височной кости. Здесь замечательно просматривается гидропс. Избыток эндолимфы вытеснил сюда перилимфу, поэтому светлые участки меньше, и мы видим черные пятна. Как на фотонегативе, если вы понимаете, о чем я.

Я не понимаю, при чем тут фотонегатив, но меня это совершенно не волнует. Он правда сказал, что здесь «замечательно просматривается гидропс»? Неужели у меня действительно этот эндолимфатический гидропс, которого я так

сильно боюсь? И что, скажите на милость, в этом замечательного? Когда он собирается продолжить монолог, я поднимаю руку и произношу:

– Подождите. Значит ли это, что у меня болезнь Меньера?
Он кивает:

– Верно. Все, как я изначально предполагал.

Он предполагал. Я этого боялся. Новость настигает меня, словно удар в живот. Доктор продолжает разбрасываться научными терминами. Я не могу угнаться за ним. Когда он делает паузу, я спрашиваю:

– А что это значит для меня?

– Вы рассматривали возможность операции, о которой мы говорили?

– Ну мы не то чтобы много о ней говорили. Но я думал об этом и решил, что об операции не может быть и речи.

Он пожимает плечами:

– Что ж, это ваше решение.

Врач не делает никаких попыток выяснить, почему мной принято такое решение, и я продолжаю:

– Это всего лишь мой четвертый приступ. Я хотел бы подождать. Как диджей, я постоянно подвергаюсь воздействию шума, работаю по ночам в стрессовой обстановке. Возможно, атаки прекратятся, если я поменяю профессию.

– Этого вам никто не может гарантировать.

– Конечно, нет. Но никто также не может гарантировать, что после операции у меня сохранится способность слышать.

– Признаю, вероятность потерять слух есть, хотя такое бывает редко. Само собой разумеется, о наличии такого риска вам сообщат до оперативного вмешательства.

Ему больше нечего сказать. Он кладет снимки обратно в папку, зажимает ее подмышкой и засовывает руки в карманы белого халата.

– И что же мне делать дальше? – интересуюсь я.

– Поскольку у вас больше нет головокружения, сегодня после обеда можете отправляться домой. Если хотите, мы отправим результаты обследования вашему отоларингологу. В случае нового приступа головокружения или если передумаете насчет операции, вы, конечно, можете вернуться к нам.

С этими словами он протягивает мне правую руку. Это недвусмысленный сигнал: вот и все! Раз я не желаю делать операцию, здесь дальнейшего лечения для меня не будет. Я нерешительно пожимаю руку.

– Всего хорошего, господин Зюндер. Я подготовлю выписку. Пожалуйста, обратитесь за ней на ресепшен.

Он прощается, закрывает за собой дверь и оставляет меня наедине со своей судьбой. Словно оглушенный наркозом, я лежу в постели. Грозное облако экзистенциальных страхов вдавливают меня в подушки. Из всех мрачных мыслей в моей голове одна внезапно поражает подобно яркой вспышке молнии: что делать с более чем 30 выступлениями в грядущем сезоне, с контрактами, которые я уже подписал? Не могу же я все их отменить! За каждое я получил аванс в размере 650

евро. Десятки женихов и невест со всей Германии надеются, что на их свадьбе я буду отвечать за хорошее настроение. Не хотелось бы их разочаровывать. Кроме того, я не сумею вернуть почти 20 тысяч евро аванса, не зарабатывая денег. Текущие расходы у меня как у самозанятого составляют более двух тысяч евро в месяц. Откуда мне их взять? Смогу ли я каким-то образом вернуться на сцену, несмотря на болезнь? Я достаю смартфон. Мой палец зависает над номером жены. Но что я ей скажу? Я понятия не имею, что будет со мной дальше и что именно означает этот диагноз. Андреас, определенно, сможет объяснить мне все более подробно, поэтому сначала я звоню ему.

В самом герце звуков: О ВЫСОКИХ И НИЗКИХ

Прежде чем продолжить путешествие вглубь тела и погрузиться во внутреннее ухо, будет полезно совершить короткую экскурсию в царство звуков. Мы узнали, что звуковые волны распространяются вокруг источника, принимая форму луковицы. Чем короче звук, тем меньше слоев у звуковой волны, вплоть до одного-единственного, возникающего при резком хлопке. Однако количество слоев зависит не только от длительности звука, но и от его высоты. Чем выше звук, тем теснее располагаются слои друг к другу. При высоком звуке за один промежуток времени формируется больше слоев, чем при более низком. Почему так происходит, станет ясно из небольшого эксперимента.

Возьмем пластмассовую линейку, складной метр или пластиковую ложку – короче говоря, любой длинный и гибкий предмет, который найдется под рукой. Положим один конец, примерно с ширину ладони руки, на край стола и крепко прижмем его там. Длинный конец теперь выдается в пространство над краем стола. Свободной рукой отогните его вниз и отпустите, позволяя ему быстро распрямиться. Раздастся звук. В зависимости от материала, это будет, скорее всего, гудение или жужжание. Подождите, пока звук не исчезнет. Теперь повторите действия, но пока линейка будет

вибрировать, медленно сдвигайте ее к центру столешницы лежащей на ней рукой. Вы заметите, что чем ближе к центру стола перемещаете линейку, тем выше становится звук.

Наблюдая движение линейки при ее колебании, мы сразу можем понять, что здесь происходит. Свободный конец, изначально выдвинутый на большую длину, был вынужден преодолевать довольно большое расстояние, чтобы раскачиваться от крайнего нижнего положения до крайнего верхнего. В точке наибольшего отклонения, то есть непосредственно перед выпрямлением, возникает кольцо звуковой луковички. Здесь сгущение молекул воздуха максимально. Оболочки луковички, таким образом, представляют собой зоны сгущения.

Чем дальше линейка перемещается к середине стола, тем короче свободный конец и тем меньше ему остается пространства для движения. Теперь происходят две вещи: размах колебаний линейки становится все уже, а движение при этом ускоряется. В результате зоны сгущения молекул на звуковой луковичке располагаются все теснее.

Звуковые волны распространяются вокруг источника, принимая форму луковички, и чем короче звук, тем меньше слоев у звуковой волны.

В этой главе мы не можем обойти вниманием три физических термина, которые представляют важность для дальнейшего понимания нашей способности слышать. Количество колебаний, повторяющихся за одну секунду, то есть перио-

дичность, с которой, к примеру, линейка совершает полное движение снизу вверх или наоборот, называется частотой. Единица, принятая для ее обозначения, – герц. Одно колебание в секунду – это 1 герц, десять колебаний – 10 герц и так далее. Свыше 1000 герц, чтобы избежать слишком длинных чисел, вводят понятие килогерц. Итак, 1000 герц соответствуют 1 килогерцу (сокращенно 1 кГц). Чем больше число герц, тем плотнее луковица заполнена зонами сгущения и тем выше слышимый нами звук. Пространственное расстояние между зонами сгущения называется длиной волны. Чем теснее друг к другу расположены зоны сгущения, тем выше звук и короче длина волны. Если у вас в голове уже сформировался запутанный клубок вопросов, приглашаю последовать за нами в лабиринт...

Шпаргалка (при необходимости загните здесь уголок)

ЧАСТОТА — количество колебаний в секунду.

ГЕРЦ — единица измерения частоты.

КГЦ — сокращение для килогерц, применяется от 1000 герц.

ДЛИНА ВОЛНЫ — пространственное расстояние между зонами сгущения молекул одной звуковой волны.

Лабиринт: фантастические витки

Внутреннее ухо – один из самых сложных и в то же время наиболее чувствительных аппаратов, предназначенных для восприятия окружающего мира. Точнее говоря, это две взаимосвязанные системы восприятия: орган слуха и вестибулярный аппарат.

Первый находится в костной улитке. Она получила название по своему внешнему виду – выглядит, как домик улитки. С ней соединяются полукружные каналы, три дугообразных туннеля, проходящих через пирамиду височной кости. Каналы содержат внутри вестибулярный аппарат и лежат под прямыми углами по отношению друг к другу. В зависимости от угла обзора, один канал занимает почти вертикальное положение, другой – горизонтальное и третий – наклонное.

Сенсорные клетки в слуховом органе и вестибулярном аппарате очень нежные и хрупкие. Поэтому для их защиты все внутреннее ухо располагается внутри специальной части черепа – пирамиды височной кости. Она состоит из самой твердой кости нашего тела, сравниться с которой по прочности может только зубная эмаль. Несмотря на это, пирамида височной кости довольно легкая, потому что содержит множество воздушных пузырьков. Если бы их не было, наш череп казался бы слишком тяжелым для шейных мышц. Кроме того, такая легкая конструкция препятствует передаче через

кости слишком большого количества звуков во внутреннее ухо – в конце концов, оно должно концентрироваться на вибрациях барабанной перепонки.

Весь костный лабиринт, то есть улитка и полукружные каналы, в конечном итоге представляет собой не что иное, как искусно смоделированные полости в черепной кости. Через эти костные туннели проходит мембранный лабиринт. Внутри он повторяет наружную форму. Вы можете представить его в виде тонкой трубочки, которая на отдельных участках срослась с внешней костной оболочкой. Толщина ее стенок в некоторых местах представляет собой один слой клеток. Она заполнена жидкостью, называемой эндолимфой, а окружающее пространство – перилимфой. Обе жидкости должны оставаться четко разделенными, чтобы обеспечить функционирование слуха и равновесия. Без защиты пирамиды височной кости тонкая трубочка могла бы легко порваться, что имело бы фатальные последствия.

Что именно происходит во внутреннем ухе при слушании, ни один ученый в мире еще не сумел пронаблюдать. Защитная стенка пирамиды височной кости слишком непроницаема, слуховой орган чересчур маленький, а весь лабиринт излишне чувствителен. Поэтому многие предположения о процессе слушания опираются на научные теории, окончательно не подтвержденные.

Внутреннее ухо – один из самых сложных и в то же время наиболее чувствительных аппаратов,

предназначенных для восприятия окружающего мира.

Но что мы, собственно, можем знать о внутреннем ухе при таких обстоятельствах? Большинство полученных знаний мы обязаны таким умникам, как венгерский почтовый служащий Георг фон Бекеш. Его работа была связана с наладкой телефонных линий, но он стремился как можно лучше разобраться в сути проблемы и включил ухо в свои рассуждения как конечный пункт назначения каждой телефонной связи. То, что ученый обнаружил, коренным образом изменило наше знание о слухе. Его открытие оказалось настолько значимым, что он стал первым и единственным человеком, получившим за тему слуха Нобелевскую премию в области медицины. При этом Георг фон Бекеш был физиком, а не медиком. Однако его полная приключений история жизни доказывает, что творческий ум сумеет достичь максимальных успехов, только выйдя за пределы своей научной дисциплины.

Нобелевская премия за пластиковую трубку с резиновой лентой

В начале XX века ученые лишь строили предположения о том, что происходит во внутреннем ухе. Благодаря защитному экрану в виде пирамиды височной кости, лабиринт оставался темной лошадкой. И хоть основное строение уже было известно, на живых людях процесс слушания пронаблюдать не удавалось, как и по сей день.

Тем не менее к тому времени удалось выяснить, как звук подается на улитку через барабанную перепонку и слуховые косточки. Также было известно, что за преобразование звука в электрические сигналы отвечают около 16 тысяч волосковых клеток внутри улитки. Они располагаются четырьмя рядами внутри мембранной части на всем протяжении двух с половиной витков улитки. Было высказано справедливое предположение, что каждый ряд волосковых клеток отвечает за передачу звуков с разной высотой. Правда, оставалось загадкой, каким образом волосковые клетки могут различать высокие и низкие частоты, ведь все звуковые волны всегда проходят через всю улитку. Следовательно, практически любой шум должен стимулировать все волосковые клетки, в результате чего было бы невозможно различить разные звуки. Вы можете представить это как игру на всех клавишах пианино одновременно – невозможно разобрать отдельные но-

ты или даже мелодию.

Когда в середине 1920-х годов Георг фон Бекеша устроился в венгерскую почтовую службу, он даже не подозревал, что разгадает эту загадку. В 1923 году он получил докторскую степень по физике в Университете Будапешта, но выбор подходящих должностей был невелик. Так он устроился на работу, которая заключалась в разработке метода тестирования и улучшения телефонных линий, пребывавших после окончания Первой мировой войны в плохом состоянии. Наряду с микрофонами, кабелями и динамиками важной частью цепи передачи фон Бекеша считал ухо. Но он не мог просто разобрать его, словно телефонную трубку, чтобы изучить его функции. Или мог?

Рабочее время ученого обычно заканчивалось примерно около часа дня, поэтому во второй половине дня он посещал анатомические театры при больницах. Ему удалось приобрести кости черепа только что умершего человека. Неизвестно, как он уговорил врачей отдать их телефонному технику, но, очевидно, его аргументы были убедительными.

Фон Бекеша приспособил инструменты лаборатории почтовой службы, чтобы обрабатывать под микроскопом твердые височные кости с помощью крошечных ножниц, сверл и ножей. Целью ученого было открыть улитку, не повредив чувствительную внутреннюю часть. Поскольку внутреннее ухо заполнено жидкостями, ему приходилось постоянно омывать ткани питательным раствором, чтобы предотвра-

тить высыхание. Скорее всего, его коллеги не радовались, обнаруживая на сверлах костную пыль и жидкости неопределенного происхождения! Но фон Бекеша не давал себя смутить и упорно продолжал развивать свой метод.

После того как ученому наконец удалось открыть улитку, он сделал интересное наблюдение. Все волосковые клетки оказались расположены на тонкой базилярной мембране. Она начинает колебаться, как только звуковая волна из среднего уха передается по жидкости во внутреннем ухе; колебание переходит на волосковые клетки. Фон Бекеша предполагал, что тип колебания базилярной мембраны меняется в зависимости от высоты звука и таким образом целенаправленно стимулирует те волосковые клетки, которые отвечают за передачу звуков именно такой высоты. Поэтому он тщательно исследовал мембрану длиной три с половиной сантиметра. Он установил, что у входа в улитку она туго натянута и по мере приближения к концу улитки становится все подвижнее. В то же время на протяжении этого расстояния мембрана расширяется. Но какое влияние это оказывает на дальнейшую передачу звука?

Пять вещей, которые следует знать о внутреннем ухе

- Внутреннее ухо состоит из костного лабиринта и лежащего внутри него мембранного лабиринта.
- Костный лабиринт не представляет собой цельное костное образование, а состоит из связанных полостей

в пирамиде височной кости.

- Пирамида височной кости – одна из самых твердых костей во всем теле. Она не дает никому ничего сквозь нее разглядеть.

- Оболочка мембранного лабиринта местами достигает толщины всего в одну клетку.

- Две жидкости, находящиеся во внутреннем ухе, ни под каким видом не должны смешиваться: эндолимфа (мембранный лабиринт) и перилимфа (костный лабиринт). Их разделяет слой клеток мембраны.

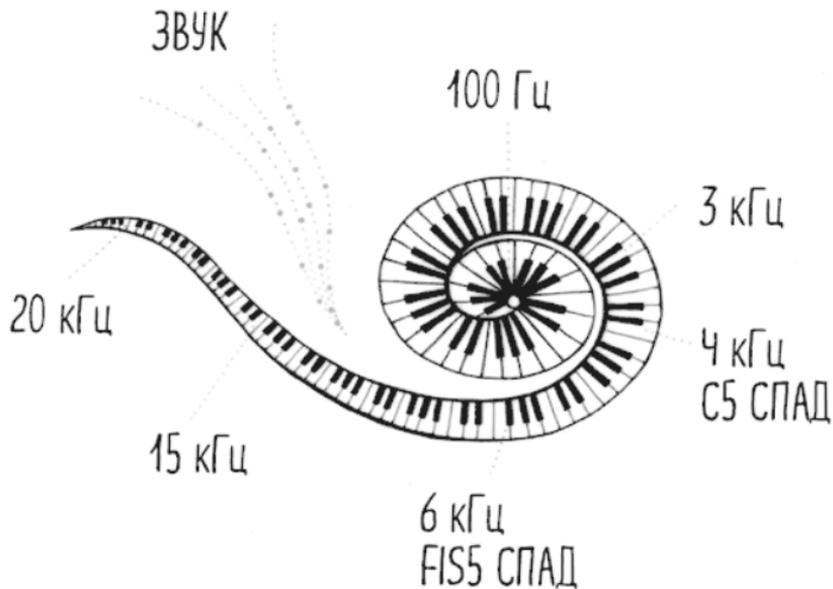
Физику фон Бекеша пришла идея построить увеличенную модель. Причем его не интересовало реалистичное воссоздание улитки – ученый сосредоточился на физических свойствах базилярной мембраны. Внутри прямой пластиковой трубки он натянул резиновую ленту, которая сужалась от одного конца к другому, что приблизительно соответствовало развернутой улитке с базилярной мембраной. Затем на входе в трубку он начал производить различные по высоте звуки и проверял ее вибрацию. Фактически при высоких звуках более сильные вибрации возникали в начале искусственной базилярной мембраны, там, где она была натянута туже и имела меньшую ширину, а при низких звуках – на более широком и подвижном конце. Так было доказано, что различные по высоте звуки воздействуют на разные участки улитки. Чем выше частота (см. шпаргалку на стр. 70), тем ближе ко входу в улитку будет происходить колебание.

И все же у экспериментальной установки фон Бекеша имела одна проблема: хотя каждая высота звука заставляла колебаться определенную часть трубки, вся трубка целиком тоже постоянно вибрировала. Как могло получиться, что в ухе реагировали не все волосковые клетки, а только те, которые находились в положении максимального колебания, хотя должна была бы резонировать вся улитка? Здесь модель достигла своих пределов. Но вместо того чтобы все бросить, фон Бекеша придумал решение, настолько же простое, насколько и гениальное, положив на трубку предплечье, чтобы чувствовать вибрации внутри нее. В результате он установил, что вибрация не ощущалась по всей длине мембраны, а только на том участке, который колебался особенно сильно. Когда он изменял частоту, ощущение перемещалось по его предплечью. Подобным образом, заключил фон Бекеша, все должно происходить и с волосковыми клетками в ухе. Если некоторые из них особенно раздражены, нервная система подавляет ощущение от соседних клеток, вибрирующих меньше. Он оказался прав и в 1961 году получил Нобелевскую премию за свою теорию бегущей волны.

Сорок пианино в нашей голове

Благодаря бегущим волнам ухом регистрируются не все звуки одновременно, а лишь те, что громче на определенной частоте. Предплечье Георга фон Бекеша уже сослужило хорошую службу, но бегущие волны можно проиллюстрировать еще нагляднее с помощью пианино. Начнем с правой стороны. Нажимая одну клавишу за другой, мы сначала услышим самый высокий звук, который затем будет становиться все ниже. Внутри улитки бегущие волны двигаются от входа дальше вовнутрь, по мере того как становятся все ниже. К тому времени как мы доберемся до клавиши с самым низким звуком слева и достигнем участка неподалеку от центра улитки, пройдем частоты от 4186 до 27,5 герц. Это значит, что на клавише с самым низким звучанием звуковая волна колеблется 27,5 раз в секунду, а на клавише с самым высоким звучанием – 4186 раз. Это очень широкий диапазон, но базилярная мембрана рассчитана на воспроизведение колебаний, превышающих его в пять раз, – от 16 до 20 000 герц.

Ухом регистрируются не все звуки одновременно, а лишь более громкие на определенной частоте.



Колебания около 20 килogerц на входе в улитку могут слышать только дети. С возрастом порог слуха продолжает снижаться – например, к 40 годам он составляет около 15 килogerц. Если ухо внезапно подвергается воздействию очень громкого шума, на частоте 6 килogerц часто происходит потеря слуха, так называемая звуковая травма при выстреле. Снижение слуха в связи с длительным воздействием шума зачастую наблюдается на частоте 4 килogerц, например, в результате продолжительной работы с громкими механизмами или музыкой. На частоте 3 килogerц поют профессиональные певцы, такие как оперные теноры, голос которых обладает большой громкостью, и благодаря ему их хорошо слышно на фоне громких

оркестров. Низкие звуки на частоте 100 герц, например гул двигателей, воспринимаются нами в центре улитки.

По сравнению с нашим ухом клавиатура пианино очень грубо поделена всего на 88 клавиш. В нашем распоряжении, напротив, имеется приблизительно по 16 тысяч волосковых клеток на каждое ухо, из которых около 3500 отвечают за одну высоту звука. Чтобы добиться того же разрешения, каким обладает наш слух, придется выстроить в ряд 40 пианино, у которых все клавиши будут настроены на разную высоту звучания. Они займут расстояние протяженностью более 47 метров, что практически превышает длину дорожки в плавательном бассейне (если она 25 метров). Длина базилярной мембраны составляет всего три с половиной сантиметра, но она может воспроизводить столько же различных звуков, как и длинная вереница пианино!

Это покажется еще более удивительным, когда мы осознаем, что клавиши никогда не нажимаются по отдельности. Во время разговора при нормальном фоновом шуме в нашей голове происходит игра на разных клавишах у 40 пианино одновременно. Разнообразные бегущие волны заставляют базилярную мембрану вибрировать в нескольких местах одновременно, но, несмотря на это, мы умудряемся понять коллегу и выделить его голос из окружающего шума. Разумеется, эту способность не следует приписывать одним лишь ушам – весь процесс происходит главным образом в мозге. Но что именно там происходит, мы узнаем в части II.

Гидропс – это не леденец⁷

Я сижу за кухонным столом, уставившись на пачку банкнот, лежащую передо мной. Не каждый день увидишь семь тысяч евро наличными. Это финансовое вливание поможет мне продержаться какое-то время, но я не спешу радоваться. Автовладелец, давший деньги, только что уехал с моим фургоном. Отныне мне суждено передвигаться на велосипеде, автобусе, поезде и своих двоих, когда у жены не будет времени на поездки.

С тех пор как я покинул больницу, прошло три недели. За это время мне пришлось принять множество важных решений. Продать фургон было одним из них. Кроме того, я больше не диджей, поэтому практически безработный. Я собираюсь постепенно сообщать клиентам о своей болезни и постараюсь найти для них другого диджея. Врач-отоларинголог настоятельно советовала мне не крутить пластинки, чтобы поберечь уши. В этом нет ничего нового: с тех пор как три года назад случилось резкое падение слуха, она регулярно уговаривает меня сменить работу. Но об этом нелегко говорить, когда ты на вершине успеха.

Работа диджея – это тяжелый физический

⁷ Название главы отсылает к названию немецкого фильма 1981 года (Кактус не фруктовое мороженое).

труд, который перенапрягает не только уши.

За полгода до падения слуха я опубликовал книгу для молодоженов, в которой с юмором рассказывал о свадебных неприятностях и давал советы, как их избежать. Содержание книги опирается на опыт сотен праздников, проведенных мной в качестве диджея. Книга *Wer Ja sagt, darf auch Tante Inge ausladen*⁸ стала хитом: я был гостем на ток-шоу и радио, интервью со мной печатали в газетах. И вот у меня уже нет отбоя от запросов на бронирование услуг, поступающих от молодоженов со всей Германии. Я перестал справляться с потоком электронных писем, и, чтобы взять ситуацию под контроль, еще повысил цены, но по-прежнему получал много предложений.

Представьте: вы сами себе начальник, реклама не нужна, потому что заказов более чем достаточно. Вам платят большие деньги за работу, доставляющую удовольствие, в которой вы профессионал. Ваша деятельность делает людей счастливыми. Вы путешествуете и можете совмещать командировки с отпуском. За это даже не нужно никого благодарить – спасибо говорят вам. В свете всех обстоятельств смогли бы вы всерьез отказаться от этой профессии?

И вот теперь мне пришлось увидеть обратную сторону медали. Все работало как нельзя лучше, пока работал я. С точки зрения физиологии, шумная ночная работа за пультом диджея – это тяжелый физический труд, который перенапря-

⁸ «Тот, кто скажет „Да“, может отказать в приглашении тете Инге».

гает не только уши. Каждые выходные я выкладывался до полного изнеможения, чтобы оправдать репутацию. В течение недели я записывал музыку в студии, продолжая нагружать слух. Падение слуха уже было явным предупреждением со стороны организма. Теперь я плачу высокую цену за то, что проигнорировал его.

Звонок в дверь вырывает меня из омута мрачных мыслей. Андреас как раз приехал по делам в Гамбург и сегодня выделил время, чтобы проведать меня. К сожалению, мы редко видимся, потому что он живет почти в восьмистах километрах отсюда, на юге Германии. После теплого приветствия мы усаживаемся за кухонный стол. Он показывает на пачку денег:

– Это гонорар за мои консультации?

Я с улыбкой киваю и отвечаю:

– Первый взнос как минимум.

У нас всегда было похожее чувство юмора. Это упрощает решение сложных вопросов. Я сообщаю о продаже фургона и решении уйти из профессии.

– Перестать крутить пластинки – это мудрое решение, – говорит Андреас. – Сейчас самое важное – беречь уши. А как в целом твои дела?

– Так себе. Головокружение в основном прошло, но часто у меня бывает странное ощущение. Например, когда в супермаркете я прохожу мимо высоких полок, мне почему-то кажется, что пол наклоняется, и я начинаю покачиваться. Ино-

гда начинается паника от страха перед возможным приступом головокружения.

Он кивает:

– Будь осторожнее. Смотри, чтобы у тебя не развилось психогенное головокружение, тогда твой мозг начнет разыгрывать приступы, даже если уши будут ни при чем. Тебе оказывают психологическую помощь?

– Да, я хожу на курсы поведенческой терапии.

– Очень хорошо, как раз то, что нужно в таком случае.

– Тогда я спокоен. А то, что я так плохо слышу больным ухом, скорее всего, уже не изменится, верно?

– Боюсь, что нет. Твои волосковые клетки серьезно повреждены.

– То же самое говорит моя врач. Но для чего вообще нужны эти волосковые клетки? Они что, отвечают и за слух, и за равновесие?

Андреас делает глубокий вдох.

– Это все взаимосвязано и довольно сложно.

– Попробуй, пожалуйста, объяснить максимально простыми словами. Давай начнем вот с чего: что это за эндолимфатический гидропс, который у меня подтвердился? Так или иначе, ни один врач пока не смог дать мне разумного объяснения.

– Мне знакома эта проблема еще по тем временам, когда я работал в больнице. Приходится наблюдать слишком многих пациентов одновременно, и не всегда получается прово-

дить углубленные индивидуальные беседы с каждым. Но я всегда старался выделять время для сложных случаев. Начну издалека.

Дальше Андреас подробно объясняет, как устроено внутреннее ухо. Я узнаю, что мембранный лабиринт, в котором находятся сенсорные клетки, заполнен жидкостью, называемой эндолимфой. Гидропс означает, что у меня слишком много этой жидкости в мембранном лабиринте, поэтому она выпирает изнутри.

– Ты забрал снимок МРТ из больницы? – спрашивает Андреас.

Я киваю. Мой друг дал ценный совет: как пациент ты имеешь право забрать все документы, по крайней мере, в виде копий, под свою ответственность, и хранить их у себя. Так в любой момент я могу показать другим врачам и специалистам, чем болен. Я приношу папку, куда сложил все документы. Мы отыскиваем снимок МРТ. Андреас изучает его и говорит:

– На здоровой стороне все внутреннее ухо выглядит как светлое пятно.

Он показывает на него пальцем.

– Контрастное вещество было в перилимфе, то есть в жидкости вокруг мембранного лабиринта. В здоровом ухе у нее достаточно пространства, поэтому все светлое. А с больной стороны, наоборот, почти все темное, потому что контрастное вещество туда вряд ли попало. Это значит, что трубка с

эндолимфой выпирает настолько сильно, что для перилимфы и контрастного вещества вокруг нее едва хватает места. Это влияет как на улитку, так и на вестибулярный аппарат.

Я поеживаюсь. Жутко представить, что я ношу в голове настолько раздутую трубку.

– А что происходит, когда у меня кружится голова?

– Есть два варианта. Либо на мембране появляются мелкие разрывы, либо она просто становится более проницаемой. В обоих случаях жидкости эндолимфа и перилимфа смешиваются. Это приводит, с позволения сказать, к короткому замыканию в твоём ухе, и начинается головокружение.

– Короткое замыкание? Но я ведь не робот!

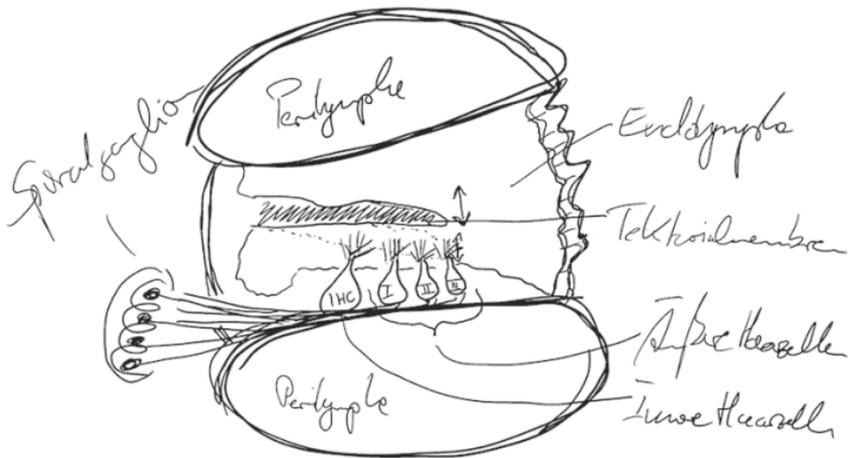
– Нет, но твои уши по сути представляют собой батарейки.

– Батарейки?

Я в замешательстве: о таком еще никогда не слышал.

– Это связано с обеими жидкостями и волосковыми клетками, – объясняет Андреас. – У тебя найдется лист бумаги и карандаш? Я нарисую картинку.

Я приношу ему блокнот. Андреас сосредоточенно склоняется над листком, карандаш царапает бумагу. Я не хочу ему мешать и, воспользовавшись образовавшейся паузой, готовлю эспрессо. Через несколько минут он с гордостью протягивает мне свое творение:



Я гляжу на него и... ничего не понимаю. На рисунке изображены извилистые линии и какие-то контуры, которые заставляют мое воображение разыгаться сверх меры. Больше всего картинка напоминает гамбургер с реактивным двигателем, внутри которого растут маленькие луковицы.

Андреас хотя бы подписал части рисунка. Причем «подписал» – слишком сильно сказано для криво нацарапанных волнистых линий. Говорят, у студентов-медиков вырабатывается особенно неразборчивый почерк, потому что им приходится много и быстро писать на лекциях. Психологи в этом плане ничем не отличаются. Андреас изучал обе дисциплины одновременно, так что, вероятно, его закорючки в два раза хуже, чем у среднестатистического врача. Для меня каракули нечитабельны. Кончиками пальцев я отодвигаю бумажку подальше от себя, словно это старый нестиранный носок.

– За *такое* я не готов платить тебе семь тысяч евро гонорара консультанта!

Он ухмыляется:

– О'кей, я понял. Возможно, тогда лучше посмотреть в интернете. Мы можем воспользоваться твоим компьютером?

Батарейка в голове

Вы знали, что у вас в голове есть электрические генераторы? Одна из их функций – превращение движений воздуха в электрические импульсы. Каждую секунду сотни тысяч таких импульсов устремляются из ушей в мозг. Их производят уже известные нам волосковые клетки. На поверхности такой клетки располагаются тонкие волоски, отсюда и название. Эти волоски похожи на тумблеры. От восьмидесяти до ста пятидесяти волосков клетки выступают прямо в эндолимфу. Когда волоски наклоняются, в них открываются крошечные каналчики, находящиеся на кончиках волосков. Сквозь них просачивается микроскопическое количество эндолимфы и попадает в волосковую клетку. Оно восполняет разницу зарядов между жидкостями, и возникает электрический ток. Как только волоски возвращаются в исходное положение, ток останавливается. Это всегда продолжается какие-то доли секунды. Таким образом, каждая отдельная волосковая клетка действует как крошечная батарейка, которая включается и выключается в быстрой последовательности. Но от чего волоски вообще пригибаются?

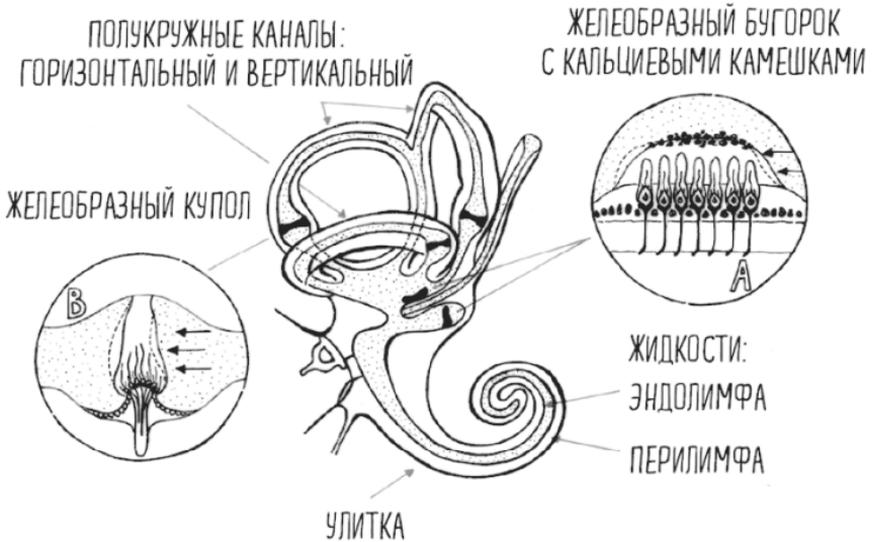
Как мы уже знаем, внутри улитки волосковые клетки размещаются на базилярной мембране. В зависимости от частоты она особенно сильно вибрирует на определенном участке, как в описанной модели с резиновой лентой в пласти-

ковой трубке. Так, например, шум, производимый электрической зубной щеткой на частоте четыре килогерца, вызывает на соответствующем участке мембраны четыре тысячи колебаний в секунду. Соответственно, волосковые клетки в этом месте быстро раскачиваются из стороны в сторону. Но чтобы в достаточной мере наклонить волоски, этого недостаточно. Поэтому на них лежит тяжелая покровная мембрана. По сравнению с волосками, которые быстро двигаются, она остается практически неподвижной. Поскольку кончики волосков задерживаются на мембране, они пригибаются. Это можно наглядно продемонстрировать с помощью той же электрической зубной щетки. Если слегка надавить ладонью на вибрирующую головку щетки, рука не будет двигаться, но щетинки будут наклоняться назад и вперед. Подобное происходит и внутри улитки. В результате на соответствующем участке столь же быстро генерируются импульсы тока. Волосковые клетки могут передавать до шести сотен таких сигналов в секунду. Если колебание звука превышает эту скорость, как в случае с зубной щеткой и четырьмя тысячами колебаний в секунду, оно передается благодаря взаимодействию нескольких нервных волокон. Вестибулярный аппарат также обладает волосковыми клетками, но здесь все функционирует несколько иначе.

Желейный пудинг с крошками помогает держать равновесие

С точки зрения эволюции, самая древняя часть наших ушей – это два маленьких мешочка вестибулярного аппарата, по одному в каждом ухе, расположенном в непосредственной близости от улитки. Они регистрируют положение головы с помощью силы земного притяжения. В каждом из мешочков имеется желеобразный бугорок: в одном он выровнен горизонтально, в другом – вертикально подвешен на боковой стенке. Соответственно, один из желеобразных бугорков отвечает за восприятие горизонтальных движений, а другой – вертикальных. Вместе бугорки содержат более 50 тысяч волосковых клеток. Сверху на их гребешках находятся тысячи крошечных кальциевых камешков, подобных тем, что наблюдались у древних кишечнополостных животных. Но в наших ушах они выполняют другую функцию: постоянно тянут своим весом желеобразную массу в направлении силы земного притяжения.

ВЕСТИБУЛЯРНЫЙ АППАРАТ



Все это можно представить себе в виде кусочка желевого пудинга, к которому прилипли тяжелые кальциевые крошки, над вертикально стоящими волосками. Если держать пудинг под наклоном, под весом крошек он изгибается в одном направлении, и волоски, соответственно, тоже будут изгибаться вместе с ним. Именно это происходит в ушах, когда вы наклоняете голову. Если остаетесь в том же положении, изгиб останется прежним, и волосковые клетки будут беспрестанно посылать импульсы в мозг. При каждом возможном положении головы активизируются определенные сенсорные клетки в правом и левом ухе. Таким образом, вести-

булярный аппарат всегда активен, даже если вы не двигаетесь.

Но одной этой системы недостаточно, чтобы заставить почувствовать резкие ускорения и вращательные движения. Для этой цели существуют три костных полукружных канала, соединенных с мешочками вестибулярного аппарата. В расширенном основании каждого из полукружных каналов волосковые клетки находятся в высоком куполе из желеобразной массы. Масса не отягощена кальциевыми камешками, поэтому ведет себя иначе, чем желеобразный бугорок в мешочках вестибулярного аппарата. Купола остаются перпендикулярными основанию, даже когда голова наклонена. Это происходит потому, что их вершина срослась с трубкой мембранного лабиринта и не может соскользнуть. Если в этот момент ускорение отсутствует, они не передают мозгу сигнал о движении.

Ситуация выглядит иначе, когда голова – или даже все тело – приводится в движение. Эндолимфа, в которой находится купола, пребывает в неподвижном состоянии. Когда голова двигается, купол немедленно повторяет это движение, тогда как окружающая жидкость остается на месте несколько дольше. Вы можете пронаблюдать этот эффект, когда, находясь в машине, держите в руке открытый стаканчик с напитком и нажимаете на газ. Так как автомобиль вместе с вами и стаканчиком приходит в движение быстрее жидкости, она выплескивается из него. Пожалуйста, не пытайтесь про-

делать это с горячими напитками или красящими жидкостями!

Вестибулярный аппарат всегда активен – при каждом возможном положении головы активизируются определенные сенсорные клетки в правом и левом ухе.

Если бы на дне стаканчика находился желеобразный купол, как в вестибулярном аппарате, то при ускорении он бы наклонялся против направления движения под действием неподвижной жидкости. Именно это происходит в полукружных каналах, в результате чего волосковые клетки изгибаются и испускают соответствующие импульсы. В зависимости от того, в каком направлении происходит движение, эффект сильнее всего проявляется в одном из трех разнонаправленных каналов. Поэтому наш мозг способен определить направление движения.

Как только скорость эндолимфы подстраивается под скорость окружающей среды, мозг получает сообщение о том, что движение прекратилось. Это самое настоящее благословение, к примеру, для тех, кто едет в поезде. Даже если вы пересекаете ландшафт со скоростью 200 километров в час, все равно можете спокойно вздремнуть. Но прежде чем соберетесь это сделать по причине усталости от чрезмерного обилия информации по анатомии в этой главе, давайте вернемся к нашей истории.

Безвредно, но неприятно: позиционное

головокружение

Кальциевые крошки могут отделяться от желеобразных бугорков вестибулярного аппарата. Причины этого неизвестны. Вероятно, такое может случиться после сильного сотрясения черепа, в результате перенесенных инфекций или вследствие старения. Кальциевые камешки могут затеряться в полукружных каналах и вызывать головокружения. Под руководством врача проблему удастся легко решить: после серии движений головой камешки из полукружных каналов перемещаются туда, где они больше не будут беспокоить. Если проблема возникает часто, метод можно освоить и выполнять самостоятельно.

Четыре уха слышат больше, чем два

Уже поздний вечер, и между нами стоит полупустая бутылка белого вина. На самом деле при моей болезни нельзя пить алкоголь, но для этой особой встречи с Андреасом я делаю исключение. Весь вечер мы говорили об ушах. Я многое узнал и поражен тем, как могло развиться что-то настолько сложное, как слух и чувство равновесия. Я вообще не перестаю удивляться. В первую очередь меня очаровала область, в которой Андреас проводит исследования для своего работодателя. Оно о том, как сигналы, поступающие от уха, обрабатываются в мозге. Андреас в двух словах раскрывает суть своей работы:

– Процесс слушания происходит не в ушах, а в мозге.

Я с недоверием гляжу на него, и он объясняет, что уши сами по себе дают очень мало информации. **Лишь очень сложное и невероятно быстрое соединение и интерпретирование мозгом отдельных элементов дарит нам впечатление от услышанного.** В итоге мы, можно сказать, слышим больше, чем дают уши. Именно поэтому мы можем понимать речь, наслаждаться музыкой или определять, в каком направлении двигаются приближающиеся автомобили. Андреас идет еще дальше:

– Наш мозг в определенной степени даже формируется под воздействием слуха, как и других наших чувств. Это на-

зывается *нейропластичностью*.

– Ты должен рассказать об этом подробнее, – говорю я и хватаю бутылку вина, чтобы передать ему. Андреас поднимает руки в знак отказа.

– Уже правда очень поздно, а у меня рано утром назначена встреча. Я еще много чего могу тебе рассказать, но в другой раз. Как ты смотришь на то, чтобы приехать ко мне на юг? Наша тихая сельская жизнь, безусловно, пойдет тебе на пользу. Ты можешь остаться погостить на несколько дней, и мы обсудим узкоспециальные вопросы.

– Звучит многообещающе!

– К слову о звучании: кажется, тема слуха тебя сильно увлекла.

– Да, она меня зацепила. В конце концов, слух кормил меня последние 12 лет. Но, несмотря на это, я никогда всерьез не задумывался о своих ушах. И только теперь я понял, какую ценность они представляют. Все, что происходит внутри них, – это нечто исключительное, и я хочу узнать об этом больше.

Андреас поднимается со словами:

– Если хочешь, могу порекомендовать тебе парочку книг и научных статей по этой тематике.

– Очень хочу.

Я провожаю его до двери. Мы прощаемся, и Андреас, уже стоя на лестничной площадке, оборачивается и произносит:

– Если появятся вопросы или чего-то не поймешь, мо-

жешь звонить мне в любое время.

– Именно так я и поступлю, – с улыбкой отвечаю я.

Андреас, конечно, понятия не имеет, на что он только что подписался. Погружаясь в одну тему, я стремлюсь изучить предмет досконально. Определенно, я буду занимать его линию чаще, чем Андреасу хотелось бы...

Часть II. Чудо понимания



Ушной ВОР

Тем, что можете прочесть эти строчки, вы обязаны своим ушам. Глупости, подумаете вы, я же вижу буквы глаза-

ми! Однако это возможно лишь потому, что органы равновесия в ушах помогают на доли секунды удерживать взгляд обращенным в нужном направлении. Не имеет значения, находитесь вы в книжном магазине и с любопытством перелистываете страницы или удобно расположились на диване у себя дома с электронной книгой в руках. Ваши уши постоянно сообщают остальным частям тела, где верх, а где низ, где лево, а где право, независимо от того, пребывает ли голова в состоянии покоя или движется. Эта информация передается через черепные нервы мышцам глаз и автоматически регулирует направление взгляда. Это происходит совершенно неосознанно под действием *вестибулоокулярного рефлекса*. Для простоты мы будем использовать сокращение ВОР. ВОР – это то, что обеспечивает стабилизацию взгляда на объекте, когда вы *ВОР*очаете головой.

В действительности от строчки к строчке путешествуют не только ваши глаза, но и уши! Даже если вы сейчас покачаете головой или понимающе кивнете, взгляд все равно сможет удержаться на строке благодаря прямому приказу внутреннего уха. То, что на самом деле все это происходит в результате действия гравитации, исследователи смогли подтвердить на примере космонавтов с Международной космической станции. Движения глаз экипажа регистрировали, пока они читали в невесомости, и было обнаружено, что их взгляд дергается. Поэтому чтение в космосе утомляет гораздо сильнее, чем в гравитационном поле Земли.

Разумеется, ВОР развивался с течением эволюции не только для того, чтобы облегчить процесс чтения. Скорее его основная задача – уметь удерживать цель, когда находишься в движении. Это было жизненно необходимо как для охотников, так и для их добычи, чтобы они могли следить за своим противником во время охоты или бегства.

ВОР работает следующим образом: **всякий раз, когда вы поворачиваете или наклоняете голову, или все тело в одном направлении, рефлекс перемещает глаза точно в противоположном направлении**. Собеседникам кажется, что ваши глаза замирают подобно стрелке компаса, пока голова движется. Если бы все происходило не так, то вся окружающая среда, которую вы наблюдаете, когда идете или бежите, воспринималась бы как картинка, прыгающая при каждом шаге. Представление о том, как это могло бы выглядеть, можно получить по фильмам, снятым с помощью ручных камер. Такой способ ведения съемки в середине 1990-х годов произвел настоящий фурор благодаря съёмочной группе «*Догма 95*» под руководством режиссера Ларса фон Триера. При любом положении картинка сильно трясется, потому что камеры не опираются на штативы, а находятся в руках у операторов. Любое самое незначительное движение тела смещает весь кадр. В многочисленных боевиках этот метод используется для того, чтобы сделать сцены сражений более быстрыми и реалистичными. Однако здесь есть одна проблема: некоторых людей от этого начинает тошнить.

Все потому, что наше видение происходящего не соответствует информации, которую вестибулярный аппарат посылает мозгу. Уши сообщают: все спокойно, движение отсутствует. В то же время глаза жалуются мозгу, что все вокруг бешено скачет. Между прочим, здесь тоже кроется причина, по которой сильные приступы головокружения, что я испытывал, сопровождаются тошнотой и рвотой. В результате короткого замыкания в органе равновесия от пораженного уха в мозг передается ощущение, что все пребывает в движении. В то же время другое ухо говорит, что все стоит на месте. Чтобы скомпенсировать это ощущение, ВОР старается постоянно отклонять взгляд в сторону больного уха. Такие движения глаз у пациентов с головокружением происходят неконтролируемо, заставляя окружающий мир вращаться, а желудок выворачиваться наизнанку.

Органы равновесия в ушах помогают на доли секунды удерживать взгляд обращенным в нужном направлении.

К слову, это работает и в обратную сторону, а именно, когда мы двигаемся, но нам кажется, что картинка перед глазами неподвижна. Так проявляется печально известная морская болезнь: уши бьют тревогу, потому что корабль качается, но в каюте все выглядит неподвижным. Поэтому при морской болезни полезно выходить на палубу и смотреть на горизонт. Зафиксировавшись на неподвижной точке, глаза смогут понять движение корабля.

Интересный вопрос: почему нам вообще становится дурно, когда движения взгляда и тела не совпадают? По мнению ученых, это происходит потому, что в ходе эволюции после отравления выживали только те существа, которых вовремя стошнило ядом. Когда травоядное животное съедало ядовитое растение или плотоядное поедало протухшую падаль, отравляющие вещества оказывали влияние на систему равновесия, и у животных начинала кружиться голова. В этой ситуации для них уже существовала связь между головокружением и тошнотой, следовательно, они вовремя освобождались от яда, выживали и могли передавать эту особенность своим потомкам. Возможно, с этим связаны глубоко укоренившиеся в подсознании смертельные страхи, о которых во время сильнейших приступов головокружения рассказывают пациенты с болезнью Меньера. Организм чувствует себя точно так же, как и при отравлении!

Четыре действенных способа справиться с морской болезнью

- Зафиксируйте взгляд на неподвижной точке на горизонте.
- Ешьте имбирь.
- Носите специальные браслеты на запястьях, оказывающие давление на акупрессурные точки, – их можно приобрести в аптеке.
- Принимайте лекарства от укачивания.

Поэтому, когда в следующий раз во время поездки на

автомобиле, морской прогулки или в кино за просмотром фильма с трясущейся камерой у вас появится ощущение слабости в желудке, будьте благодарны: без этой системы предупреждения в организме ваши предки могли погибнуть, и вы никогда бы не родились.

Эффект кукольной головы

Рефлекс, который всегда отводит наши глаза против направления движения головы, функционирует и у людей, находящихся в бессознательном состоянии. Медики называют это эффектом кукольной головы: если у человека, потерявшего сознание, в положении лежа открыть глаза и осторожно подвигать его головой влево и вправо, глаза не будут двигаться, а будут продолжать пристально глядеть в потолок. Если этого не происходит, врачи знают, что что-то не так. В таком случае может иметь место даже смерть мозга! Тем не менее у новорожденных связанное движение глаз обычно устанавливается во временном промежутке до десяти дней жизни – у них связь между зрением и равновесием еще не полностью сформировалась.

Слышать между строк

Тем, что можете прочесть эти строчки, вы обязаны своим ушам. Не бойтесь, это не опечатка, в результате которой здесь появилось то же предложение, что и в начале предыдущей главы. На этот раз речь пойдет не о том, что вы видите, а о том, как *понимаете* это. В этом вы полагаетесь на другую незаменимую способность ушей – слух! Потому что на самом деле во время чтения вы не различаете ни одной буквы. Вместо этого мозг превращает группы символов непосредственно в воображаемые звуки, которые вы в детстве выучили на слух и которые прямо сейчас повторяете собственным внутренним голосом. Итак, вы читаете этот текст мысленно. Можете легко в этом убедиться, начав на мгновение читать вслух. (Если в этот момент вы находитесь в электричке или в зале ожидания, лучше всего делать это шепотом – пощадите внутренние уши окружающих, чтобы их глаза не устремлялись раздраженно в вашу сторону!)

Проговаривая предложения, обратите внимание, что вы не объединяете отдельные буквы, а сразу же выдаете готовые слова. Перевод текста в речь происходит одним махом. Это неудивительно, ведь письмо было изобретено гораздо позже, чем говорение. Появившееся около 5300 лет назад, письмо относительно новое достижение в истории человечества. Кстати, присутствующим среди вас математикам понравит-

ся, что первыми письменными символами были цифры. Устная речь существовала задолго до этого, и в ходе эволюции в человеческом мозге даже развились специальные области, особенно в левом полушарии. Изобретатели письма перевели речь в знаки. И по сегодняшний день в этих областях мозга письменная речь переводится обратно в звуки. Хоть вы и не слышите мой голос, но я говорю с вами прямо сейчас. И даже если бы я общался с вами посредством своего речевого аппарата, ваши уши улавливали бы мой голос, но слова рождались бы в мозге.

Во время чтения вы не различаете ни одной буквы – вместо этого мозг превращает группы символов непосредственно в воображаемые звуки.

С человеческого языка на профессиональный

- Управляющий сигнал, поступающий от ушей, который всегда отклоняет глаза в направлении, противоположном движению головы – вестибулоокулярный рефлекс, сокращенно ВОР.

- Область мозга, которая обрабатывает слуховые впечатления, – слуховая кора.

- Область мозга, переносящая информацию из краткосрочной в долговременную память, – гиппокамп.

- Учение о взаимосвязи между звуковыми волнами и слуховым восприятием – психоакустика.

- Звуки ниже и выше нашего предела восприятия – инфразвук и ультразвук.

От глотания к говорению

То, что **первая письменность появилась около 5300 лет назад**, удалось довольно точно установить на основе археологических находок. Гораздо сложнее ответить на вопрос, когда наши предки научились говорить. Ведь звуки, которые они издавали, давно исчезли и не были никем записаны. Но подобно тому, как мы реконструировали развитие слуха на основе знаний из разных областей научных исследований, можем проделать то же самое и с речью.

Найденные кости неандертальцев дают представление о том, как были устроены их ротовая полость и глотка. На основании этих данных лингвисты пришли к выводу, что способность неандертальцев к артикуляции звуков, по всей вероятности, была ограничена по сравнению с нами, *homo sapiens*. Тем не менее неандертальцы, несомненно, могли издавать больше разнообразных звуков, чем другие наши сородичи, обезьяны. Те вообще не могут выговаривать артикулированные слова и предложения, разве что в научно-фантастических фильмах, таких как «Планета обезьян». Зато у мохнатых коллег из царства животных благодаря продолговатой форме глотки есть перед нами (а также перед неандертальцами) одно преимущество: во время еды они не могут с такой же легкостью проглатывать пищу. Может показаться банальным, но не стоит недооценивать значение этой

особенности для эволюции человека. В США удушение, вызванное проглатыванием пищи или предметов, – четвертое по распространенности среди видов несчастных случаев со смертельным исходом: в 2015 году от этого погибло более 5000 американцев. В Германии в том же году по меньшей мере 440 человек расстались с жизнью из-за того, что подавились. Учитывая, что сегодня такое происходит даже с готовыми к употреблению блюдами, следует признать, что процент смертей среди наших далеких предков человеческого рода был гораздо более высоким. Они были охотниками и собирателями и зачастую поглощали свои находки в сыром виде. Когда одному из них грозило удушение огромными кусками пищи, вряд ли кто-либо из соплеменников был в состоянии помочь, тогда как в наше время многие приступы удушья можно предотвратить, вовремя оказав первую помощь.

Чтобы понять, как происходило развитие, придется вернуться назад по ходу истории: у наших с неандертальцами общих предков, которые принадлежали к роду *homo erectus* и пришли в этот мир почти два миллиона лет назад, благодаря удлиненной глотке было меньше проблем с принятием пищи, зато они могли производить гораздо меньше разных звуков и, предположительно, общались в основном с помощью жестов. Раньше 900 тысяч лет назад на Земле, скорее всего, никогда не жило более 26 тысяч особей рода *homo erectus* одновременно, а это не превышает население современного провинциального городка, причем они были разбросаны по

всему миру небольшими группами. Каждая отдельная потеря была риском для продолжения существования всего вида. Так почему же у ранних людей ротовая полость и глотка сократились и сформировались таким образом, что у следующих за ними неандертальцев и *homo sapiens* повысилась вероятность задохнуться?

Решение головоломки исследователи видят в том, что преимущества речи перевешивают риск задохнуться во время еды. За несколько поколений все больше ранних людей начало общаться не только с помощью жестов, но и посредством говорения. Существенная выгода налицо: для разговора не требовались руки, и их можно было использовать в других целях. Кроме того, исчезла необходимость видеть собеседника, благодаря чему процесс коммуникации можно было осуществлять в темноте или на отдалении друг от друга, что было полезно, например, во время охоты.

Как каменные инструменты сформировали мозг наших предков

Развитие физических условий для формулирования речи, безусловно, важный шаг в эволюции. Но чтобы говорить и понимать сказанное, требуется нечто гораздо большее, чем идеально сформированная полость рта и глотки и функционирующий слух: значение слов создает мозг. Если в какой-то момент человеческой эволюции мозг не сумел бы выдумать слова, люди не научились бы говорить. Но как интеллектуальные способности ранних людей развились до такой степени, чтобы изобрести что-то настолько сложное, как речь?

Похоже, существует некая связь с изготовлением и применением инструментов. Уже 1,76 миллиона лет назад люди использовали для резки обломки камней с заостренными краями. Эти примитивные инструменты постепенно совершенствовались, пока 700 тысяч лет назад не появились знаменитые ручные топоры. По сравнению с предыдущими каменными инструментами они были высокотехнологичными. Чтобы изготовить их овальную или каплеобразную форму из камня, необходимо было обладать навыками планирования и ремесленного дела. Вероятно, эти способности сформировали у доисторических людей области мозга, которые впоследствии смогли обрабатывать и речь. Ученые из США и Франции попросили коллег изготовить ручные топоры в

соответствии с историческими моделями и в процессе записали их мозговые волны. Фактически области мозга, активно задействованные при ручной работе, пересекались с областями, которые используются при говорении.

Тем не менее нельзя представлять развитие речи таким образом, будто *сначала* изменился мозг, а *потом* – ротовая полость и глотка. Скорее всего, эти события происходили параллельно и оказывали взаимное влияние друг на друга. Можно предположить, что с какого-то момента развития искусство изготовления инструментов из поколения в поколение передавалось устно. Речь продолжала развиваться, как и другие человеческие навыки, делавшие мозг все более сложным. Таким образом, культура и биология влияли друг на друга.

Примерно 400 тысяч лет назад жили последние общие предки неандертальцев и нас, *homo sapiens*. Предположительно, они были первыми людьми, имевшими обширный словарный запас, и теоретически могли бы разговаривать с нами, современными людьми, если бы мы выучили их язык. То же касается и неандертальцев. К сожалению, мы не можем знать наверняка, как звучал их язык или какую структуру он имел.

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.