

ВЕЛИКИЕ И ЛЕГЕНДАРНЫЕ



100

ВЕЛИКИХ
НАУЧНЫХ
ОТКРЫТИЙ

КЛУБ
СЕМЕЙНОГО
ДОСУГА

Великие и легендарные (Клуб семейного досуга)

Коллектив авторов

100 великих научных открытий

Книжный Клуб «Клуб Семейного Досуга»

2018

УДК 001.92

Коллектив авторов

100 великих научных открытий / Коллектив авторов — Книжный Клуб «Клуб Семейного Досуга», 2018 — (Великие и легендарные (Клуб семейного досуга))

ISBN 978-617-12-5819-8

Астрономия, физика, математика, химия, биология и медицина – 100 открытий, которые стали научными прорывами и изменили нашу жизнь. Патенты и изобретения – по-настоящему эпохальные научные перевороты. Величайшие медицинские открытия – пенициллин и инсулин, группы крови и резус-фактор, ДНК и РНК. Фотосинтез, периодический закон химических элементов и другие биологические процессы. Открытия в физике – атмосферное давление, инфракрасное излучение и ультрафиолет. Астрономические знания о магнитном поле земли и законе всемирного тяготения, теории Большого взрыва и озоновых дырах. Математическая теорема Пифагора, неевклидова геометрия, иррациональные числа и другие самые невероятные научные открытия за всю историю человечества!

УДК 001.92

ISBN 978-617-12-5819-8

© Коллектив авторов, 2018
© Книжный Клуб «Клуб Семейного
Досуга», 2018

Содержание

Биология и медицина	5
Строение человеческого тела	5
Кровообращение	7
Клеточное строение организма	9
Деление клеток	11
Гомеостаз	13
Белки	15
Цикл Кребса	18
Микроорганизмы	20
Биологическая теория брожения	23
Витамины	25
Нейроны и нейротрансмиссия	28
Гормоны	31
Инсулин	34
Пенициллин	36
Группы крови	38
Законы наследственности	41
ДНК и РНК	44
Генетический код	46
Условные рефлексy	48
Стволовые клетки	50
Химия	52
Медь и бронза	52
Золото	54
Железо	56
Гальванопластика	58
Каучук	60
Конец ознакомительного фрагмента.	61

100 великих научных открытий

Биология и медицина

Строение человеческого тела

Удивительно, но один из самых значимых вкладов в развитие анатомии принадлежит не врачу, а художнику и изобретателю — Леонардо да Винчи. Он жил в эпоху Возрождения, когда все деятели искусства и науки отчаянно пытались вырваться за рамки церковной схоластики и мистицизма. Широко известно, что Леонардо писал сочинения по геометрии, гидродинамике, гидравлике, астрономии, геологии и ботанике, а вот о его достижениях в области медицины и физиологии мало кто знает. Между тем он глубоко изучил строение тела человека и сделал открытия, заставившие пересмотреть многие положения анатомической науки, бытовавшие ранее.

Изысканиями в этой области Леонардо занялся под влиянием анатома Маркантонио делла Торре, читавшего лекции по медицине галлов. Впоследствии Маркантонио выпустил капитальный труд по анатомии, оформив его иллюстрациями великого художника. Да Винчи с удивительной точностью изобразил формы и пропорции всех частей скелета, впервые в истории науки предположил, что крестец состоит из пяти, а не из трех позвонков, описал лордозы и кифозы (искривления) позвоночного столба, рассмотрел наклон и изгибы ребер, что было необходимо для понимания механизма дыхания, безошибочно нарисовал суставные поверхности костей. А кроме того, «прикрепил» к скелету нервы и мускулы, чего раньше не делал никто.

Такой реалистичности художник добился только благодаря тому, что имел возможность исследовать тела умерших людей. Конечно, делал он это без ведома властей, и если бы инквизиторы узнали об этом, да Винчи мог бы понести наказание, но его мастерская была надежно скрыта в монастыре св. Аннунциаты, настоятели которого любезно позволили ему посещать монастырский морг и изучать тела почивших.

В процессе работы Леонардо не ограничивался анатомическими описаниями — он занимался также вопросами патологии, а еще интересовался изменениями, происходящими с человеком в процессе старения: почему с возрастом сужается просвет кишок, чем отличаются мышцы молодого и пожилого человека, как с годами меняется сила голоса. Вот какие выводы он сделал после анатомирования тела одного старца: «Некоторые сведения, собранные мной о его жизни перед кончиной, говорят о его возрасте: он прожил сто лет и даже в самый последний день не чувствовал ничего, кроме старческой слабости. Я провел вскрытие, желая узнать секрет такой безболезненной смерти, и обнаружил, что она наступила вследствие бессилия, проявившегося в отказе работоспособности крови и артерии, обслуживающей сердце и другие сопутствующие органы...» Таким образом, Леонардо впервые описал атеросклероз.

Подробно изучая историю медицины, да Винчи осуждал эксперименты античных целителей, которые анатомировали живых преступников, приговоренных к смерти.

К изучению физиологии — функций различных частей и органов человеческого тела — художника подтолкнули те исследования, что он проводил в процессе вскрытий. Рассматривая движения людей, Леонардо анализировал моторику мышц и их связь с нервной системой, а анатомические занятия в лаборатории помогали ему классифицировать мышцы по величине, силе, форме, типу сухожилий и способу прикрепления к костям скелета. Эта типология стала основой для современной систематизации мышц, принятой в миологии.

В ходе исследования черепа да Винчи открыл воздухоносные пазухи. Но особое внимание он уделял изучению строения глаза, поскольку орган зрения, по его мнению, является «повелителем и князем прочих четырех чувств».

При описании работы сердца Леонардо увлекся экспериментальной физиологией и даже предпринял попытку создать протез клапана, изготовив из воска левый желудочек и начальную часть аорты. Это позволило ему лучше изучить работу «главной мышцы» и предвосхитило развитие кардиохирургии. Когда же дело дошло до исследования пищеварительной системы, да Винчи во всех деталях изобразил аппендикс и сосудистую систему желудочно-кишечного тракта.

Кроме того, великий художник описал аномалии, которые могут возникнуть в речевом аппарате человека вследствие деформации подбородка, губ, челюсти и зубов, и первым изобразил неудачно прооперированную «заячью губу» (в те времена подобные хирургические промахи были не редкостью).

А еще да Винчи заслужил славу «отца» эмбриологии. В 1512 г. он внимательно изучил зародыши, а затем зарисовал этапы развития младенца в околоплодных водах: органы и кровеносные сосуды, положения тела, то, «как ребенок дышит, получая питание через пуповину». До этого изучение эмбриона в матке практически не предпринималось.

Да и вообще, анатомия времен Ренессанса не могла похвастать точностью иллюстраций: в 1495 г. вышел серьезный труд, детально описывавший женскую мочевыделительную систему, однако изображения в книге были самыми что ни на есть примитивными. Леонардо же, напротив, старался сделать анатомический рисунок максимально информативным и понятным. Именно он предложил изображать кости и части человеческого тела реалистично объемными, а уже потом его примеру последовали и другие анатомы. Недаром рисунки и рукописи да Винчи, найденные в 1778 г. в пригороде Лондона, стали предметом гордости Королевской библиотеки в Виндзоре.

Вклад Леонардо да Винчи в медицину просто неоценим. Его анатомические иллюстрации можно назвать революционными, поэтому он по праву считается основателем современной анатомии. Французский философ Ипполит Тэн увидел в нем «самого раннего открывателя всех идей и всех современных курьезов».

Кровообращение

Кровь от сердца бежит по артериям к органам, а от органов по венам поступает обратно в сердце. Об этом сейчас знают даже школьники, однако во времена Уильяма Гарвея (1578—1657) – английского врача, физиолога и анатома-экспериментатора – данный факт вовсе не был очевидным.

«Он тверд в споре, непоколебим во взглядах, никогда не меняет своих суждений... Он слепо верит нашим древним учителям и не желает даже слушать о так называемых открытиях нашего века касательно кровообращения...» Так восхвалял достоинства врача доктор Диафуа-рус – герой комедии Мольера «Мнимый больной». Именно с такой позицией столкнулся выдающийся исследователь человеческого организма Гарвей после публикации своего сочинения о работе сердца и движении крови. Ученому пришлось вступить в борьбу с господствовавшей тогда традицией, основанной на учении античного лекаря Галена, а Парижский медицинский факультет, чьи профессора непоколебимо придерживались «допотопных» взглядов, объявил Уильяму настоящую войну.

Последователи «древнего учителя» полагали, что артерии содержат мало крови и много воздуха, в то время как вены наполнены кровью. Казалось бы, откуда возникло данное убеждение? Ведь при любом ранении, затронувшем артерию, кровь бьет ключом! Это знали даже первобытные люди, да и античная публика не раз наблюдала такую картину во время жертвоприношений. Но медики основывались на ином опыте — полученном при вскрытиях. Естественно, в мертвом теле артерии бескровны, тогда как вены полны. К реальному кровообращению это не имеет никакого отношения, и все же «светила медицины» упорно придерживались устаревших методов исследования. Они считали, что кровь образуется в печени и оттуда через большую полую вену поступает в сердце: «Части пищи, всосанные из пищеварительного канала, подносятся воротной веной к печени и под влиянием этого большого органа превращаются в кровь. Обогащенная пищей, кровь наделяет эти самые органы питательными свойствами, но сама она является еще недоработанной, негодной для высших целей в организме. Приносимые из печени через *v. cava* (нижнюю полую вену) к правой половине сердца некоторые ее части проходят из правого желудочка через бесчисленные невидимые поры к левому желудочку. Расширяясь, сердце насыщает воздух из легких через венообразную артерию («легочную вену») в левый желудочек, и в этой левой полости кровь, которая прошла через перегородку, смешивается с воздухом...» – писал Гален. Его последователь, анатом эпохи Возрождения А. Везалий, продолжал эту мысль: «Так же, как правый желудочек насыщает кровь из *v. cava*, левый желудочек накачивает в себя воздух из легких через венообразную артерию всякий раз, когда сердце расслабляется. В левом желудочке этот воздух используется для охлаждения врожденной теплоты, для питания и для приготовления жизненных духов. Очищенный воздух вместе с кровью, которая просачивается в левый желудочек через *septum* из правого желудочка, может быть предназначен для большой артерии (аорты) и, таким образом, для всего тела».

Между тем исторические документы свидетельствуют, что малый круг кровообращения был открыт еще в Средневековье арабским врачом Ибн-аль-Нафисом. Вслед за ним истинным механизмом кровообращения заинтересовался астроном, метролог, географ, врач и теолог эпохи Возрождения Мигель Сервет, который слушал в Падуе лекции немецкого анатома Ф. Сильвия и, возможно, встречался с Везалием. В книге «Восстановление христианства» Сервет писал, что «мы должны сначала изучить возникновение в крови самого жизненного духа. Жизненный дух берет начало в левом сердечном желудочке, при этом особое содействие его производству оказывают легкие, поскольку там происходит смешение входящего в них воздуха с кровью, поступающей из правого сердечного желудочка. Этот путь крови вовсе не протекает через перегородку сердца (*septum*), как принято думать, – кровь гонится другим путем из

правого сердечного желудочка в легкие. Здесь она смешивается с вдыхаемым воздухом, а на выдохе освобождается от сажи. Хорошо перемешавшись в процессе дыхания, кровь наконец снова притягивается в левый сердечный желудочек».

Однако по-настоящему понять значение сердца и сосудов удалось именно Гарвею, который в своей научной деятельности руководствовался многочисленными опытами, связанными со вскрытием еще живых животных. Известный своим скептицизмом, Гарвей писал: «Когда я впервые обратил все свои помыслы и желания к наблюдениям на основе вивисекций (в той степени, в которой мне их приходилось делать), чтобы посредством собственных созерцаний... распознать смысл и пользу сердечных движений у живых существ, – я обнаружил, что вопрос этот весьма сложен и преисполнен загадок».

В 1616 г. на одной из лекций Гарвей впервые заявил, что «кровь кружит в теле», хотя после этого еще долгие годы продолжал искать доказательства своего предположения и лишь 12 лет спустя опубликовал результаты своего труда – «Анатомические исследования о движении сердца и крови животных».

В этом труде была высказана «крамольная» мысль о том, что кровь при сокращении сердечных желудочков выталкивается в аорту, по аорте и ее ответвлениям поступает во все части тела, доставляя туда жизненно необходимый кислород, а затем по венам возвращается обратно к сердцу и через большую полую вену вливается в правое предсердие. Оттуда кровь поступает в правый желудочек, тот сокращается и выталкивает ее через легочную артерию в легкие, где она снабжается свежим кислородом, – это малый круг кровообращения, открытый еще Серветом. Получив в легких свежий кислород, кровь по большой легочной вене течет в левое предсердие, откуда поступает в левый желудочек. После этого большой круг кровообращения повторяется. Именно Гарвей установил, что артерии – это сосуды, уводящие кровь от сердца, а вены – сосуды, ведущие к сердцу, и точно описал все движения «главной мышцы». Его открытие оказало влияние на Рене Декарта (1596—1650), который выдвинул гипотезу, что процессы в центральной нервной системе происходят автоматически и не составляют душу человека: мол, нервные «трубки», посылающие сигналы к мышцам, расходятся от мозга радиально, подобно тому, как от сердца расходятся сосуды.

Впрочем, в системе Гарвея не хватало некоторых звеньев, например соединительной части между артериями и венами. Капиллярная система – комплекс тончайших сосудов, которые являются окончанием артерий и началом вен, – была открыта уже после смерти ученого, когда был изобретен микроскоп. Описать кровеносные капилляры в легких и тем самым доказать, что артерии и вены большого и малого круга кровообращения соединяются капиллярами, сумел итальянский биолог Марчелло Мальпиги (1628—1694). Детально изучив лягушек, Мальпиги установил, что тончайшие бронхиолы заканчиваются легочными пузырьками, окруженными кровеносными сосудами. Капиллярные сетки расположены очень близко одна к другой, а в самих сосудах нет воздуха и стенки у них очень тонкие, поэтому кислород без труда поступает из них в клетки ткани, после чего бедная кислородом кровь направляется к сердцу. Вдобавок, согласно наблюдениям Мальпиги, в крови содержатся некие красные тельца (позже было выяснено, что это эритроциты).

Данное открытие, ставшее последним звеном в теории Уильяма Гарвея, настолько возмутило консервативных итальянских профессоров, что они организовали нападение на Мальпиги. Самого же Гарвея еще долго обвиняли в жестоком обращении с животными, однако со временем и британский, и итальянский ученые были реабилитированы, ведь их выводы были подтверждены опытами других исследователей. Во дворе Падуанского университета даже был размещен герб Гарвея – две змеи Эскулапа, обвивающие горящую свечу. По мнению великого исследователя, горящая свеча символизирует жизнь, пожираемую пламенем и в то же время дарующую свет.

Клеточное строение организма

Первые «кирпичики» в построение клеточной теории были заложены более 350 лет назад английским натуралистом Робертом Гуком (1635—1703). Пытаясь заглянуть за горизонт человеческих познаний, Гук установил на термометре «точки отсчета» – кипения и замерзания воды, изобрел воздушный насос и прибор для определения силы ветра, а затем его чрезвычайно увлекли необыкновенные возможности микроскопа. Под стократным увеличением он рассматривал все, что попадалось под руку, будь то муравей, блоха, песчинка или водоросли. Однажды под объективом Гука оказался кусочек пробки, и молодой ученый увидел нечто невероятное, похожее на пчелиные соты. Позже, обнаружив подобные ячейки и в живой ткани, Гук назвал их клетками и вместе с полусотней других наблюдений описал в книге «Микрография». Вскоре он переключил все внимание на другие идеи и больше никогда не возвращался к микроскопу, а о клетках и думать забыл. Зато другие ученые открытием заинтересовались. Так, рассматривая в микроскоп разные части растений, итальянец Марчелло Мальпиги обнаружил, что те состоят из мельчайших «трубочек», «мешочков» и «пузырьков». Вдохновленный, Мальпиги взялся исследовать кусочки тканей человека и животных, но из-за несовершенства техники никаких клеток там не увидел.

Дальнейшая история открытия связана с именем голландца Антони ван Левенгука (1632—1723). Сын коммерсанта, он сумел усовершенствовать микроскоп и первым описал клетки человека – в частности, эритроциты и сперматозоиды (по его терминологии, «шарики» и «зверьки»). Конечно, Левенгук не предполагал, что это были клетки, зато ему удалось рассмотреть и очень подробно зарисовать строение волокна сердечной мышцы. Кроме того, Левенгук первым заметил и описал ядро клетки в эритроцитах рыб, однако не придал этому значения.

Его исследования продолжил немецкий ученый Каспар Фридрих Вольф (1733—1794): при описании «пузырьков», «зернышек» и «клеток» животных и растений он первым заметил сходство этих структур, а также предположил, что клетки могут играть определенную роль в развитии организма. Еще позже английский ботаник Роберт Броун (1773—1858), первооткрыватель хаотичного теплового движения частиц (названного впоследствии броуновским в его честь), исследовал срезы тропических орхидей и заметил в центре клеток какие-то странные сферические структуры. Эту клеточную конструкцию он назвал ядром. В то же время чешский биолог Ян Эвангелиста Пуркине (1787—1869), рассматривая яйцеклетки птиц, тоже обратил внимание на ядро: «Сжатый сферический пузырек, одетый тончайшей оболочкой. Он... преисполнен производящей силой, отчего я и назвал его “зародышевый пузырек”».

В 1837 г. Пуркине сообщил научному миру результаты своей многолетней работы: в каждой клетке организма животного и человека есть ядро. К сожалению, ученый не сумел обобщить накопленные знания о клетках и оказался слишком осторожным в выводах. Через пять лет после открытия ядра появился термин, определяющий остальное содержимое клетки – протоплазма (теперь ее называют цитоплазмой). В течение последующих лет ученые обстоятельно исследовали роль протоплазмы в живой клетке, и к середине XIX в. формирование клеточной теории было почти завершено.

Последние «кирпичики» в нее положили юрист Маттиас Якоб Шлейден (1804—1881) и священнослужитель Теодор Шванн (1810—1882). Увлечшись наукой, оба они выучились на медиков, и Шлейден занялся физиологией растений, а Шванн – исследованием строения спинной струны (основного органа нервной системы) животных из отряда круглоротых, в том числе миног. Шлейден методично просматривал срезы самых разных растений, выискивая ядра, а затем оболочки, и за пять лет доказал, что все органы растений имеют клеточную природу. Однако, описывая возникновение клеток, ученый предположил, что каждая новая клетка развивается внутри старой, что было в корне неверно, поэтому сформулировать основные посту-

латы клеточной теории ему так и не удалось. Зато удалось Шванну. Познакомившись со Шлейденом в Берлине, Шванн часто беседовал с ним на научные темы. И вот однажды, во время обеда, Маттиас указал Теодору на важную роль ядра в развитии растительных клеток. По воспоминаниям Шванна, «я тотчас припомнил, что видел подобный орган в клетках спинной струны, и в тот же момент понял, насколько важно показать: в клетках спинной струны ядро играет ту же роль, что и ядра растений в развитии их клеток...».

Шванн всерьез озаботился вопросом: можно ли говорить о едином законе клеточного строения для всего живого? Ведь наряду с исследованиями, доказывавшими клеточное строение животных тканей, были работы, в которых это заключение категорически оспаривалось. Делая срезы костей, зубов и ряда других тканей животных, ученые никаких клеток не видели.

Усилия Теодора оказались не напрасны. Уже через два года вышла в свет его книга «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений», где были изложены основные идеи клеточной теории. Шванн не только первым увидел в клетке то, что объединяет животные и растительные организмы, но и обнаружил сходство в развитии всех клеток.

Дальнейшие исследования показали, что можно найти организмы, которые состоят из громадного числа клеток; организмы, состоящие из ограниченного числа клеток; наконец, такие, все тело которых представлено всего одной клеткой. Бесклеточных организмов в природе не существует. Позже было установлено, что каждая клетка возникает путем деления предшествующей ей материнской клетки: в 1855 г. немецкий биолог Рудольф Вирхов четко сформулировал это правило в афоризме «Каждая клетка – только из клетки».

Вирхов изучал значение клетки для организма и ее роль при заболеваниях. Работы ученого о болезнях послужили базой для новой дисциплины – патологической анатомии. Именно он ввел понятие клеточной патологии, однако в своих исканиях несколько перегнул палку. Представляя живой организм как «клеточное государство», Вирхов считал клетку полноценной личностью: «Клетка... да, это именно личность, притом деятельная, активная личность, и ее деятельность есть... продукт явлений, связанных с продолжением жизни».

Шли годы, развивалась техника, появился электронный микроскоп с увеличением в десятки тысяч раз. Было подробно описано деление, открыты клеточные органеллы, описаны биохимические процессы в клетке, наконец, расшифрована структура ДНК. Казалось бы, ничего нового о клетке уже не узнать. И все же осталось еще много непонятого, неразгаданного, и наверняка будущие поколения исследователей добавят новые «кирпичики» в построение науки о клетке.

Деление клеток

Как образуются клетки? Этим вопросом впервые задались Маттиас Якоб Шлейден и Теодор Шванн. Шлейден выдвинул теорию свободного клеткообразования из слизи, заключенной в существующих клетках. Шванн поначалу поддерживал эту мысль, однако, как ни старался, не мог найти убедительных картин рождения новых клеток внутри старых (нечто подобное обнаружилось только в хряще и хорде). Поэтому у него возникло предположение, что новые клетки появляются не только в старых, но еще и в особом межклеточном веществе – цитобластеме.

Надо заметить, в то время уже было известно о размножении клеток путем деления. В 1832 г. Б. Дюмортье наблюдал за делением клеток у нитчатых водорослей. А три года спустя этот процесс был описан в труде Г. Моля. Изучая водоросли *Conferva glomerata*, Моль обнаружил перешнуровку протоплазмы и образование перегородки между дочерними клетками, более того – определил различные стадии деления, но, к сожалению, упустил из виду ядро. Не сумев обобщить результаты своих наблюдений, Моль так и не создал на их основе новую теорию клеткообразования.

Первым возразить Шлейдену осмелился русский ботаник Николай Железнов (1816—1877). Работая над диссертацией, он наблюдал за развитием волосков традесканции и не заметил ничего подобного тому, что описал Шлейден, – новые клетки рождались путем разделения материнской клетки перегородками. Не подтвердил Железнов и обязательного, по мнению Шлейдена, первичного образования ядрышка («центрального тела»). Вдобавок ученый заявил, что клеточные процессы в растительном и животном царствах одинаковы.

Вслед за Железновым развенчивать шлейденовскую теорию взялся анатом и ботаник Франц Унгер (1800—1870). В своей работе о размножении клеток в точке роста растений он подчеркнул, что клетки образуются не свободной кристаллизацией из «слизи», а путем деления, или «почкования», ранее существующих клеток. Впоследствии Унгер еще не раз возвращался к проблеме клеткообразования, но так и не решился окончательно опровергнуть теорию Шлейдена. В «Основах анатомии и физиологии растений» он описал первичное и вторичное клеткообразование, под первым подразумевая «возникновение» клеток без посредничества ранее существовавших структур, а под вторым – «размножение».

Ознакомившись с работами Унгера, Шлейден внес во 2-е издание «Основ ботаники» описание клеточного деления наряду со своей теорией клеткообразования. Правда, понятие о делении в то время было расплывчатым. Основной частью клетки считалась оболочка, поэтому исследователи говорили о делении лишь в тех случаях, когда видели образование клеточной перегородки. Если же оболочка была неясной, то есть клетка выглядела «голой», ученые употребляли термин «свободное клеткообразование», хотя речь шла тоже о делении.

Эта путаница встречается, в частности, в работах ботаника и натурфилософа Карла Негели (1817—1891), чьи исследования сыграли особенно важную роль в опровержении шлейденовской теории. Рассматривая разные группы растений, Негели доказал, что «клеточные ядра существуют во всех клетках», – и этим нанес сокрушительный удар по идеям Шлейдена, который полагал, будто новые ядра рождаются в процессе клеткообразования. По словам Негели, «часть содержимого клетки изолируется, становится шарообразной или эллипсоидальной и порождает по всей поверхности мембрану. Мембрана возникает не вокруг клеточного ядра, а вокруг содержимого. Кроме того, содержимое принимается за первичное, а мембрана за вторичное». Это открытие стало большим шагом вперед на пути к разгрому шлейденовской теории цитогенеза.

В итоге благодаря исследованиям Моля, Железнова, Унгера и Негели идеи Шлейдена утратили авторитет в ботанике, а вместо этого утвердилось представление, что образование клеток растений происходит, как правило, путем деления.

В гистологии животных теория цитобласты протержалась дольше. С критикой представлений о свободном образовании клеток в некоем межклеточном веществе первым выступил московский зоолог Николай Варнек (1821—1897). О его лекциях физиолог Иван Сеченов отзывался так: «Читал он просто и толково, останавливаясь преимущественно на общих признаках принятых в зоологии отделов, а описанию одноклеточных предпосылал длинный трактат о клетках. Последнее учение падало на неподготовленную почву – Москва еще не думала тогда о микроскопе, поэтому у студентов Варнек не пользовался успехом, а в насмешку они даже прозвали его Клеточкой. Много позднее я узнал, что Варнек и известный ботаник Ценковский были из числа первых русских биологов, работавших с микроскопом».

Варнеку принадлежит ряд ценных микроскопических исследований, значение которых не было понято его современниками. Описывая клетки печени ракообразных, Варнек отметил, что «ядро здесь вполне развито и занимает по большей части центр молодой клеточки. Свободных ядер я не замечал и поэтому не могу согласиться с мнением Шванна о способе образования клеток. Если бы свободные ядра действительно были, то их можно было бы видеть в веществе, связывающем клетки, то есть в межклетниках. Последние здесь очень велики, часто весьма разнообразной формы, но всегда наполнены веществом без ядер». Поэтому Варнек считал неверным мнение, «будто бы ядро развивается самостоятельно и вне клеточки, как собрание элементарных частиц цитобласты. Если в разрушенной ткани мы встречаем свободные ядра, то из этого еще не следует, что ядра эти произошли вне клеточек, независимо от них».

Постепенно выяснилось, что процесс дробления яйцеклетки – это ряд повторяющихся делений, однако морфологическое значение бластомеров (дочерних клеток яйцеклетки) долгое время оставалось неясным.

Наиболее четкая формулировка процесса дробления яйцеклетки была сделана Альбертом Кёлликером (1817—1905), которого справедливо считают одним из основоположников современной гистологии. Работая помощником профессора анатомии в Берлинском университете, Кёлликер напечатал работу о развитии головоногих моллюсков, где указал, что «шары дробления (бластомеры) составляют в совокупности тело эмбриона и путем бесчисленных делений дают вторичные клетки», то есть клетки различных тканей зародыша.

Клеточный характер бластомеров и их образование путем деления показаны и в работе Варнека, посвященной развитию брюхоногих моллюсков. В этом труде впервые были изображены процессы созревания и оплодотворения, а также начальные стадии дробления. Так, к середине XIX в. было установлено, что на ранних этапах эмбрионального развития клетки рождаются не из цитобласты, а за счет деления первичной яйцеклетки.

Что же касается деления тканевых клеток у животных организмов, то честь его открытия принадлежит Роберту Ремаку (1815—1865), который прославился не только исследованиями в области эмбриологии и цитологии, но и открытием безмякотных волокон симпатической нервной системы. Изучая кровяные клетки зародышей, Ремак описал процесс клеточного деления элементов крови, а впоследствии проследил весь цикл эмбрионального развития и показал, что деление – это единственный способ возникновения новых клеток в животном организме.

В 1852 г. вышла статья Ремака, ставшая важным этапом в развитии клеточного учения. Наблюдая развитие животных организмов от начала и до конца, Ремак видел, что новые клетки у них образуются неизменно путем деления, так же, как и в тканях растений. «Эти результаты имеют столь же близкое отношение к патологии, сколь и к физиологии», – сделал вывод ученый. И действительно, понимание механизма клеточного образования стало отправной точкой для создания целой науки о строении, функционировании, размножении и старении клеток – цитологии.

Гомеостаз

Гомеостаз – один из четырех важных принципов современной биологии, наряду с эволюцией, генетикой и клеточной теорией. Основная идея умещается в короткую фразу: организмы сами регулируют свою внутреннюю среду.

Впервые идею гомеостаза выдвинул Клод Бернар (1813— 1878), плодовитый ученый, который добился серьезных успехов в понимании физиологии, невзирая на то, что любовь к вивисекции разрушила его первый брак. Однако истинная важность гомеостаза, названного им *milieu interieur*, была признана спустя десятилетия после смерти Бернара.

В чем же состояло открытие ученого? Он считал, что для живого организма существуют «две среды: внешняя, в которую помещен организм, и внутренняя, в которой живут элементы тканей». В 1878 г. Бернар сформулировал концепцию, согласно которой внутреннюю среду составляет не только кровь, но также все происходящие из нее плазматические и прочие жидкости. «Внутренняя среда, – писал ученый, – образуется из всех составных частей крови: азотистых и безазотистых, белковины, фибрина, сахара, жира... за исключением кровяных шариков, которые являются самостоятельными органическими элементами». Главным свойством внутренней среды Бернар считал то, что она находится «в непосредственном соприкосновении с анатомическими элементами живого существа». А значит, изучая физиологические свойства этих элементов, необходимо учитывать их зависимость от окружающей внутренней среды.

Ученый справедливо считал, что все явления жизни обусловлены конфликтом между существующими силами организма (конституцией) и влиянием внешней среды. В любом организме постоянно происходят процессы синтеза и распада, в результате чего мы приспосабливаемся, адаптируемся к условиям среды.

Согласно работам Бернара, все физиологические механизмы служат сохранению постоянства условий во внутренней среде. То есть организм должен совершенствоваться так, чтобы внешние изменения в каждое мгновение компенсировались бы и уравнивались. А для этого ему необходимы вода, кислород, питательные вещества и определенная температура.

Правда, независимость от внешней среды, о которой говорил Бернар, весьма относительна. Внутренняя среда тесно связана с внешней. Более того, она сохранила многие свойства той первичной среды, в которой зародилась жизнь. Земные существа словно «замкнули» морскую воду в кровеносные сосуды, превратив изменчивую внешнюю среду во внутреннюю, постоянство которой охраняется специальными механизмами.

Бернар объяснял, что между внутренней средой и тканями идет безостановочный обмен разнообразных веществ. Внутренняя среда создается самим организмом, и постоянство ее состава поддерживается органами пищеварения, дыхания, выделения, которые «готовят для клеток общую питательную жидкость». Деятельность этих органов регулируется нервной системой с помощью специально вырабатываемых веществ. В этом «заключается круг взаимных влияний, образующих жизненную гармонию».

Таким образом, Бернар еще во второй половине XIX в. дал правильное научное определение внутренней среды организма, выделил ее элементы, описал состав, свойства, эволюцию и подчеркнул ее значение в обеспечении жизнедеятельности организма.

Впрочем, чтобы оценить эту идею, науке понадобилось почти 50 лет. В статье о Бернаре в энциклопедии «Британника» за 1911 г. вообще не упоминается о гомеостазе, а шестью годами позже в той же обновленной энциклопедической статье гомеостаз называется «важнейшим достижением эпохи».

В отличие от Бернара, чьи выводы базировались на биологических обобщениях, американский физиолог Уолтер Кеннон (1871—1945) действовал на основе экспериментов. Ученый обратил внимание на то, что жизнь животного и человека, несмотря на довольно частые небла-

гоприятные воздействия, протекает нормально в течение многих лет. По его мнению, постоянные условия, поддерживаемые в организме, можно было бы назвать равновесием, однако за этим словом уже закрепилось другое значение. Термином «равновесие» обозначают такое состояние изолированной системы, в котором все силы взаимно сбалансированы, а потому параметры системы не зависят от времени, к тому же там отсутствуют потоки вещества или энергии. В организме же протекают сложные физиологические процессы, обеспечивающие устойчивость его состояний, – примером может служить согласованная деятельность мозга, нервов, сердца, легких, почек и других органов и систем. Такие состояния Кеннон предложил называть гомеостазом.

Это слово вовсе не предполагает нечто застывшее и неподвижное. Оно означает условия, которые могут меняться, но все же оставаться относительно постоянными. О полной стабильности тут речи не идет, наоборот, все процессы в организме динамичны и изменчивы, однако в норме колебания физиологических показателей жестко ограничены. Кеннон показал, что все обменные процессы – температура тела, концентрация глюкозы и минеральных солей в плазме крови, давление в сосудах – колеблются в очень узких пределах вокруг некоторых средних величин (физиологических констант). Поддержание этих констант в организме и есть обязательным условием существования.

Кроме того, ученый выделил основные компоненты гомеостаза: материалы, необходимые для роста, восстановления и размножения (глюкоза, белки, жиры, вода, хлориды натрия, калия и другие соли; кислород; регуляторные соединения), а также физико-химические факторы, влияющие на клеточную активность (осмотическое давление, температура, концентрация водородных ионов и пр.). Не так давно к этой классификации были добавлены механизмы, обеспечивающие структурное постоянство внутренней среды и структурно-функциональную целостность всего организма: наследственность, регенерация, иммунитет.

В теории Кеннона особенно ценно то, что живые организмы рассматриваются как открытые системы, имеющие множество связей с окружающей средой. Эти связи осуществляются посредством органов дыхания и пищеварения, поверхностных рецепторов, нервной и мышечной систем и др. Изменения в окружающей среде прямо или косвенно воздействуют на указанные системы, вызывая в них соответствующие изменения. Однако эти воздействия обычно не сопровождаются большими отклонениями от нормы и не вызывают серьезных нарушений в физиологических процессах.

Впоследствии теорию Кеннона развивали Э. Пфлюгер, Ш. Рише, И. Сеченов, Л. Фредерик, Д. Холдейн, а также Л. Штерн, которая обнаружила гистогематические барьеры – физиологические преграды, разделяющие кровь и ткани. Этот механизм обеспечивает регуляцию состава и свойств собственной среды органа и клетки, а также защищает ее от поступления из крови веществ, чуждых данному органу или всему организму. Предложенная и обоснованная Штерн теория барьерных механизмов стала принципиально новым вкладом в учение о внутренней среде.

Белки

Свое название белки получили от яичного белка, который с незапамятных времен использовался человеком в пищу и применялся как лечебное средство. Однако подлинная история этого вещества началась с появлением сведений о химических свойствах белков (свертываемость при нагревании, разложение кислотами и крепкими щелочами и т. п.). Образование сгустков крови при ее свертывании было описано еще основателем учения о кровообращении У. Гарвеем. Среди растительных белков пальма первенства принадлежит нерастворимой в воде клейковине из пшеничной муки, которую впервые получил Я. Беккари, отметив сходство клейковины с веществами животной природы.

Впервые термин «белковый» (*albumineise*) в значении «жидкость животного организма» был введен французским физиологом Ф. Кене в 1747 г. и в таком толковании вошел в «Энциклопедию» Д. Дидро и Ж. Д'Аламбера. С той поры исследования белков приобрели систематический характер. В 1759 г. А. Кессель-Майер описал выделение клейковины из растений и охарактеризовал ее свойства. В 1762 г. А. Галлер исследовал процесс образования и свертывания казеина (молочного белка), а в 1777 г. А. Тувенель назвал творог белковой частью молока. В то же время французский химик А. Фуркруа доказал единую природу белков, выделенных из растительных и животных организмов, а также обозначил три главных белковых компонента крови: альбумин, желатин и фибрин.

В 1803 г. Дж. Дальтон вывел первые формулы альбумина и желатина, показав, что эти вещества содержат азот. Семь лет спустя Ж. Гей-Люссак провел химические анализы фибрина крови и казеина и пришел к выводу, что все белки содержат общую основу – протеин (в переводе с греческого «самый важный»), который имеет формулу $C_{40}H_{62}N_{10}O_{12}$ и связан в различных пропорциях с атомами серы и фосфора. Эта теория получила всеобщее признание и привлекла интерес к аналитическим исследованиям белков, для чего ученые стали использовать щелочной и кислотный гидролиз – реакции с водой в присутствии кислот и щелочей. Чуть позже путем экстракции растворами нейтральных солей был получен кристаллический гемоглобин, а также некоторые растительные белки.

Создание теории протеина совпало с формированием представлений о функции белков в организме. В 1835 г. Й. Берцелиус высказал идею о важнейшей функции белка – ускорять химические реакции в организме. Год спустя Т. Шванн открыл первый белковый фермент – пепсин, а через 20 лет Ж. Корвизар обнаружил трипсин. Эти открытия подогрели интерес биохимиков к физиологии пищеварения, а следовательно, к продуктам переваривания белков. К середине XIX в. было доказано, что под действием ферментов белки распадаются на близкие по свойствам фрагменты, получившие название пептонов.

Решающим для понимания химической природы белков стало выделение из них аминокислот в процессе гидролиза. В 1806 г. Л. Воклен выделил из сока спаржи аминокислоту аспарагин. В то же время Ж. Пруст получил лейцин из сыра и творога. В 1820 г. А. Браконно вскипятил белки с серной кислотой и получил «клеевой сахар», или глицин. Далее путем гидролиза фибрина из мяса ученый выделил лейцин, а при разложении шерсти – лейцин и смесь других продуктов гидролиза. Чтобы не путаться, было решено называть аминокислоты в честь «первоисточников». Так, аспарагин был обнаружен в соке спаргагуса (спаржи), глутаминовая кислота – в клейковине пшеницы (от лат. *gluten* — клей), цистеин – в камнях мочевого пузыря (от греч. «цистис» – пузырь), а аргинин получен в виде соли серебра (от лат. *argentum* — серебро).

В начале XX в. значительный вклад в изучение белка внес Э. Фишер. Впервые применив методы органической химии (в частности, встречный синтез, предполагающий создание одних и тех же веществ разными способами), Фишер доказал, что белки построены из остатков α -аминокислот, соединенных пептидной связью.

В 1920—1940-е получили развитие физико-химические методы анализа, которые помогли определить молекулярные массы многих белков, открыть сферическую форму молекул глобулярных белков, выполнить первые рентгеноструктурные анализы аминокислот и их связующих звеньев – пептидов, молекулы которых построены из двух и более аминокислотных остатков – $C(O)NH$, – соединенных в цепь.

В 1934 г. Лайнус Полинг совместно с А. Мирски сформулировал теорию строения и функций белка, а два года спустя начал изучать атомную и молекулярную структуру белков и аминокислот с применением рентгеновской кристаллографии. В 1942 г. Полингу удалось получить первые искусственные антитела (белки, призванные защищать организм от вирусов, токсинов и пр.) и изменить химическую структуру некоторых глобулинов, содержащихся в крови.

В 1937 г. М. Перуц начал изучать строение молекулы гемоглобина, а позже к нему присоединился Дж. Кендрю, заинтересованный структурой молекулы миоглобина – белка, связывающего кислород в мышцах. Длительное время ученые исследовали эти вещества, играющие огромную роль в окислительных процессах, и в 1957 г. Кендрю впервые смог представить структуру белка в системе трех координат. Подкрепив свои выводы рентгеноструктурным анализом и обработав результаты на ЭВМ, ученые создали полноценные трехмерные модели миоглобина и гемоглобина и в 1962 г. были удостоены Нобелевской премии по химии.

В 1951 г. Карл и Гerti Кори опубликовали первое полное описание молекулярной структуры белков. Применяя рентгеновскую кристаллографию для анализа белков в волосах, шерсти, мускулах, ногтях и других биологических тканях, супруги Кори обнаружили, что цепи аминокислот в белке закручены одна вокруг другой в виде спирали. В то же время К. Линнерстрём-Ланг высказал идею о трех уровнях организации белковых молекул, и тогда уже все убедились, что белки – это сложные органические вещества, представляющие собой полимеры, мономерами которых являются аминокислоты.

В природе известно 150 аминокислот, но в построении белков живых организмов участвуют только 20. Благодаря особенностям своего химического состава аминокислоты способны соединяться, образуя так называемую первичную структуру, которая определяет уникальность белка. У каждой аминокислоты имеется карбоксильная группа ($-COOH$) и аминогруппа ($-NH_2$), что обуславливает способность белка вступать в разнообразные химические реакции. Соединяются аминокислоты, как уже упоминалось, химической пептидной связью, в результате чего образуется остаток – пептид.

Позднейшие исследования показали, что одни аминокислоты, заменимые, могут быть синтезированы в клетках самого организма, а другие, незаменимые, должны поступать в готовом виде из пищевых продуктов. Например, для белой крысы незаменимыми являются 10 аминокислот, для молочнокислых бактерий – 16, для человека – 8 (валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин, метионин, триптофан, треонин, лизин).

Открытие и изучение белков оказалось очень важным для всех сфер человеческой жизни, особенно медицины, ведь эти соединения выполняют в организме множество функций. Как строительный материал входят в состав всех клеток. Обеспечивают сокращение мышечных волокон, движение ресничек и жгутиков, перемещение хромосом. Переносят внутри организма различные вещества (кислород, липиды, жирные кислоты). Распознают и уничтожают вредоносные микроорганизмы. При расщеплении служат источником энергии. В десятки и сотни тысяч раз ускоряют течение химических реакций. Наконец, особые белки, гормоны, поддерживают постоянные концентрации веществ в крови и клетках, участвуют в росте, размножении и других жизненно важных процессах.

В 2012 г. австралийские ученые обнаружили в человеческом организме белок, с помощью которого происходит регуляция размера мышц. Результаты опытов на мышцах показали, что при блокировке белка *Gbr10*, получившего прозвище «Халк», мышцы начинают расти как

на дрожжах. По мнению биологов, это поможет восстановлению утерянных или атрофированных мышц, заживлению ран, лечению диабета и многих заболеваний, связанных с необходимостью регулирования объемов мышечной ткани.

А не так давно британские ученые определили, что за возникновение боли в случае солнечных ожогов и других воспалений отвечает протеин *CXCL5*. Данное открытие может быть полезным для создания новых обезболивающих средств, которые будут обладать гораздо меньшим количеством побочных эффектов, чем ныне существующие.

Очевидно, что в дальнейшем изучение процесса биосинтеза белков в живой клетке поможет решать огромное количество самых разных задач в области промышленности, сельского хозяйства, медицины и охраны природы.

Цикл Кребса

В 1930 г. немецкий биолог, сын еврейского врача Ханс Кребс (1900—1981) вместе со своим студентом открыл процесс обезвреживания аммиака в организме. Цикл образования мочевины (именно в этом состоял данный процесс) позже получил название «цикл Кребса № 1». Но главное открытие ученого было еще впереди. В середине 1930-х он бежал из нацистской Германии в Британию, там нашел место в лаборатории Кембриджского университета и занялся изучением механизма превращения организмом пищи в энергию.

В 1935 г. А. Сент-Дьёрди заметил, что янтарная, оксалоуксусная, фумаровая и яблочная кислоты (все четыре – естественные химические компоненты клеток животных) усиливают процесс окисления в грудной мышце голубя, где метаболические процессы идут с наибольшей скоростью.

Два года спустя Ф. Кнооп и К. Мартиус обнаружили, что лимонная кислота превращается в изолимонную через промежуточный продукт – цис-аконитовую кислоту. Кроме того, изолимонная кислота может превращаться в α -кетоглутаровую, а та – в янтарную.

Кребс попробовал измельчить образец животной ткани, сделал жидкость из этих клеток, пропустил содержимое через ряд химических реакций – и заметил, что кислоты определенным образом влияют на поглощение кислорода грудной мышцей голубя, а также способствуют окислению пировиноградной кислоты и образованию ацетил-коэнзима А. При этом малоновая кислота угнетала процессы в мышце и подавляла действие ферментов – белковых катализаторов, которые позволяют некоторым реакциям протекать гораздо быстрее и эффективнее, в частности во взаимодействии с янтарной кислотой. Когда Кребс добавлял малоновую кислоту к среде реакции, начиналось накопление α -кетоглутаровой, лимонной и янтарной кислот. Так стало понятно, что совместное действие α -кетоглутаровой и лимонной кислот приводит к образованию янтарной.

Затем Ханс исследовал еще более 20 веществ, но они не влияли на окисление. Сопоставив полученные данные, ученый выявил последовательный процесс, который назвал циклом трикарбоновых кислот (поскольку поначалу не мог точно сказать, с какой кислоты начинается процесс: лимонной или изолимонной). Сейчас уже известно, что первой является лимонная кислота, поэтому правильно называть открытие Кребса цитратным циклом или циклом лимонной кислоты.

В общих чертах этот процесс можно описать так: молекулы сахара (глюкозы) из переваренной пищи проходят через ряд различных химических реакций внутри самой клетки, что приводит к образованию богатой энергией молекулы, а та, в свою очередь, снабжает энергией весь организм.

Как же все это происходит? Внутри каждой клетки находятся митохондрии – отдельные органеллы («органы» клетки), перерабатывающие глюкозу для получения внутриклеточного источника энергии – АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). АТФ как источник питания универсальна и очень удобна в использовании: в белки она встраивается напрямую, потому очень быстро насыщает их энергией. Самый простой пример – белок миозин, который обеспечивает сокращение мышц.

Однако, несмотря на то что в сахаре содержится очень много энергии, сделать из глюкозы АТФ попросту невозможно. Как же извлечь эту энергию и направить в нужное русло, не прибегая к «варварским» методам вроде сжигания? Нужно задействовать ферменты.

Первый этап – расщепление молекулы глюкозы на две молекулы пировиноградной кислоты (пирувата) или молочной кислоты (лактата) с выделением небольшой части, примерно 5 %, энергии, запасенной в сахаре. Лактат получается при анаэробном окислении – в отсутствие

кислорода. А превращение глюкозы в пируват катализируется десятью ферментами, действующими последовательно.

В результате окисления пирувата отщепляется двуокись углерода (CO_2) и образуется ацетильный остаток ацетил-КоА (кофермент А). Затем к реакции присоединяются ацетилы, образованные в процессе расщепления жиров, а дальше происходит цепочка реакций, для удобства запоминания которых была придумана детская считалочка: «Целый Ананас И Кусочек Суфле Сегодня Фактически Мой Обед» – то есть выделяется цитрат, цис-аконитат, изоцитрат, кетоглутарат, сукцинил-КоА, сукцинат, фумарат, малат, оксалоацетат.

Ацетил-КоА конденсируется с молекулой оксалоацетата и дает цитрат. При этом высвобождается кофермент А и молекула воды. От цитрата отщепляется водород, и получается цис-аконитат – вторая трикарбоновая кислота в цикле. Цис-аконитат присоединяет обратно молекулу воды, превращаясь уже в изолимонную кислоту (изоцитрат). Та теряет двуокись углерода (CO_2) и одновременно окисляется специфическим ферментом с коферментом НАД, давая кетоглутаровую кислоту. При этом НАД, восстанавливаясь, превращается в другой кофермент – НАДХ. Затем от кетоглутаровой кислоты отщепляется CO_2 и образуется сукцинил-КоА, который на следующей стадии вступает в реакцию с водой и превращается в сукцинат, направляя высвобождающуюся энергию на синтез АТФ.

Далее сукцинат, отбрасывая водород, преобразуется в фумарат, тот присоединяет воду и превращается в яблочную кислоту (малат), а последующее окисление снова дает оксалоацетат. Круг замыкается. Одновременно образуется еще одна молекула НАДХ и молекула FADH_2 (кофермент, отличный от НАД, который, однако, тоже может окисляться и восстанавливаться, запасая и отдавая энергию). Выходит, что оксалоацетат работает как катализатор, не накапливаясь и не расходуясь в процессе, – его концентрация в митохондриях поддерживается на низком уровне. А как избежать накопления других продуктов, как согласовать между собой все восемь стадий цикла? Для этого, как оказалось, существуют специальные механизмы – своего рода отрицательная обратная связь. Как только концентрация какого-либо продукта превышает норму, работа фермента, ответственного за его синтез, блокируется.

Весь этот процесс, названный циклом Кребса № 2, стал великим открытием для биохимии, поскольку открыл дорогу к пониманию того, как работают клетки внутри человеческого организма.

Результаты исследований ученый послал в журнал *Nature*, но редакция не захотела печатать статью, и тогда Ханс переправил текст в голландский журнал *Enzymologia*. В 1953 г. Кребс получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине.

Микроорганизмы

Первые жители Земли – микробы – появились 3,9 млрд лет назад, когда на планете практически не было кислорода. Постепенно они заселили все пригодные для жизни ниши – от ледников до гейзеров, а также изловчились создавать колонии внутри крупных организмов. Всего пять столетий назад люди могли видеть лишь доступное невооруженному взгляду, и до XVII в. никто не подозревал, что совсем рядом обитают микроскопические организмы. Человечеством, открывшим мир микроорганизмов, стал Антони ван Левенгук (1632—1723).

Антони никогда не думал, что его имя будет стоять в ряду великих ученых. Сын промышленника и торговца из Делфта, он тоже торговал сукном, однако врожденное любопытство постоянно подталкивало его к исследованиям окружающего мира. В течение 20 лет Левенгук осваивал у оптиков искусство обтачивать и шлифовать стекла, посещал алхимиков и аптекарей, выведывая у них тайные способы выплавлять металлы из руд, учился обращаться с золотом и серебром. Голландия всегда славилась мастерами оптики, но Левенгук достиг небывалых успехов. Свои линзы он вставлял в небольшие оправы из меди, серебра или золота, которые сам вытягивал на огне, среди дыма и чада. В итоге его микроскопы, состоявшие всего из одной линзы, получались гораздо сильнее тех, что имели несколько увеличительных стекол. Антони утверждал, что сконструировал 200 приборов – весьма неудобных, зато дававших увеличение до 270 раз.

Разумеется, имея в распоряжении такие микроскопы, Левенгук принялся наводить линзы на все, что попадалось под руку: мышечные волокна кита, чешуйки собственной кожи, овечьи, бобровые и лосиные волоски, которые под стеклышком превращались в толстые мохнатые «бревна». Рассматривая бычьи глаза, Антони восторгался тонким устройством хрусталика. Насадив на тонкую иголку микроскопа мушиный мозг, с восхищением разглядывал детали этого «чудовищного» органа. Исследовал поперечные срезы разных пород деревьев, изучал семена растений...

В какой-то момент ему пришло в голову направить свою линзу на каплю прозрачной дождевой воды. Впечатленный увиденным, Левенгук написал дочери: «В дождевой воде есть маленькие животные. Они плавают! Они играют! Они в тысячу раз меньше любого существа, которое мы можем видеть простым глазом! Смотри! Ты видишь? Вот что я открыл!»

В 1673 г. исследователь отважился отправить подробные описания и зарисовки своих наблюдений в Лондонское королевское общество – самую авторитетную научную организацию того времени. Письмо под заголовком «Перечень некоторых наблюдений, сделанных с помощью микроскопа, изобретенного мистером Левенгуком, относительно строения кожи, мяса и т. д., жала пчелы и т. д.» удивило и позабавило маститых ученых. Отдельные исследователи и ранее высказывали смутные догадки о существовании каких-то мелких существ, повинных в распространении и возникновении заразных болезней. Но все эти догадки долгое время оставались на уровне гипотез, ведь никто никогда не видел загадочных «зверюшек». А неучу Левенгуку каким-то чудом удалось приоткрыть завесу в неведомый дотоле мир микроорганизмов, которые играют огромную роль в природе и жизни человека.

Несмотря на все сомнения, академики в итоге признали заслуги голландца, и в 1680 г. Королевское общество избрало его полноправным членом. Левенгук стал мировой знаменитостью, однако не остановился на достигнутом и открыл более 200 видов разных микроорганизмов. Позже, в ходе международной экспедиции в Саргассово море, было обнаружено еще около 1800 микробов.

О том, что микробы являются причиной всех инфекционных заболеваний, первым уверенно заявил французский ученый Луи Пастер (1822—1895). «Если бы Пастер жил во вре-

мена отдаленной древности, он превратился бы в мифического героя и память о нем была бы окутана ореолом легенд», – писал его ученик, русский микробиолог Н. Гамалея.

Работы Пастера объяснили происхождение инфекционных болезней человека и стали экспериментальной основой асептики и антисептики, разработанных в хирургии Н. Пироговым, Дж. Листером, а также их многочисленными учениками. Пастер открыл возбудителей куриной холеры, септицемии, остеомиелита и пр., а также разработал метод приготовления вакцин путем искусственного ослабления болезнетворных микробов для профилактики инфекционных болезней – метод, которым пользуются и в настоящее время. Последней разработкой Пастера стала вакцина против бешенства, первую прививку которой сделали 6 июля 1885 г. 9-летнему Иосифу Мейстеру.

Лечение закончилось успешно, мальчик поправился, а 27 октября Пастер сделал доклад перед Академией наук о результатах пятилетней работы над изучением бешенства. К Пастеру стали стекаться пациенты, обнадеженные победой над страшной болезнью.

Между тем за сто лет до исследований Луи С. Андреевский ввел себе содержимое сибиреязвенного карбункула от больного животного и доказал, что сибирскую язву у людей и домашних животных вызывает одна и та же причина.

Подобный эксперимент в 1870-х был повторен врачами Одесской городской больницы О. Мочутковским и Г. Минхом, которые хотели доказать, что возбудитель сыпного и возвратного тифа находится в крови больного.

Дальнейшее развитие микробиологии тесно связано с деятельностью немецкого ученого Роберта Коха (1843—1910), чье имя ассоциируется прежде всего с открытием возбудителя туберкулеза. Однако этому открытию предшествовала колоссальная работа. Сначала Кох выделил сибиреязвенного возбудителя в чистой культуре, обнаружил его способность к образованию стойких спор и объяснил, почему вблизи «проклятых холмов» (где зарывали падший от сибирской язвы скот) наблюдается массовая смерть животных, причина которой долгие годы оставалась непонятной. Затем доказал три положения, на основании которых инфекционное заболевание можно связать с тем или иным возбудителем: 1) микроб всегда должен обнаруживаться у больного при данной инфекции и отсутствовать при других; 2) возбудитель каждой инфекции должен быть выделен в чистой культуре в виде определенного микроорганизма; 3) у зараженных чистой культурой животных проявления болезни должны быть аналогичны обнаруженным у исследуемого больного, ведь они обуславливаются одинаковым числом и распределением микробов.

Эти положения привели ученого к поискам возбудителей других заразных болезней. Прежде всего Кох нашел питательные среды, на которых можно было выделить чистую микробную колонию, – такими средами оказались вареный картофель и вещество на желатиновой основе. Затем ученый посеял заразный материал, взятый у 30 умерших от туберкулеза людей, на твердую среду с последующей окраской. После нескольких неудач возбудитель наконец-то вырос из свернувшейся при нагревании кровяной сыворотки. Эксперимент был повторен многократно – и каждый раз с успехом.

Стало ясно, что возбудитель туберкулеза найден, но Коху нужно было еще доказать, что человек заражается только через вдыхание палочек. Для этого ученый закрыл 200 подопытных животных в герметическом ящике и заполнил пространство воздухом с рассеянными живыми туберкулезными палочками – в итоге все подопытные погибли от туберкулеза.

В июле 1884 г. на медицинской конференции в Берлине Кох доложил о результатах своей экспедиции в Индию. Там он обнаружил палочки холеры не только у больных, но и в водах Ганга, куда сбрасывали трупы умерших от недуга. В награду за свое открытие ученый получил 100 000 марок и почетный орден.

Наконец, в 1892 г. русский ученый Д. Ивановский открыл вирусы – доклеточные организмы, неспособные размножаться вне живых клеток.

В XX в. американские исследователи нашли в пробах льда, взятых в Гренландии на глубине 3000 м, многочисленные колонии микробов – всего около 40 видов. Их возраст составлял не менее 120 000 лет. Некоторые из них, попав в лабораторию, стали размножаться, однако делали это раз в пять медленнее, чем обычные микробы. Возможно, они размножались даже в толще льда, но тоже очень медленно.

В 1960-е обнаружилось, что микробы могут обмениваться информацией. К такому выводу ученые пришли, исследуя поведение морских светящихся бактерий *Vibrio fischeri*. Паразитируя в органе свечения каракатицы, эти микробы излучают свет – как оказалось, в результате интенсивных процессов окисления, сопровождающихся выделением энергии. Таким образом, свечение морской воды, чешуи рыб, тел мелких ракообразных, сгнившего дерева объясняется присутствием на них светящихся фотобактерий.

В 1978 г. группа ученых из США во главе с К. Безе открыла новый вид бактерий – археи. Это уникальные микроорганизмы: к паразитизму они не склонны и вреда не несут, в органической пище не нуждаются, а необходимую для жизни энергию получают за счет окислительно-восстановительных реакций, в которые вовлечены неорганические молекулы. Но главное – только археи способны производить метан из солей уксусной и муравьиной кислот, которыми они питаются. Обитать археи могут в самых экстремальных условиях: горячих источниках, где температура достигает 200—300 °С, в лагунах и соляных чеках, где испарение приводит к концентрации солей; или на дне океана, в зонах вулканической активности – «черных курильщиках», расположенных на тысячеметровых глубинах; или в щелочной среде с водородным показателем 12,8 (с таким же успехом они могли бы процветать в едком натре). Ученые считают, что такие микроорганизмы выжили бы даже на Марсе.

С середины 1990-х исследователи стали применять новейшее оборудование – лазерные микроскопы, и жизнь микробов открылась во всем ее разнообразии. Если раньше считалось, что бактерии – крайне примитивные организмы, каждый вид которых живет и размножается изолированно от других, то теперь стало ясно: микробы действуют на удивление слаженно. Только так они могут вести активную геохимическую деятельность, поддерживающую круговорот жизни: разрушать мертвую органическую материю и превращать ее в углекислый газ и воду, регулировать состав атмосферы, помогать сохранению плодородия почвы.

Биологическая теория брожения

В 1680 г., впервые рассмотрев с помощью своего самодельного микроскопа пивные дрожжи, голландец Антони ван Левенгук описал их и зарисовал в виде почкующихся круглых клеток, образующих скопления. Эти наблюдения значительно опередили время: только в 1835 г. француз Ш. Каньяр де Ла-Тур и немец Ф. Кютцинг доказали, что дрожжи относятся к низшим растительным организмам, которые имеют ядро, размножаются почкованием на питательных сахаросодержащих средах и вызывают брожение. Однако тогда данное открытие не получило всеобщего признания.

Дело в том, что в середине XIX в. была распространена химическая теория брожения. Скажем, Г. Э. Шталь утверждал, что гниение сопровождается движением, следовательно, процесс этот связан с передачей движения от гниющего тела к здоровому. Ю. Либих и Й. Берцелиус не видели разницы между гниением и брожением и полагали, будто сгнившие органические вещества превращаются в ферменты, ускоряющие химические реакции внутри организма. Ферменты также постоянно движутся и вызывают сбраживание негниющих веществ, например сахара, путем разложения последних на частицы. Чтобы это произошло, сбраживаемая среда должна содержать клейковину или другое органическое азотистое соединение и контактировать с воздухом – в итоге на дно сосуда выпадает нерастворимый осадок, способный запустить новое брожение. Либих не отрицал, что для ферментации сахара нужны дрожжи, но предлагал использовать неживой продукт: мол, брожение запускается именно отмирающими, гниющими грибами.

Вот так ученые представляли себе этот процесс, пока брожением не заинтересовался француз Луи Пастер (1822—1895). Ему не было и 26 лет, когда он выявил причину неодинакового влияния луча поляризованного света на кристаллы разных органических веществ и этим открытием положил начало стереохимии – науке о пространственном расположении атомов в молекулах. Через семь лет Пастер стал деканом физико-математического факультета Лилльского университета и переехал в регион О-де-Франс, который издревле славился своей сахарной, пивоваренной и винодельной промышленностью. Владельцы местных заводов неоднократно обращались к нему с просьбой улучшить их производство, и, вникая в рабочий процесс, Луи постепенно убеждался, что явление брожения исследовано очень слабо. Дабы разбраться в вопросе, ученый стал проводить собственные эксперименты, сравнивая полученные результаты с химической теорией брожений, и в конце концов сделал революционные выводы. 1. Воздух брожению не нужен! И молочнокислое, и спиртовое брожение протекает без доступа воздуха, то есть «брожение – жизнь без кислорода». Доказательством этого тезиса стало открытие маслянокислого брожения, вызываемого анаэробными бактериями, которые не только не нуждаются в кислороде, но и воспринимают его как яд.

2. Каждое брожение вызывается особым возбудителем. Пастер впервые установил, что молочнокислое брожение (и образование масляной кислоты) связано с развитием особого вида микробов, не похожих по строению на дрожжи. Точно так же для ферментации мочевины, образования уксусной кислоты и спирта нужны «индивидуальные» микроорганизмы. Хотя ученый не всегда давал правильные названия этим самым организмам (например, маслянокислых бактерий относил к представителям животного мира, а уксуснокислых обозначал как *Mycoderma*), главная мысль – о том, что различные брожения требуют разных возбудителей, – была верной.

3. Брожение связано с жизнью и размножением, а не с гибелью и разложением микробов. В процессе вес микробов постоянно увеличивается – организмы используют сбраживаемые вещества для построения своего тела.

4. Для сбраживания не обязательно белковые соединения (клейковина), которые, по мнению адептов химической теории, якобы передают свое движение другим частицам, чем и вызывают брожение либо гниение. Образование спирта или молочной кислоты из сахара может происходить в среде, не содержащей белка, ведь источниками азота служат и неорганические соединения, например сернокислый аммоний.

Результаты экспериментов Пастера нанесли сокрушительный удар по теории Либиха, чьи последователи больше не могли объяснять брожение передачей движения частиц и разложением гниющих веществ. Однако уже в начале 1860-х М. Бертло заявил, что «ограниченная биологическая точка зрения не должна удовлетворять физиолога, тем более химика». Изучая тепловые эффекты, сопровождающие химические процессы, Бертло утверждал, будто брожение не связано с жизнедеятельностью дрожжевых клеток – рост дрожжей не нуждается в притоке энергии извне.

Вокруг самозарождения начались жаркие споры. Французская академия пообещала премию тому, кто разрешит этот вопрос, и в 1864 г. приз достался Пастеру. Дабы доказать, что микробы не заводятся в жидкой среде сами по себе, ученый взял колбы с длинными узкими искривленными горлышками, налил в них питательную жидкость и вскипятил, уничтожив все микроорганизмы. Через некоторое время он разбил горлышко одной колбы и показал, что микробы появились лишь в данном сосуде, а в другом жидкость осталась чистой. Это означало одно: организмы попадали на горлышки исключительно извне, и при повреждении стекла все осевшее на нем свободно проникало внутрь сосуда.

Впрочем, в 1870-х разгорелись новые дебаты – теперь уже на тему самозарождения плесневых грибов при брожении вина. То, что споры дрожжей все-таки переносятся воздухом, а не зарождаются в ткани винограда самопроизвольно, Пастер доказал так: в стерильных условиях вынул ягодную мякоть, поместил ее в безвоздушное пространство и пару недель спустя представил чистый, не запятанный плесенью материал.

Впоследствии развитие биохимии и ферментологии побудило ученых вернуться к идеям Бертло. Открытие растворимых ферментов (энзимов) позволило осуществлять разложение белка, окисление, гидролиз ди- и полисахаридов (разложение сложных сахаров на простые молекулы с последующим присоединением воды и образованием глюкозы и фруктозы). Однако Пастер никогда не отрицал участия ферментов в брожении: будучи химиком, он не мог себе представить превращение молекулы в спирт без цепи реакций, которые протекают внутри клетки. Луи впервые дал исчерпывающий ответ, почему возникли брожения, и объяснил целесообразность этих процессов, показав, что они не могли бы возникнуть в природе, если бы не носили приспособительный характер.

Разгадка явления брожения не только помогла развитию французского виноделия, терпевшего огромные убытки от «болезней вина», но и сыграла огромную роль в развитии биологии, сельского хозяйства и промышленности (хлебопечения, изготовления кисломолочных продуктов и пр.).

Кроме того, именно Пастер указал на энергетическое значение брожений и продемонстрировал, что продукты жизнедеятельности бродящих микроорганизмов играют огромную роль в изменении окружающей среды. Установив, что один вид микроба вытесняет другой, Пастер отказался от поисков универсальной питательной среды, на которой могли бы расти все виды организмов без исключения, и создал среды, исходя из экологии, то есть условий существования микробов. Поэтому его можно считать основоположником особой отрасли микробиологии – экологии микроорганизмов.

Витамины

Во второй половине XIX в. ученые были уверены, что пищевая ценность продуктов заключается в содержании жиров, белков, углеводов, воды и минеральных солей. Но почему-то многие категории людей – мореплаватели, военные, путешественники, жители осажденных городов и заключенные, чей рацион включал все эти вещества, но был лишен свежих овощей, фруктов и мяса, – все равно страдали цингой, куриной слепотой, пеллагрой, бери-бери и рахитом. Так, моряки в плавании питались солониной и сухарями – продуктами длительного хранения – и в итоге заболевали цингой, которая проявляется в хрупкости сосудов, кровоточивости десен, выпадении зубов, язвах на коже. По подсчетам историков, за время великих географических открытий от цинги скончалось более 1 млн моряков – только в индийской экспедиции Васко да Гама были сражены 100 человек из 160. Медики той эпохи пытались объяснять причины заболеваний токсинами, ядами и инфекциями, хотя еще древние египтяне знали, что от куриной слепоты – неспособности видеть в темное время суток – помогает печень (теперь мы знаем, что она богата витамином А).

В 1330 г. придворный диетолог китайского императора Ху Сыхуэй опубликовал трехтомный труд «Важные принципы пищи и напитков», где указал, что для поддержания здоровья необходимо комбинировать в рационе различные продукты. Два столетия спустя индейцы Северной Америки спасли от цинги команду французского землепроходца Жака Картье, предложив больным воду, настоянную на сосновой хвое. Еще через 200 лет шотландский врач Джеймс Линд провел эксперимент – разделил 20 больных моряков на несколько групп и первой добавил в рацион сидр, второй – морскую воду, третьей – уксус, а четвертой – лимоны и апельсины. В итоге поправилась лишь четвертая группа, и в 1753 г. Линд опубликовал трактат «Лечение цинги», где описал роль цитрусовых в предотвращении заболевания.

Примеру Линда последовал английский путешественник Джеймс Кук: отправившись в 1772 г. во второе кругосветное плавание, он обеспечил свежими овощами, фруктами, кислой капустой, лимонным и морковным соками лишь один из двух своих кораблей, а меню другого оставил традиционным. За три года странствий ни один из членов экипажа первого судна не заболел цингой, тогда как четверть команды второго, где отсутствовали запасы овощей и фруктов, была сражена болезнью.

Установить, что полноценное питание не ограничивается белками, жирами и углеводами, в конце XIX в. смог русский биохимик Николай Лунин. В 1880 г., наблюдая за подопытными мышами, Лунин заметил, что те из них, кто пил искусственное молоко, состоящее из казеина, жира, сахара и соли, вскоре погибали, а выкормленные натуральным молоком выглядели здоровыми и бодрыми. На основании этого наблюдения ученый сделал вывод: «Если, как вышеупомянутые опыты учат, невозможно обеспечить жизнь белками, жирами, сахаром, солями и водой, то из этого следует, что в молоке, помимо казеина, жира, молочного сахара и солей, содержатся еще другие вещества, незаменимые для питания. Представляет большой интерес исследовать эти вещества и изучить их значение». Увы, научный мир не принял всерьез открытие русского ученого, хотя десять лет спустя К. Сосин провел аналогичный эксперимент и получил те же результаты, что и Лунин.

Следующий шаг в открытии витаминов был сделан в 1886 г., когда нидерландский бактериолог Христиан Эйкман отправился в тюремный госпиталь на острове Ява, дабы выяснить причину болезни бери-бери (полиневрита), которая уносила сотни тысяч жизней. В ходе одного из экспериментов Эйкман обнаружил, что цыплята, питающиеся шлифованным рисом, страдали полиневритом, но стоило перевести их на цельное зерно, как они выздоравливали. Кроме того, ученый заметил, что тюремные заключенные, которых кормили очищенным

рисом, тоже часто болели бери-бери, а среди тех, кто употреблял неочищенную крупу, болезни подвергался всего один человек из 10 000.

Догадавшись, что в рисовой шелухе содержится некое вещество, предупреждающее полиневрит, Эйкман выделил данное соединение с помощью воды и отметил крошечный размер молекул, свободно проходящих сквозь мембрану, через которую не могли проникнуть белки. На этом эксперименты Эйкмана закончились, однако он внес огромный вклад в открытие витаминов, за что в 1929 г. получил Нобелевскую премию.

В то же время голландский диетолог Корнелис Пекельхаринг и английский биохимик Фредерик Хопкинс провели ряд исследований, в ходе которых сделали вывод, что в молочном белке (казеине) содержится вещество, необходимое для роста и развития организма. Тем не менее вопрос о природе и структуре вещества оставался открытым до 1911 г., когда польский ученый Казимир Функ путем химического анализа выделил из рисовых отрубей (а чуть позже – из дрожжей и других продуктов) кристаллическое соединение, в настоящее время именуемое витамином В₁, или тиамином. Как оказалось, данное вещество относится к группе органических и содержит азот в составе аминогруппы -NH₂, выдерживает кипячение 20%-ным раствором серной кислоты, а значит, устойчиво к действию кислот, однако быстро разрушается щелочами. Год спустя Функ дал веществу название, оттолкнувшись от латинских *vita* — жизнь и *amini* — амины, азотистые соединения. Впоследствии ученый ввел понятия «авитаминоз», «гиповитаминоз» и «полигиповитаминоз», предположив, что причиной многих болезней является отсутствие в пище одного из «жизненных аминов».

В 1913 г. американские биохимики Элмер Вернер Макколлум и Маргарита Дэвис выделили из сливочного масла и яичного желтка вещество, которое хорошо растворялось в жирах и плохо – в воде. Макколлум назвал его «жирорастворимым фактором А», а «витамин» Функа, предупреждающий бери-бери, – «водорастворимым фактором В». С тех пор подобные факторы стали обозначать буквами латинского алфавита.

В 1920 г. английский биохимик Джек Сесиль Драммонд решил упорядочить номенклатуру витаминов и заменил название «жирорастворимый фактор А» на «витамин А» (в дальнейшем было выявлено, что этот витамин предупреждает сухость кожи вокруг глаз). В том же году Макколлум выделил из жира печени трески вещество, препятствующее рахиту, и назвал его витамином D. А за последующие 10 лет ученые выяснили, что витамин В растворяется только в воде и включает в себя целый ряд веществ (В₁, В₂, В₃), каждое из которых имеет свои свойства и функции.

Витамин Е был открыт в 1920 г., когда ученые обнаружили, что при длительной молочной диете даже у очень плодовитых белых крыс начинаются проблемы с зачатием. Два года спустя К. Бишоп и Г. Эванс заметили, что при исключении из рациона растворимых жиров, которыми богаты зародыши зерновых культур и зеленые листья, изначально здоровые крысы рожают мертвых детенышей. В то же время у самцов крыс при недостатке витамина Е происходили изменения в эпителии семенных канальцев, из-за чего животные теряли способность к оплодотворению. В 1936 г. ученые получили первые препараты витамина Е путем экстракции из масел ростков зерна, а через пару лет П. Каррер осуществил синтез витамина Е. Дальнейшие исследования показали, что этот элемент оказывает влияние не только на репродуктивную функцию.

Витамин С впервые был получен из лимонного сока в 1923—1927 гг. С. Зильвой, который затем определил основные свойства этого вещества. За последующие пять лет Э. Сент-Дьёрдьи выделил из надпочечников быка, а также из капусты и паприки вещество, названное им гексуроновой кислотой, которая позже получила название аскорбиновой.

В 1929 г. ученые предположили, что существует фактор, влияющий на свертываемость крови, после чего датский биохимик Хенрик Дам открыл жирорастворимый витамин К (*Koagulations vitamin*) и в 1943 г. получил Нобелевскую премию. В настоящее время иссле-

дования витаминов продолжают, но уже понятно, что каждое из этих веществ нашему организму жизненно необходимо.

Нейроны и нейротрансмиссия

Создателями учения о нейроне считаются Сантьяго Рамон-и-Кахаль и Камило Гольджи. Первый использовал технику окрашивания, предложенную вторым, чтобы разглядеть в микроскоп тончайшие волокна – отростки нервных клеток. Увидев, что клетки образуют целые нейронные сети, Сантьяго зарисовал их, а в 1894 г. на лекции в Королевском сообществе Лондона сделал доклад о своем открытии, но... из-за отсутствия убедительных доводов не нашел сторонников.

Впрочем, мало кто знает, что у истоков учения также стоял знаменитый создатель психоанализа Зигмунд Фрейд. В 1877 г., будучи студентом-медиком, он устроился на работу в лабораторию физиолога Эрнста Брюкке и сразу же увлекся изучением биологии нервной ткани. Брюкке среди прочего интересовался эффектом воздействия электричества на нервно-мышечную ткань и яро опровергал теорию витализма, согласно которой все живое отличается от неживого некой «жизненной искрой», «энергией», связанной с душой. Физиолог считал, что живые существа функционируют благодаря определенным физико-химическим законам, и эту идею Фрейд использовал впоследствии в построении своей «Психодинамической теории личности».

Задавшись целью сравнить нервную деятельность человека и других позвоночных с беспозвоночными, Фрейд долгое время изучал под микроскопом мозг лягушек, речных раков и миног, что привело его к ряду важных открытий, которые помогли установить эволюционную связь между всеми организмами. Так, ученый выяснил, что позвоночная хорда миноги содержит недифференцированные (незрелые) клетки, из которых формируются чувствительные волокна. А еще – что нервные волокна берут начало в сером веществе и складываются в сеть, подобную паутине. Кроме того, Фрейд первым описал структуру и функции продолговатого мозга, а также белую субстанцию, соединяющую спинной мозг и мозжечок.

В то время структура нервной системы была предметом бурных дебатов. В 1830-е с помощью микроскопа ученые открыли клетку, однако техника была еще недостаточно мощной, чтобы позволить разглядеть синапсы – промежутки между нервными клетками. Потому весь научный мир разделился на два лагеря: нейронистов и ретикуляристов. Первые полагали, будто мозг состоит из элементарных структурных частиц – нейронов. Вторые же считали, что мозг – это единая структура, неразделимая на клетки. Приняв сторону нейронистов, Фрейд взялся описывать и зарисовывать все свои наблюдения за серым веществом и выходящими оттуда нервными волокнами, а в 1877 г. опубликовал изображение позвоночной хорды миноги, где отчетливо просматривалось тело нервной клетки в сером веществе.

Попутно Фрейд изобрел новый метод окрашивания нервной ткани: «Кусочки органа подвергаются отвердеванию в бихромате углекислого калия или в жидкости Эрлиха (2,5 части бихромата углекислого калия и 0,5 сульфата меди к 10 частям воды). Процесс отвердевания завершается помещением экземпляра в спирт. Затем микротомом нарезаются тонкие секции, промываются дистиллированной водой и помещаются в раствор хлорида золота (1:100), куда добавляется объем концентрированного спирта».

Свои наблюдения ученый описал на лекции в 1884 г.: «Если мы предполагаем, будто нити нервных волокон представляют собой изолированные проводниковые тракты, то следует признать, что в итоге эти пути отдельных волокон в нервной клетке сходятся. Нейроны являются началом всех этих проводящих путей и ими же анатомически соединяются... Вероятно, стимул определенной силы может преодолеть изолированность нервных волокон, и тогда нерв становится единицей, управляющей возбуждением...»

Таким образом, именно Зигмунд Фрейд открыл нейрон, однако презентовал его слишком невнятно, потому учение, согласно которому нервные клетки являются главным структурным

и функциональным элементом нервной системы, получило признание лишь в начале 1890-х. Именно тогда Рамон-и-Кахаль стал использовать для сравнения нервных тканей различных животных метод окраски, придуманный будущим отцом психоанализа.

Появление электронных микроскопов расширило возможности исследований в различных областях науки. И если британский физиолог Чарльз С. Шеррингтон ввел понятие синапса на рубеже XIX—XX вв., то увидеть и разглядеть синапсы как контактные зоны, соединяющие отростки нейронов, стало возможным только в 1950-х благодаря электронным микроскопам. Тогда же было установлено, что у каждого нейрона образуется от 1000 до 10 000 синапсов с другими клетками мозга. Всего мозг содержит 100 млрд нейронов (даже сложно представить, через сколько тысяч лет можно было подвести итог при желании подсчитать количество синапсов, причем считая со скоростью 1000 штук в секунду).

Нейрон, его дендриты (короткие отростки, передающие сигналы к телу нейрона) и аксон (длинный отросток, который передает информацию от тела нейрона к следующему нейрону или к рабочему органу) синтезируют медиатор – химический посредник в процессе передачи нервного импульса. Медиаторы были открыты австрийским ученым Леви в 1921 г. В физиологический раствор Леви поместил два сердца лягушек и соединил их тонкой трубочкой. Попадая в одно сердце, раствор переходил в другое, и при раздражении нерва первого сердца второе также начинало сокращаться. Ученый догадался, что раздражение нерва влечет появление в растворе веществ, которые оказывают на другой орган воздействие, подобное эффекту нервного возбуждения. Спустя три десятка лет электромикроскоп показал любопытную картину: обнаруженные Леви вещества – медиаторы – хранятся в пузырьках в теле нейрона, пока к нервному окончанию не поступит сигнал. Сразу после этого пузырьки разрываются и выливают содержимое в щель между синапсами двух нервных клеток. Медиаторы прикрепляются к белкам-рецепторам на мембране нейрона-адресата, и те запускают цепь реакций передачи сигнала внутри клетки.

Позже ученые пришли к мысли, что медиаторы могут быть разными. Первыми были открыты адреналин и ацетилхолин, а затем еще более 30 медиаторов, среди которых норадреналин, серотонин, мелатонин, гистамин, дофамин, октопамин, АТФ, ГАМК, глицин, глутамат, аспартат, эндорфины, энкефалины, вазопрессин, окситоцин. Все они сходны с гормонами как по химическому составу, так и по механизму действия.

Из-за того, что число медиаторов невелико, исследовать работу мозга сложно. Однако В. Уиттейкер и Э. Робертис разработали методику, согласно которой ткань мозга осторожно разрушается в растворе сахарозы, вследствие чего нервные окончания отрываются от своих аксонов и образуют замкнутые частицы – синаптосомы, обладающие механизмами синтеза, хранения, высвобождения и инактивации медиатора. Далее с помощью центрифуги синаптосомы отделяются от других компонентов нейрона, и ученые получают возможность изучать их работу в пробирке.

Так было установлено, что нейроны способны генерировать химическую энергию путем окисления пищеварительных веществ, восстанавливать и сохранять свою целостность, производить и выделять медиаторы, а также поддерживать ионные градиенты (разницу электрического заряда внутри клетки и вне ее).

За последние годы достигнуты значительные успехи в познании различных медиаторов и процессов синаптической передачи. Исследования показали, что медиаторы расположены не по всей ткани мозга, а локально. Например, клетки, содержащие норадреналин, сосредоточены в стволе и образуют «голубое пятно». Аксоны этих нейронов очень разветвлены и связаны с различными областями: гипоталамусом, мозжечком, передним мозгом. Потому норадреналиновые нейроны ответственны за поддержание бодрствования, ощущение удовольствия, сна, видения и настроение. Нейроны, содержащие дофамин, сосредоточены в «черном веществе». Свои аксоны они посылают в передний мозг (эмоции) и в область полосатого тела (регуля-

ция сложных движений). Дегенерация дофаминовых волокон в данной части мозга приводит к перенапряжению мышц и тремору, что характерно для болезни Паркинсона. А избыток дофамина в лимбической системе переднего мозга, возможно, причастен к шизофрении. Кроме того, установлено, что действие многих психотропных препаратов основано на их способности прерывать или модифицировать химическую передачу от нейрона к нейрону.

Ученые уверены, что открытие нейрона и глубокое изучение механизмов передачи импульсов между этими клетками позволит в будущем выявить причины многих психических расстройств. По словам Рамон-и-Кахаля, пока мозг остается тайной, люди не устанут ее разгадывать.

Гормоны

Как бы ни был велик успех нейронной теории, ученые понимали, что вещества-медиаторы, курсирующие по нервным путям, не могут считаться единственными регуляторами организма. Должны быть еще и такие химические сигнализаторы, которые путешествуют по крови и вырабатываются железами внутренней секреции. Обычные железы – слюнные, желудочные, кожные и т. п. – легко распознать, поскольку образуемый ими продукт выходит через выводные протоки наружу, однако у желез внутренней секреции выводного протока нет, потому долгое время они не считались железами. Понять их назначение удалось только с помощью микроскопа.

В 1848 г. геттингенский физиолог Арнольд А. Бертольд удалил у шести петухов яички, а затем двум подопытным подсадил железы в брюшную полость. В результате эти птицы остались петухами, тогда как остальные превратились в кастратов: гребень у них сморщился, половой инстинкт угас, оперение потускнело, тело обросло жиром. Дальнейшие исследования показали, что пересаженные яички хорошо прижились, а это означало только одно: нормальную жизнедеятельность данных органов обуславливают не нервы, как считалось раньше, а «воздействие яичка на кровь и на весь организм в целом». Увы, работу Бертольда не оценили – лишь 60 лет спустя на нее обратил внимание австрийский физиолог Артур Бидль.

Само понятие «гормон» (от греч. *horman* — возбуждать, побуждать), обозначающее вещества, выделяемые железами внутренней секреции, появилось в начале XX в. Его автор – физиолог Эрнест Старлинг – в 1902 г. обнаружил, что даже если перерезать все нервы, ведущие к поджелудочной железе, то она все равно будет принимать сигналы и выделять пищеварительный сок сразу после попадания кислой пищи из желудка в кишечник. Под влиянием кислоты желудочного сока слизистая оболочка тонких кишок вырабатывает вещество, которое Старлинг назвал секретин, а оно в свою очередь стимулирует выделение сока поджелудочной. Впоследствии было выявлено, что большинство гормонов, циркулирующих с кровью в ничтожных концентрациях, поддерживают строгое соотношение между химическими реакциями и таким образом регулируют физиологические процессы в организме.

Между тем в начале XIX в. немецкий врач Карл Адольф Базедов описал болезнь, позже названную базедовой. Ее симптомы (жар, потливость, учащенное сердцебиение) часто приписывались нервозности, хотя на самом деле были следствием гипертиреоза – повышенной функции щитовидной железы. В 1884 г. бернский хирург Теодор Кохер опубликовал отчет о проведенных им операциях на зобе, указав, что удаление щитовидной железы оказывает губительное действие на пациентов: лицо опухает, наступает полное бессилие. Кохер думал, будто щитовидная железа очищает организм от токсинов, однако факт смерти пациентов от истощения опровергал эту версию.

Позже Адольф Магнус-Леви (1865—1955) обратил внимание на связь между нарушениями основного обмена веществ и заболеваниями щитовидной железы: как оказалось, этот орган производит тиреоидные гормоны, используя содержащийся в пище йод, и обеспечивает в организме обмен белков, жиров и углеводов. В 1914 г. биохимик Эдвард Кендалл выделил из щитовидной железы гормон тироксин, регулирующий метаболизм, и выяснил, что данное вещество совместно с гормонами половых желез и гипофиза влияет на рост костей, поэтому очень важно для молодых особей.

Не так давно было обнаружено, что по обе стороны щитовидной железы расположены продолговатые образования – эпителиальные тельца. Внимание на них обратили после того, как некоторые операции дали странные результаты, не имевшие связи с удалением щитовидки (хирурги, наученные опытом Кохера, приняли к сведению, что при операциях зоба нельзя удалять всю железу). Больные жаловались на покалывание в руках и ногах, подергивания лица,

состояние, напоминающее эпилепсию. Заинтересовавшись этим явлением, биохимик Д. Коллип в ходе экспериментов над животными выяснил, что эпителиальные тельца – это железы внутренней секреции, которые выделяют гормон, влияющий на известковый обмен в организме.

Роль вилочковой железы, расположенной под грудиной, была определена только в начале XX в., когда И. Гудернач, добавляя частицы этого органа в корм головастика, выращивал из них великанов, ничуть не похожих на взрослых особей. Другой группе головастика Гудернач подмешивал вещество щитовидной железы, вследствие чего подопытные чуть ли не на следующий день превращались в лягушек... размером с муху. Позднее Л. Роунтри выявил, что вытяжка вилочковой железы вызывает ускоренный рост и половое развитие крыс, и это подтвердило связь данной железы с половыми.

Открытие гормона надпочечников принадлежит японцу Йокичи Такаmine. В 1900 г. он презентовал пучки кристаллов, полученных из мозгового слоя надпочечника, и назвал вещество адреналином. Впрочем, до того Йокичи побывал в Мичигане у физиолога Д. Абеля, который долгое время пытался выяснить, какие вещества надпочечников повышают кровяное давление (об этом свойстве ученому рассказали польские исследователи). Высушив огромное количество овечьих надпочечников, Абель выделил из них чистый препарат к 1897 г., однако японец оформил патент первым. Позже стало известно, что выбросу адреналина в кровь способствует состояние страха, волнения или тревоги. А в 1904 г. Фридрих Штольц изготовил адреналин в лаборатории – это был первый искусственный гормон, полностью аналогичный природному.

В середине 1930-х началось глубокое изучение коры надпочечника, и в итоге ученые обнаружили гормон, нехватка которого вызывала опасную болезнь Аддисона. Еще большую сенсацию произвело открытие Э. Кендаллом гормона кортизона. Сейчас этот гормон с успехом применяется при лечении суставного ревматизма и других болезней.

В 1920 г. появилась работа Эугена Штейнаха, посвященная омоложению, и учение о гормонах вышло на новый уровень. По мнению Штейнаха, процессы старения связаны с тем, что половые железы перестают выбрасывать в кровь гормоны, которые вырабатываются так называемыми промежуточными клетками Лейдена и отвечают за формирование первичных и вторичных половых признаков, а также за нормальный обмен веществ. Следовательно, разрастание промежуточных клеток должно приводить к повышенному выбросу в кровь половых гормонов и омоложению организма – решил Штейнах и принялся перевязывать семявыносящие протоки самцам крыс, а пожилым самкам пересаживать яичники молодых. Результаты этих опытов не были длительными, однако они послужили стимулом для изучения гормонов половых желез.

В 1932 г. Адольф Бутенандт в Геттингене выделил из мочи мужской половой гормон андростерон. А три года спустя Эрнст Лакер в Амстердаме выделил из половых желез быка другой гормон – тестостерон. Как оказалось, андростерон и тестостерон имеют одну и ту же химическую формулу, но их структура и функции различны.

Женские половые гормоны были открыты Эдгаром Алленом и Эдуардом Дойси примерно в то же время, что и мужские, – в конце 1920-х. Затем Бутенандт и Лакер выделили женские гормоны из мочи беременных и в ходе опытов на крысах определили, что при впрыскивании вещества самкам течка начинается раньше. В 1935 г. Дойси описал чистый эстрадиол, выделив его из яичников свиней, при этом на каждые 10 мг гормона ученому требовалось четыре тонны исходного материала. Затраты оказались напрасными: двумя годами ранее Эрвин Швенк и Фридрих Гильдебрандт получили эстрадиол химическим путем, отняв у эстрогена (фолликулярного гормона, содержащегося в моче беременных женщин) кислород, то есть подвергнув его процессу восстановления.

О другом женском гормоне, вырабатываемом желтым телом, еще в 1902 г. говорил гинеколог Людвиг Френкель. А в конце 1930-х Бутенандт получил 1 мг этого гормона, используя желтые тела 50 000 свиней, и выяснил, что данное вещество (его называли прогестероном) поддерживает и сохраняет беременность животных и людей.

Гипофиз – крошечная железа мозгового придатка, руководящая работой всех остальных желез и, соответственно, гормонов, – был открыт в 1920-х. Хотя передняя и задняя доли этого органа были обнаружены еще в XVIII в., лишь через 200 лет ученые узнали, что передняя доля имеет выраженный характер железы, а задняя состоит преимущественно из нервных волокон. В 1924 г. аргентинский физиолог Бернардо Хуссей доказал: гипофиз – это небольшая шаровидная железа внутренней секреции, которая лежит непосредственно под головным мозгом и влияет на расщепление сахара. А три года спустя Бернгард Цондек и Зельмар Ашгейм сообщили, что у молодых мышей после пересадки передних долей гипофиза началось преждевременное половое развитие. Исследования подтвердили: именно гипофиз обеспечивает созревание фолликулов яичников и обуславливает образование желтого тела.

В 1930—1940-х биохимик Чо Хао Ли выделил из гипофиза целый ряд различных гормонов, в том числе «гормон роста», который содержится в передней доле железы и регулирует рост организма. В связи с этим Карл Бенда установил, что если гипофиз заболевает, когда организм уже сформирован, то отдельные части тела увеличиваются и развивается акромегалия, сопровождающаяся головными болями. В последнее время тщательному изучению подвергся гормон передней доли гипофиза, регулирующий работу коры надпочечника, – АСТН. Кроме того, было обнаружено, что задняя доля тоже выделяет гормон, способствующий сокращению гладких мышц.

Так, в середине XX в. сформировалась наука, изучающая гормоны, – эндокринология – чрезвычайно сложный и плодотворный раздел биологии. Изучение гормонов обогатило медицину не только новой главой ее истории, но и ценными медикаментами, самым важным из которых стал инсулин.

Инсулин

Долгое время, пока наука не знала о гормоне инсулине, сахарный диабет, проявляющийся выделением большого количества «сладкой» мочи, жаждой, снижением веса и онемением конечностей, считался смертельно опасным заболеванием. Единственным известным методом лечения была строгая диета, предложенная доктором Алленом и заключающаяся в резком ограничении углеводов. Однако такая диета быстро приводила к истощению, поэтому пациенты могли продлить себе жизнь всего на несколько лет...

И вот в 1860-е немецкий студент Поль Лангерганс, изучая поджелудочную железу, обнаружил «маленькие клетки с блестящим содержимым, расположенные группами хаотично по всей поджелудочной железе». Впоследствии в честь ученого эти клетки были названы островками Лангерганса, хотя сам Поль так и не смог понять их функции.

Исследования продолжил другой ученый, Оскар Минковский, который в 1889 г. обнаружил, что у собак с удаленной поджелудочной железой развивается диабет. Дальнейшие опыты показали: если перевязать проток, по которому сок поджелудочной попадает в кишечник, то у животного возникнут трудности с пищеварением, зато уровень глюкозы в крови повышаться не будет. На этом основании Минковский сделал вывод, что поджелудочная железа вырабатывает не только пищеварительные соки, но и вещество, которое выделяется в кровь и регулирует уровень глюкозы. Казалось бы, стоит добыть это вещество, и лекарство от диабета найдено. Но тут дело застопорилось.

Лишь в начале 1921 г. молодой канадский хирург Фредерик Бантинг загорелся идеей во что бы то ни стало выделить целительные клетки. На эту мысль его натолкнула статья доктора Мозеса Бэррона о связи островков Лангерганса и диабета. Ссылаясь на работы русского ученого Л. Соболева, доктор Бэррон описал клинический случай, когда проток поджелудочной железы блокировался камнем, вследствие чего ткани органа повреждались, но островковые клетки оставались целыми. Бантинг предположил, что пищеварительный сок поджелудочной может быть губителен для островковых клеток, и составил план их выделения: перевязать проток железы у собаки; дождаться полной атрофии ткани органа, сохраняя островковые клетки живыми; постараться максимально изолировать эти клетки от пищеварительного сока и изъять их.

Со своей идеей Бантинг обратился к профессору университета Торонто Джону Маклеоду, одному из авторитетнейших ученых, изучавших диабет. Маклеод отнесся к затее молодого коллеги скептически, ведь к тому времени куда более опытные ученые уже предприняли множество попыток выделить островковые клетки, но все эксперименты заканчивались неудачно. Однако Фредерику в конце концов удалось убедить Джона, и тот предоставил ему крохотную, плохо оборудованную лабораторию, 10 подопытных собак и помощника, студента-медика Чарльза Беста.

Работа началась летом 1921 г. На тот момент оба экспериментатора не обладали ни теоретическими знаниями, ни практическими навыками. Профессор Маклеод обучил Беста оперативному удалению поджелудочной железы, дал ряд советов – и уехал в отпуск в родную Шотландию.

Перво-наперво Бантинг и Бест удалили поджелудочную у одной группы подопытных собак, что привело к росту уровня глюкозы в крови и развитию диабета. (Надо заметить, в то время как раз появился новый метод определения концентрации глюкозы, требовавший всего 0,2 мл крови, а не 25 мл, как раньше, что позволило не изнурять и без того слабых больных.) У другой группы собак ученые перевязали проток поджелудочной железы, и постепенно та ее часть, что вырабатывала пищеварительные соки, атрофировалась. После железы вырезали, заморозили в растворе солей и отфильтровали, а полученную изолированную суб-

станцию называли «айлетин». Это вещество Бантинг и Бест стали вводить больным собакам по несколько раз в день, и уровень глюкозы в крови начал снижаться – животные поправлялись буквально на глазах.

Своими достижениями Бантинг и Бест незамедлительно похвастались перед Маклеодом. Тот был немало впечатлен, однако потребовал проведения дополнительных тестов. Ученые понимали, что для дальнейших исследований им требуется большее количество действующего вещества, потому решили использовать поджелудочные железы крупного рогатого скота. Успешные эксперименты следовали один за другим, Маклеод осознал, что ученые стоят на пороге крупнейшего открытия, и выделил им более крупную лабораторию, снабдив ее всеми необходимыми ресурсами. А кроме того, предложил назвать полученное вещество инсулином.

В конце 1921 г. к группе ученых присоединился еще один участник – биохимик Бертрам Коллип. Его задачей было очистить новое вещество, чтобы инсулин стал пригоден для лечения людей. Также в ходе исследования ученые пришли к выводу, что можно использовать целую поджелудочную железу, не прибегая к длительному процессу атрофии ее пищеварительной части.

Поначалу Бантинг и Бест пробовали вводить инсулин себе, но, кроме слабости и озноба, никаких других проявлений не обнаружили. Инъекция инсулина впервые была сделана 11 января 1922 г. 14-летнему канадцу Леонарду Томпсону, страдавшему диабетом. Увы, эта инъекция не привела к желаемым результатам – уровень глюкозы в крови снизился незначительно, а место укола воспалилось. Коллип продолжил работу по очистке инсулина, и 23 января Леонард получил новую дозу. Результат был ошеломляющий: уровень глюкозы упал с 29 до 6,7 ммоль/л. С каждым днем пациент чувствовал себя все лучше, постепенно набирая силы и вес.

Ученые принялись тестировать инсулин на других пациентах с диабетом, и очень скоро новости об открытии лекарства достигли Европы. В 1923 г. Нобелевский комитет наградил Бантинга и Маклеода премией в области физиологии и медицины – это был грандиозный успех, тем не менее Бантинг был недоволен, что его коллега Бест не получил награды. Чтобы поблагодарить Беста за вклад в открытие инсулина, Бантинг отдал ему половину своей части «нобелевки», а Маклеод разделил свою часть с Коллипом. Споры о справедливости вручения премии не утихали долгое время. Многие считали, что Маклеод ничего не заслужил, хотя именно он помог воплотить идею Бантинга, предоставив лабораторию, оказав помощь ценными советами и связями, благодаря которым весть об открытии быстро разлетелась по всему миру.

Вскоре началось широкое изготовление инсулина, и к 1923 г. лекарством были снабжены все пациенты Североамериканского континента. В Европу же его привез нобелевский лауреат Август Круг. Хотя инсулином полностью вылечить больного невозможно, открытие гормона стало одним из величайших прорывов науки XX в. Оно дало шанс людям, страдающим диабетом, прожить долгую, счастливую жизнь.

Пенициллин

Первый антибиотик – пенициллин, действие которого основано на подавлении синтеза внешних оболочек бактериальных клеток, – был открыт совершенно случайно. «Проснувшись на рассвете 28 сентября 1928 года, я, конечно, не планировал революцию в медицине своим открытием первого в мире антибиотика – убийцы бактерий», – эту запись в дневнике сделал Александр Флеминг, человек, который открыл пенициллин.

В начале XX в. человечество уже пользовалось телеграфом, телефоном, радио, автомобилем и самолетом – но вместе с тем такие болезни, как тиф, дизентерия, легочная чума, пневмония и сепсис, оставались для людей смертельной угрозой. Идея борьбы с микробами с помощью самих микробов была выдвинута Луи Пастером, который выяснил, что под воздействием некоторых микроорганизмов бациллы сибирской язвы погибают. А диссертация студента-медика Эрнеста Дучесне свидетельствует о том, что уже в 1897 г. он использовал плесень (точнее, содержащийся там пенициллин) для борьбы с бактериями, вызывающими брюшной тиф у морских свинок. Увы, эпохальное открытие Дучесне так и не совершил, поскольку... скорострительно скончался.

Официальным же изобретателем первого антибиотика – пенициллина – считается британский бактериолог Александр Флеминг (1881—1955). К тому времени он уже был известен как блестящий исследователь, который занимался изучением стафилококков, но мало кто знал, что его лаборатория стерильной чистотой не отличалась – а ведь именно это и стало залогом нового открытия. В 1928 г. Флеминг проводил рядовой эксперимент в ходе многолетнего исследования, посвященного изучению борьбы человеческого организма с бактериальными инфекциями. Вырастив колонии культуры стафилококков, ученый обнаружил, что отдельные чашки для культивирования заражены обыкновенной плесенью *Penicillium* – веществом, из-за которого хлеб при долгом хранении становится зеленым. Вокруг каждого пятна плесени Флеминг заметил область, в которой бактерий не было. Из этого он сделал вывод, что плесень вырабатывает вещество, убивающее бактерии.

Выделенное вещество получило название пенициллин. Дальнейшие исследования показали, что принцип его работы состоит в торможении или подавлении химической реакции, необходимой для существования бактерий. Пенициллин блокирует молекулы, участвующие в строительстве новых клеточных оболочек бактерий, подобно тому как наклепленная на ключ жевательная резинка мешает открыть замок. Вместе с тем на здоровые клетки пенициллин не влияет, поскольку их наружные оболочки коренным образом отличаются от клеток бактерий.

Вскоре было обнаружено, что, помимо стафилококка, пенициллин убивает возбудителей скарлатины, дифтерии, пневмонии и менингита. А вот против паратифа и брюшного тифа новое средство оказалось бессильно.

В 1929 г. Флеминг опубликовал доклад о своем открытии в английском журнале экспериментальной патологии. Продолжая исследования, он понял, что работать с пенициллином трудно, производство происходит медленно, кроме того, пенициллин не может существовать в теле человека достаточно долго, чтобы убивать бактерии. Также, несмотря на все старания, ученый не мог извлечь и очистить активное вещество. До 1939 г. он совершенствовал новый препарат, однако вывести эффективную культуру ему так и не удалось.

Год спустя биохимик Эрнст Чейн (1906—1979) и бактериолог Уолтер Флори (1898—1968) предприняли новую попытку очистить и выделить пенициллин, и уже к 1941 г. у них накопилось достаточно препарата для эффективной дозы. Первым, кого удалось вылечить благодаря новому антибиотику, стал 15-летний подросток с заражением крови.

После этого Чейн, Флеминг и Флори получили за открытие пенициллина Нобелевскую премию – одну на троих. Впрочем, патентовать изобретение они отказались, посчитав, что

средство, способное спасти человечество, не должно стать источником наживы. Это единственный случай в истории, когда на открытие таких масштабов никем и никогда не было предъявлено авторских прав!

В разгар Второй мировой войны американцы поставили производство пенициллина на конвейер, что спасло от гангрены и ампутации десятки тысяч союзнических солдат. Со временем метод производства антибиотика был доведен до совершенства, и с 1952 г. сравнительно дешевый пенициллин стал применяться в мировых масштабах. С его помощью человечество получило возможность бороться с ранее смертельными заболеваниями: остеомиелитом, сифилисом, пневмонией, родильной горячкой, а также инфекциями вследствие ранений и ожогов.

В Советском Союзе огромная заслуга в создании целого ряда антибиотиков принадлежит выдающемуся микробиологу Зинаиде Ермольевой (1898—1974) – первой среди российских ученых, кто исследовал противовирусные свойства интерферона. Первые порции пенициллина Ермольева получила в 1942 г., и вскоре было налажено массовое производство советского антибиотика. По признанию самого профессора Флори, пенициллин, который получила Ермольева, являлся действеннее англо-американского в 1,5 раза.

Впоследствии благодаря пенициллину и другим антибиотикам было спасено бесчисленное множество жизней. Кроме того, пенициллин оказался первым лекарством, на примере которого было замечено возникновение устойчивости микробов к антибиотикам. Еще Флеминг предупреждал, что не стоит использовать пенициллин, пока заболевание не будет диагностировано, и нельзя применять антибиотик в течение короткого времени и в совсем малых количествах, так как при этих условиях у бактерий развивается устойчивость.

В 1948 г. были обнаружены устойчивые к антибиотику штаммы золотистого стафилококка, а в 1967 г. выявлен нечувствительный к пенициллину пневмококк. «Открытие антибиотиков было величайшим благом для человечества, спасением для миллионов людей. Человек создавал все новые и новые антибиотики против разных возбудителей инфекций. Но микромир сопротивляется, мутирует, микробы приспосабливаются. Возникает парадокс – люди разрабатывают новые антибиотики, а микромир вырабатывает свое сопротивление», – сделали вывод ученые.

Группы крови

На рубеже XIX и XX вв. состоялось величайшее событие в биологии и медицине: австрийский иммунолог Карл Ландштейнер (1868—1943) открыл группы крови.

Эксперименты с переливанием крови или ее компонентов проводились в течение многих сотен лет. Началом истории переливания можно считать 1628 г., когда английский врач Уильям Гарвей открыл циркуляцию крови. Если кровь циркулирует, почему бы не попробовать переливать ее тем, кто в ней нуждается? – подумали ученые. И потратили на эксперименты более 30 лет. Только в 1665 г. появилась первая достоверная запись об успешном переливании крови: земляк Гарвея – Ричард Ловер – сумел внедрить кровь от одной живой собаки другой. Медики продолжали эксперименты, но результаты их не радовали. Переливание крови животным человеку вскоре было запрещено законом, а вливание других жидкостей вроде молока приводило к серьезным побочным реакциям.

Полтора века спустя в той же Британии акушер Джеймс Бландел попытался спасти роже-ниц с послеродовым кровотечением. Выжила только половина его пациенток, но и это был уже отличный результат. В 1840 г. состоялось успешное переливание цельной крови для лечения гемофилии, в 1867 г. зашла речь о применении антисептиков при переливании, а спустя год на свет появился Карл Ландштейнер.

Еще со времен обучения на медицинском факультете Венского университета Карл интересовался механизмами иммунитета и природой антител. После выпуска он устроился на работу в Институт гигиены и буквально за год описал процесс агглютинирования (склеивания) лабораторных культур бактерий, к которым добавляли сыворотку крови.

Зимой 1900 г. Ландштейнер взял образцы крови у себя и пяти своих коллег, отделил с помощью центрифуги сыворотку от эритроцитов и принялся экспериментировать. Выяснилось, что ни один из образцов сыворотки не реагирует на добавление «собственных» эритроцитов. Но почему-то сыворотка крови доктора Плетчинга склеила эритроциты доктора Штурли, и наоборот. Это позволило предположить, что существует как минимум два вида антител – Ландштейнер назвал их А и В. У себя в крови Карл не нашел ни тех, ни других антител, потому предположил, что есть еще и третий вид – С.

Два года спустя Штурли и его коллега Декастелло описали самую редкую – четвертую – группу крови как «не имеющую типа». Однако у других ученых все эти открытия вызвали лишь сочувственную улыбку. Основываясь на результатах своих экспериментов, Карл написал статью в *Wiener klinische Wochenschrift*, где привел знаменитое «правило Ландштейнера», ставшее впоследствии основой трансфузиологии: «В организме человека антиген группы крови (агглютиноген) и антитела к нему (агглютинины) никогда не сосуществуют». Публикация не впечатлила научное сообщество, и это привело к тому, что группы крови «переоткрылись» еще несколько раз.

В 1907 г. чех Ян Янский присвоил группам крови названия I, II, III и IV — по уровню частоты, с которой они встречались в популяции. В 1910 г. американец Уильям Мосс описал те же группы в обратном порядке – IV, III, II и I. Номенклатура Мосса широко использовалась, например, в Англии, что приводило к серьезным проблемам.

Вопрос был решен в 1937 г. на съезде Международного общества переливания крови в Париже, где приняли нынешнюю терминологию АВ0: 0(I), A(II), B(III), AB(IV). Собственно, это и есть терминология Ландштейнера, к которой добавилась четвертая группа, а С превратилась в 0.

Благодаря открытию Ландштейнера стали возможны оперативные вмешательства, которые раньше заканчивались фатально из-за кровотечения. Более того, знание групп крови позволяло с некоторой достоверностью определять отцовство. Но это случилось уже в 1930-

х, когда ученые наконец приняли факт, что в крови человека может происходить «какая-то борьба». А в начале 1900-х Ландштейнера покинули все коллеги, кроме одного лаборанта, с которым он сделал еще несколько важных открытий: описал свойства агглютинирующих факторов, способность эритроцитов абсорбировать антитела и агглютинацию эритроцитов на холоде.

Приятный сюрприз принес Ландштейнеру 1930 г.: он получил Нобелевскую премию по физиологии и медицине «за открытие групп крови человека» – через три десятилетия после самого открытия. В декабре, читая нобелевскую лекцию «Индивидуальные различия в человеческой крови», ученый рассказал о результатах переливаний крови и значении этого метода для лечения различных заболеваний, а также подчеркнул необходимость в устранении рисков при проведении трансфузии.

В 1939 г., в возрасте 70 лет, он получил звание «Почетный профессор в отставке», а через год вместе с коллегами-учениками Винером и Левиным открыл в крови подопытных обезьян (макак-резус) эритроцитарные антигены, выполняющие в организме защитную функцию. Изучая резус-фактор, Левин доказал, что основной причиной гемолитической болезни новорожденных является иммунологический конфликт, когда кровь матери резус-отрицательная, а кровь ее плода – резус-положительная. Из-за этого в крови плода происходит распад эритроцитов.

Впоследствии ученые выяснили, что чем больше в популяции резус-отрицательных лиц, тем чаще встречаются конфликтные беременности. В Японии гемолитическая болезнь новорожденных – явление довольно редкое, поскольку только 1 % японцев имеет резус-отрицательную группу крови. А вот в Европе резус-отрицательные лица встречаются почти в 15 раз чаще, соответственно, выше частота заболеваний, связанных с несовместимостью.

Современная медицина активно изучает распределение генетических маркеров крови для каждой популяции, в том числе по географическому признаку – на всей территории земного шара. Начало изучению географического распространения групп крови было положено немецкими врачами – супругами Гиршфельд.

Во время Первой мировой войны, работая в Македонии в полевом госпитале, Гиршфельды не только определяли групповую принадлежность при переливании крови раненым, но и вели статистику частоты отдельных групп крови среди представителей разных народов и национальностей. Различия оказались значительными. Позже на основе этих наблюдений английский генетик-гематолог Т. Мурант создал атлас групп крови.

Как оказалось, I группа чаще всего встречается в Европе: Ирландии, Исландии, Англии и Скандинавии. В азиатских странах – Китае, Монголии, Индии, Турции – эта группа наблюдается в два раза реже, зато отмечается увеличение частоты группы В(III). Индейцы Южной и Северной Америки во всех племенах имеют только одну группу крови – I. По этому поводу немецкие ученые Ф. Фогель и Г. Петтенкофер в 1962 г. высказали интересную гипотезу: возможно, закономерности географического распределения групп крови системы АВ0 – это результат обширных эпидемий, бушевавших в прошлом на той или иной территории.

Попадая в организм, вирусы и микробы начинают взаимодействовать с антигенами, прежде всего с антигенами групп крови. Такое родство часто приводит к печальным последствиям: если микроорганизм имеет антигены, схожие с антигенами крови человека, иммунный контроль ослабевает – ведь против собственных антигенов антитела никогда не вырабатываются. «Обманув» таким образом защитные силы организма, инфекция размножается, и человек заболевает. Палочки чумы содержат антиген, который напоминает по своему строению антиген группы 0(I), а вирус оспы имеет общий антиген с группой А(II). Не удивительно, что в тех местах, где когда-то эти заболевания стирали с лица земли целые народы, оказалась самая низкая частота групп крови А(II) и 0(I), зато повышена частота группы В(III). Среди жителей Северной Европы, где оспенные эпидемии не оставили такого разрушительного следа,

как на юге, группы A(II) и 0(I) встречаются часто. В Гренландии же, где в XIII в. эпидемия чумы уничтожила почти все население, сейчас почти не встречаются носители группы 0(I).

Гипотеза Фогеля—Петтенкофера подтвердилась, когда в Западной Бенгалии вспыхнула эпидемия оспы. Из 200 больных 106 (более 50 %) имели группу крови A, а среди тех, кому посчастливилось не заболеть, оказалось всего 25 % людей с такой группой.

Помимо системы АВ0, географически изучаются и антигены системы резус. Эти знания очень важны, ведь частота несовместимых в иммунном плане браков зависит от количественного соотношения в популяции резус-положительных и резус-отрицательных индивидов. Например, уже известно, что у азиатов, индейцев, эскимосов и эвенков резус-отрицательная группа крови встречается редко, а у австралийских аборигенов эти гены вообще отсутствуют, потому все перечисленные народы не сталкиваются с гемолитической болезнью новорожденных, вызываемой резус-антителами.

Другие маркеры крови и их географическое распределение изучены пока не в полном объеме. Однако антропологи и историки, исследующие происхождение отдельных народов, степень родства между ними, пути, по которым когда-то шло их переселение, интересуются этим вопросом все больше, ведь эволюция человека невозможна без систематического изменения генов в популяции.

Законы наследственности

Вступление в XX век ознаменовалось бурным развитием экспериментальной генетики, принесшей множество новых данных о наследственности и изменчивости. Отправной точкой в этом процессе стало открытие законов Менделя.

Грегор Мендель (1822—1884) – австрийский ученый-ботаник и послушник Августинского монастыря в городе Брюнн – не только служил Богу, но также работал в госпитале, преподавал математику, изучал физику и цитологию, занимался виноделием, земледелием и садоводством. Во время обучения в Венском университете он увлекся гибридизацией растений и по возвращении в Брюнн принялся экспериментировать в монастырском саду со скрещиванием разных сортов гороха.

Надо заметить, тогда считалось, что при скрещивании родительские признаки либо вовсе не расщепляются («слитная наследственность»), либо наследуются мозаично: одни – от матери, другие – от отца («смешанная наследственность»). В основе этой концепции лежало убеждение, будто в потомстве наследственность родителей смешивается, сливается, растворяется. Однако такие представления не позволяли аргументировать теорию естественного отбора. Ведь если бы при скрещивании наследственные приспособительные признаки в потомстве не сохранялись, а «растворялись», то и отбирать было бы нечего. Дабы избавить свою теорию естественного отбора от неувязок, Ч. Дарвин выдвинул теорию пангенезиса, согласно которой признаки родителей передаются потомству посредством мельчайших частиц геммул, поступающих в половые клетки из всех других клеток организма. Однако и это не могло быть правильным решением вопроса.

Только Менделю в ходе кропотливой работы удалось приоткрыть дверь в тайны генетики.

К проведению своих опытов Грегор готовился два года. Из 34 сортов гороха он выбрал 22, которые четко отличались по каким-либо признакам. Особенно тщательно проверялась чистота сорта: потомки всех поколений должны были иметь сходство между собой и своими родителями.

Растение для эксперимента ученый выбрал не случайно. Сорта гороха различаются целым рядом хорошо заметных признаков (окраска цветков, окраска и форма семян, расположение цветков, длина стебля). Но главный фактор – способность к самоопылению, ведь это позволяет исследователю опылять одно растение пылью другого растения.

В 1856 г. ученый приступил к работе. В отличие от предшественников, он не пытался оценить поколения в целом, а изучал наследование отдельных признаков всеми потомками конкретной пары. Это сужало круг вопросов и давало возможность получить наиболее четкие результаты.

Прежде чем опылить цветок гороха одного сорта другим, Мендель еще до созревания пыльцы обрывал с него тычинки. Позднее, когда рыльце было готово к опылению, ученый наносил на него пыльцу, взятую с цветков нужного сорта, а чтобы растения опылялись только отобранным материалом, выращивал их в специальном домике, недоступном для насекомых, или же надевал на цветки мешочки.

Сначала Грегор скрестил между собой растения с желтыми и зелеными семенами. В результате все гибриды первого поколения оказались желтыми и единообразными, независимо от того, из какого именно семени (желтого или зеленого) выросли материнские/отцовские экземпляры. Значит, оба родителя в равной степени способны передавать свои признаки потомству, сделал вывод Мендель. И сформулировал закон единообразия гибридов первого поколения (первый закон): при скрещивании чистых линий, обладающих взаимоисключающими признаками, все гибриды первого поколения будут иметь признак одного из родителей.

Единицу наследственности ученый назвал фактором (спустя десятилетия этот термин получил название «ген»). Признак, проявляющийся у гибридов первого поколения, обозначил доминантным, а тот, что подавляется, – рецессивным. Как оказалось, сочетание этих признаков дает предсказуемые схемы наследственности.

Далее ученый установил, что во втором поколении у 75 % особей проявляется доминантный признак, а у 25 % – рецессивный (расщепление 3:1). Эта закономерность получила название второго закона Менделя, или закона расщепления.

Третий же закон – независимого наследования признаков – был сформулирован в результате скрещивания растений, которые отличались уже и по цвету, и по текстуре семян. Первая чистая линия гороха имела желтые и гладкие семена, а вторая – зеленые и сморщенные. В итоге гибриды первого поколения получились желтыми и гладкими, а во втором, как и предполагается, произошло расщепление: помимо желтых гладких и зеленых морщинистых семян образовались желтые сморщенные и зеленые гладкие варианты – произошла рекомбинация признаков. Следовательно, при дигибридном скрещивании расщепление по каждой паре признаков происходит независимо от других свойств. Это и есть третий закон Менделя.

В самом конце эксперимента ученый предположил, что открытые им законы распространяются на все живое, ибо «единство плана развития органической жизни стоит вне сомнения».

За восемь лет Мендель вырастил и скрестил гибриды 30 000 растений, обследовал 20 000 их потомков, проделал 10 000 опытов и рассмотрел в лупу более 7000 горошин. В ходе экспериментов он разработал метод дискретного анализа наследования признаков и заложил научные основы генетики, открыв следующие явления:

1. Каждый наследственный признак определяется отдельным наследственным фактором, задатком, геном.
2. Гены сохраняются в чистом виде в ряде поколений, не утрачивая своей индивидуальности, а значит, ген относительно постоянен.
3. Оба пола в равной мере участвуют в передаче своих наследственных свойств потомству.
4. Гены способны удваиваться. Это наблюдение стало предпосылкой к открытию мейоза – процесса, в результате которого из одной материнской клетки с двойной ДНК образуются четыре одноцепочечные дочерние клетки.
5. Наследственные задатки являются парными: один – материнский, другой – отцовский; один из них может быть доминантным, другой – рецессивным. Это положение соответствует принципу аллелизма: ген представлен минимум двумя аллелями (формами).

Мендель рассказал о своем открытии 8 марта 1865 г., выступив перед Брюннским обществом естествоиспытателей. Первый в истории доклад о генетике был воспринят более чем прохладно – Грегору не задали ни одного вопроса. Через год его статья «Опыты над растительными гибридами» была напечатана и разослана в 120 университетских библиотек. Кроме того, ученый дополнительно заказал 40 оттисков своей работы и отправил известным ботаникам. Откликов не последовало... Такое непонимание ученый прокомментировал смиренно, как и подобает слуге Божьему: «Мое время еще придет».

В течение шести лет он читал лекции о своих исследованиях, но ни один из слушателей не понял смысла его теории. Никто не подозревал, что имеет дело с работой, которая на заре XX в. станет основой целой научной отрасли – генетики.

В начале 1880-х немец Вальтер Флемминг с помощью хроматины (окрашивающего состава) обнаружил внутри клеточного ядра нитеобразные хромосомы и пронаблюдал деление клетки (митоз), в процессе которого каждая хромосома производит свою копию. Продолжив эти исследования, бельгиец Эдуард ван Бенеден доказал постоянство набора хромосом у каждого вида животных и растений: 46 (23 пары) у человека, 20 (10 пар) – у кукурузы, 12 (6 пар) – у мухи, 8 (4 пары) – у дрозофилы. Каждая пара хромосом состоит из материнской и отцовской

«нити», и при формировании половых клеток – яйцеклетки и сперматозоида – хромосомы разделяются, не удваиваясь (иначе каждый индивид имел бы двойной набор хромосом).

Узнав об этом открытии, американец Уолтер Саттон (1876— 1916) заметил, что хромосомы выглядят как наследственные факторы Менделя. У каждой клетки есть фиксированное число пар хромосом, и каждая хромосома способна передавать наследственные признаки от одной клетки другой. Новый организм образуется от слияния яйцевой материнской клетки и сперматозоида с отцовским набором хромосом. Эти сочетания дают возможность каждому поколению усилить некоторые рецессивные черты и ослабить доминантные. Разные комбинации приводят к изменениям свойств, используемых затем в процессе естественного отбора.

Против хромосомной теории выступил У. Бэтсон, считавший, что эволюция состоит не в изменениях генов под влиянием внешней среды, а лишь в выпадении генов, в накоплении генетических утрат. Однако в 1900 г. законы Менделя были доказаны независимо сразу тремя учеными: Г. де Фризом в Голландии, К. Корренсом в Германии и Э. Чермаком в Австрии. За последующие 30 лет учение о наследственности обогатилось колоссальным экспериментальным и теоретическим материалом.

В XX в. законы Менделя стали основой для развития биоинформатики и эволюционной генетики, были сделаны многие новые открытия. А генетика стала самой динамичной отраслью естественных наук. Именно поэтому XXI столетие называют веком Менделя, что и является наивысшим признанием гения ученого.

ДНК и РНК

Во второй половине XIX в. биология была совсем молодой наукой. Ученые только приступали к исследованию клетки, а представления о наследственности, сформулированные Г. Менделем, не получили широкого признания.

Весной 1868 г. молодой швейцарский врач Фридрих Мишер приехал в университет немецкого города Тюбинген, чтобы заняться научной работой и узнать, из каких веществ состоит клетка. Экспериментируя с лейкоцитами, которые легко добываются из гноя, Фридрих отделил ядро от протоплазмы, белков и жиров и обнаружил соединение с большим содержанием фосфора. Эту молекулу он назвал нуклеином – от латинского «нуклеус» (ядро).

Открытое соединение проявляло кислотные свойства, поэтому возник термин «нуклеиновая кислота», а приставка «дезоксирibo-» призвана была сообщать, что молекула содержит водородные группы и сахара. Впоследствии ученые выяснили, что на самом деле это соль, но название решили не менять.

Вскоре стало известно, что нуклеин содержится в хромосомах – компактных структурах, которые возникают в делящихся клетках, – и представляет собой полимер (то есть очень длинную гибкую молекулу из повторяющихся звеньев), каждое звено которого сложено четырьмя азотистыми основаниями: аденином, тиминном, гуанином и цитозином.

Однако роль дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) долгое время оставалась загадкой. Прорыв совершил американский исследователь Освальд Эвери (1877—1955), опытным путем доказавший, что посредством ДНК генетический материал передается от бактерии к бактерии. Ученые поняли – ДНК нужно изучать. Но как?

Одним из тех, кто заинтересовался этой проблемой, был американский биолог Джеймс Уотсон (р. 1928). Желая исследовать природу гена как можно лучше, он поехал в Европу и на конференции узнал, что британские физики изучают строение молекулы ДНК с помощью рентгена. Направившись в Англию, Уотсон устроился в Кавендишскую лабораторию и там познакомился с физиком Френсисом Криком (1916—2004). Крик увлекся биологией благодаря книге Э. Шрёдингера «Что такое жизнь с точки зрения физики», где высказывалось предположение, что хромосома похожа на кристалл, а «размножение» генов напоминает рост кристалла.

В кристалле одна и та же группа атомов повторяется множество раз, а значит, молекула ДНК, непосредственно связанная с геном, должна иметь подобную структуру, – подумали Уотсон и Крик и обратились за помощью к коллегам: физикам Морису Уилкинсу и Розалинде Франклин.

Проведя рентгеноструктурный анализ ДНК, Уилкинс и Франклин обнаружили, что эта молекула представляет собой двойную спираль, напоминающую винтовую лестницу. Тогда Уотсон и Крик решили исследовать химическую структуру нуклеиновых кислот и определили, что те бывают двух типов – дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК). Обе кислоты состоят из моносахарида группы пентоз, фосфата и четырех азотистых оснований: аденина (А), гуанина (Г), цитозина (Ц), тимина (Т) в ДНК и урацила в РНК. Однако в нуклеотид ДНК входит углевод дезоксирибоза, в то время как в нуклеотид РНК – рибоза, у которой, в отличие от дезоксирибозы, есть «лишняя» водородная группа. В течение последующих восьми месяцев Уотсон и Крик обобщили полученные результаты и в феврале 1953 г. сделали доклад о структуре ДНК. А месяцем позже создали трехмерную модель молекулы из шариков, кусочков картона и проволоки.

Согласно модели Крика—Уотсона, ДНК представляет собой двойную спираль, состоящую из двух цепей дезоксирибозы фосфата, соединенных парами оснований аналогично ступенькам лестницы. Посредством водородных связей аденин соединяется с тиминном, а гуанин – с цитозином. По Уотсону и Крику, две части молекулы разъединяются в местах водородных

связей, что напоминает расстегивание «молнии», и из каждой половины прежней молекулы синтезируется новая ДНК. Матрицей, образцом для образования молекул служит последовательность оснований. Достаточно «размотать» косичку ДНК, и каждая цепочка сможет достроить на себе новую так, чтобы А склеивался с Т, а Г – с Ц. Из-за того, что размеры пар А-Т и Г-Ц одинаковы, молекула ДНК по структуре в самом деле напоминает кристалл, как предполагали физики. В то же время этот «кристалл» может содержать самые разнообразные сочетания А, Т, Ц, Г, поэтому все гены разные.

Модель Уотсона и Крика объяснила четыре главные функции ДНК: репликацию (копирование) генетического материала, наделение его специфическими чертами, хранение информации в молекуле и ее способность мутировать.

25 апреля 1953 г. ученые опубликовали свое открытие в журнале *Nature*, а через 10 лет разделили с Уилкинсом Нобелевскую премию по биологии. Открытие химической структуры ДНК было оценено во всем мире как одно из наиболее выдающихся биологических открытий века.

«Теперь, более полувека спустя, можно констатировать, что открытие структуры ДНК сыграло в развитии биологии такую же роль, как в физике – открытие атомного ядра. Выяснение строения атома привело к рождению новой, квантовой физики, а открытие строения ДНК – к рождению новой, молекулярной биологии», – пишет М. Франк-Каменецкий, выдающийся генетик, автор книги «Самая главная молекула».

Изучение структуры и биохимии ДНК способствовало созданию методики модификации генома и клонирования. В 1969 г. ученые впервые синтезировали искусственный фермент, в 1971 г. – искусственный ген. В 1978 г. был создан инсулин, практически полностью идентичный человеческому, а потом его ген был внедрен в геном бактерий, превратившихся в «фабрику инсулина». В 1990 г. впервые был опробован метод генной терапии, который позволил спасти жизнь четырехлетней девочке, страдавшей тяжелым расстройством иммунитета. Анализ ДНК нашел широкое применение даже в криминалистике. Он используется во время судебных процессов по признанию отцовства, а также для установления личности преступника.

Очевидно, в будущем ученые научатся клонировать органы человека, что решит проблему нехватки донорских сердец и легких для пересадки. Появятся новые лекарства, благодаря которым уйдут в прошлое неизлечимые генетические заболевания.

Генетический код

Ученых давно интересовала тайна главного свойства всех живых организмов – размножение. И почему дети – идет ли речь о людях, животных, растениях или микроорганизмах – похожи на своих родителей, бабушек, дедушек, дальних родственников?..

После открытия ДНК – молекулы, которая содержит инструкции для производства белков, выполняющих всю основную работу в клетке, – ученым захотелось выяснить подробности процесса копирования и переноса наследственной информации из ядра в цитоплазму, к месту синтеза белка. Уже было известно, что белки – это полимеры, состоящие из повторяющихся наборов (последовательностей) 20 аминокислот. Все виды животных отличаются друг от друга набором белков в клетках, то есть разными последовательностями аминокислот. Ученые догадывались, что эти последовательности задаются генами – базовыми «кирпичиками» жизни. Но что такое гены, никто в точности не представлял.

Ясность внес один из авторов теории Большого взрыва, физик Георгий Гамов – сотрудник Университета Джорджа Вашингтона. Основываясь на модели двухцепочечной спирали ДНК Уотсона и Крика, он предположил, что ген – это определенный участок ДНК, то есть некая последовательность звеньев-нуклеотидов.

В каждой такой последовательности заключена наследственная информация. Наименьшей ее единицей после нуклеотида являются три соседствующих нуклеотида – триплет. Расположенные один за другим триплеты и составляют ген. Поскольку каждый нуклеотид – это одно из четырех азотистых оснований (аденин – А, гуанин – Г, цитозин – Ц, тимин – Т), нужно было выяснить, как четыре элемента могут кодировать 20 аминокислот. В этом и состояла идея генетического кода.

К началу 1960-х ученые установили, что белки синтезируются из аминокислот в рибосомах – своего рода «фабриках» внутри клетки. Приступая к синтезу белка, фермент приближается к матрице ДНК, распознает информацию, закодированную чередованием нуклеотидов на определенном участке цепи, и синтезирует копию гена в виде маленькой одноцепочечной РНК (ее называют матричной, или мРНК от англ. *messenger* – переносчик, посланник). Это процесс транскрипции. На следующем этапе мРНК переносит информацию из ядра в цитоплазму, к рибосоме – важнейшей органелле клетки, где синтезируется белок. Внутри рибосомы к кодам мРНК по принципу комплементарности присоединяются антикодоны транспортной РНК. Рибосома соединяет между собой аминокислоты, принесенные тРНК, пептидной связью – сцепляя α -аминогруппу ($-\text{NH}_2$) одной аминокислоты и α -карбоксильную группу ($-\text{COOH}$) другой. Получается белок. Это – трансляция. Первичная структура определяет не только способ формирования молекулы белка, но и ее ферментативную, структурную либо регуляторную функцию.

То, что одной аминокислоте соответствуют три нуклеотида, Фрэнсис Крик выяснил в ходе экспериментов с вирусом фаг Т4. Триплет – единица кода – получила название «кодон». Оставалось понять, как действует шифр.

Сделать это удалось ученым М. Ниренбергу и Г. Маттеи, которые искусственно получили (синтезировали) РНК, состоящую из многократно повторяющегося урацила (поли-У), и использовали ее в качестве мРНК. В каждой из 20 пробирок ученые соединили бесклеточный экстракт *E. coli*, содержащий все необходимые компоненты для синтеза белка (рибосомы, тРНК, АТФ и прочие ферменты), поли-У и одну из известных аминокислот. Анализ содержимого пробирок показал, что полипептид образовался только в том сосуде, который содержал аминокислоту фенилаланин.

Так было доказано, что кодон УУУ, входящий в мРНК, шифрует аминокислоту фенилаланин. Аналогичные опыты показали, что триплет ЦЦЦ кодирует аминокислоту пролин, а триплет ААА – лизин. Это открытие стало первым шагом к расшифровке генетического кода.

На основании же дальнейших исследований сформировались его основные свойства:

1. Генетический код триплетен: каждый из 64 кодонов представляет собой три нуклеотида и кодирует, то есть шифрует, только одну аминокислоту.

2. Генетический код является вырожденным: каждая аминокислота может шифроваться более чем одним кодоном. Происходит так из-за того, что у кодонов, определяющих одну и ту же аминокислоту, первые два основания фиксированные, а третье «плавает» и может заменяться другим основанием. Лишь метионин и триптофан кодируются всего одним триплетом. Кодон, соответствующий метионину (АУГ), отвечает за считывание и не кодирует аминокислоту, если стоит в начале цепи ДНК. Триплеты УАГ, УАА, УГА вообще не кодируют аминокислот, потому называются бессмысленными, или нонсенс-кодонами.

3. Генетический код неперекрываем – один и тот же нуклеотид не может входить в два рядом стоящих триплета одновременно.

4. Генетический код универсален: одни и те же триплеты кодируют одни и те же аминокислоты у всех живых существ на Земле независимо от уровня их организации.

В 1961 г. Ниренберг и Маттеи впервые доложили о своих результатах на биохимическом конгрессе в Москве. К 1967 г. генетический код полностью расшифровали.

Открытие структуры ДНК и генетического кода переориентировало биологические исследования. Расшифровка генома человека дала антропологам совершенно новый метод изучения эволюции нашего вида. А недавно изобретенный редактор ДНК *CRISPR-Cas* позволил заметно продвинуть вперед генную инженерию.

Условные рефлексы

Начало развитию науки о высшей нервной деятельности положил Иван Павлов – выдающийся врач, физиолог и ученый, который открыл условный рефлекс.

Процессами, протекающими в человеческом мозгу, и, в частности, рефлексам Павлов заинтересовался в 1869 г., когда еще учился в рязанской духовной семинарии. Однажды в руки ему попала книга профессора И. Сеченова «Рефлексы головного мозга», и оттуда Павлов узнал, что все происходящее в организме сводится к рефлексам. Как пояснял автор, нервные пути рефлекса образуют рефлекторную дугу, которая состоит из чувствительной ветви, передающей в мозг сигналы от органов чувств, и двигательной ветви, отходящей от мозга и идущей к «рабочим органам» – мышцам и железам. Загоревшись желанием изучить эту теорию глубже, Иван поступил в Петербургский университет на курс физиологии животных, после выпуска устроился на работу в физиологическую лабораторию Устимовича, а затем возглавил собственную лабораторию при клинике Боткина. Именно там он активно занялся вопросами пищеварения, точнее, причинами секреции (выделения) слюны и желудочного сока.

Казалось бы, железистые клетки стенок желудка начинают выделять сок в ответ на поступление пищи. Однако в ходе двух опытов на собаках Павлов доказал, что такое объяснение неверно. Разрезав пищевод собаки, ученый вывел его часть наружу через шею, а на желудок наложил фистулу – трубочку, один конец которой вставляется в стенку органа, а другой выводится на поверхность живота. В результате каждый проглоченный животным кусок еды выпадал, однако сок в желудке все равно образовывался и капал в специальный сосуд. Эти исследования показали, что при каждом приеме пищи желудочный сок вырабатывается независимо от того, попадает ли еда в желудок или нет.

Затем Павлов задался целью измерить количество выделяемой слюны в разных ситуациях и для этого наложил фистулу на околоушную слюнную железу, что оказалось непросто, ведь трубка должна была точно входить в выделительный проток железы. Но опыт удался, и, когда Павлов давал подготовленной собаке маленькие кусочки мяса, слюна капала из фистулы в специальный измерительный сосуд.

В последующих экспериментах ученый стал сочетать кормление со звуковым раздражителем – звонком или сигналом зуммера. В обычных условиях шум не вызывал у собаки выделения слюны, но все менялось, если звуковые эффекты повторялись перед кормлением, причем неоднократно. Возникал условный рефлекс, который, в отличие от врожденного, безусловного (выделения слюны каждый раз, когда в рот попадает пища), формируется постепенно, в зависимости от определенных обстоятельств.

Надо заметить, в конце XIX в. еще встречались люди (даже среди ученых), которые считали, что любые процессы в организме объясняются действием духовных сил. Однако Павлов понимал – объяснение явлений, наблюдаемых при выделении слюны, вполне материально, и его следует искать путем точных исследований.

Поразмыслив, ученый предположил, что при каждом воздействии раздражителя на вкусовые рецепторы возбуждается соответствующий центр мозга, после чего возбуждение передается в другой центр, управляющий деятельностью слюнной железы. Так объяснялся механизм безусловного рефлекса.

Если же одновременно с возбуждением центра, ответственного за вкусовые ощущения, многократно возбуждать центр, управляющий, например, слухом, то между ними установится связь, которую Павлов назвал временной. Благодаря этой связи всякое раздражение слухового центра будет приводить к возбуждению вкусового и передаваться в центр, руководящий выделением слюны.

В период выработки условного слюноотделительного рефлекса, положим, на свет лампы подопытное животное получает корм после каждого включения оптического сигнала. Так условный рефлекс подкрепляется безусловным. Временный рефлекс не исчезнет, даже если прекратить его подкреплять, то есть включать световой раздражитель, пропуская кормление. Но если условный раздражитель будет действовать без подкрепления неоднократно, то слюноотделение от опыта к опыту станет уменьшаться, пока не прекратится совсем. Условный рефлекс угаснет.

Впрочем, Павлов доказал, что достаточно прочно запечатленные восприятия, а также взаимоотношения между ними не забываются. Конечно, если условный рефлекс подкреплялся всего несколько раз, его угасание наступает быстро, а на восстановление приходится затрачивать почти столько же усилий, сколько было вложено в первичную выработку. Иначе обстоит дело, когда условный раздражитель, звуковой или световой, подкреплялся много раз, – тогда условный рефлекс угасает медленно. Подкрепив его вновь, пусть даже после длительной паузы, мы убедимся, что восстановится он быстро, а значит, полностью не «забылся».

Впоследствии выводы Павлова оказались очень полезными для обучения и дрессировки. В жизни людей нередки ситуации, в которых обучение можно свести к временным связям: заучивание слов, включение света с помощью выключателя, остановка на красный свет, запоминание времени отправления поезда. То же касается и воспитания животных. Если при команде «сидеть» предлагать собаке корм, она действительно будет садиться на задние лапы, чтобы просто поесть. Однако кормление ассоциативно свяжется у нее с акустическим сигналом, и позже, когда привычка укоренится, животное продолжит выполнять команды уже без поощрения.

Таким образом, своими научными изысканиями Павлов добился поразительных результатов, позволивших расширить познания людей о работе всего организма и о процессах в коре головного мозга. Развитие медицины стало возможным во многом благодаря этому выдающемуся ученому.

Стволовые клетки

Технологии, основанные на использовании так называемых стволовых клеток, привлекают огромное внимание во всем мире. Но в массовом сознании использование стволовых клеток ассоциируется с клонированием и выращиванием человеческих эмбрионов «на запчасти».

«Ни одна область биологии при своем рождении не была окружена такой сетью предубеждений, враждебности и кривотолков, как стволовые клетки», – считает член-корреспондент РАМН, специалист в области медицинской клеточной биологии В. Репин. Хотя термин «стволовая клетка» был введен еще в 1908 г., статус отдельной науки эта область клеточной биологии получила лишь в последнее десятилетие XX века.

В 1999 г. журнал *Science* признал открытие стволовых клеток третьим по значимости событием в биологии после расшифровки двойной спирали ДНК и программы «Геном человека». Один из первооткрывателей структуры ДНК, Джеймс Уотсон, комментируя открытие стволовых клеток, отметил, что устройство стволовой клетки уникально, поскольку под влиянием внешних «инструкций» она может превратиться в зародыш либо в линию специализированных соматических клеток.

В биологию понятие «стволовая клетка» ввел русский ученый Александр Максимов (1874—1928) на съезде Гематологического общества в Берлине. Максимов первым догадался, что обновление клеток крови – это особая технология, отличная от обычного клеточного деления. Если бы клетки крови самообновлялись стандартным способом, это требовало бы гигантских размеров костного мозга.

Толчком к развитию клеточной трансплантологии стали атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в конце Второй мировой войны. Ученые поняли, что человечеству требуется защита от радиации, и принялись искать эффективные средства. Первые трансплантации гемопоэтических стволовых клеток костного мозга были проведены облученным мышам, собакам и обезьянам, и эти операции оказали на животных восстановительное воздействие. Тем не менее понадобилось почти 20 лет, чтобы трансплантация костного мозга вошла в арсенал практической медицины. Только в конце 1960-х были получены убедительные данные о возможности применения трансплантации костного мозга при лечении острых лейкозов.

Следующей значительной вехой в исследовании вопроса стало открытие российскими специалистами Александром Фриденштейном и Иосифом Чертковым стволовых клеток крови. В 1960—1970-е ученые описали и успешно культивировали фибробластоподобные клетки, получившие впоследствии название «мезенхимальные стромальные клетки». Так что именно Фриденштейну и Черткову принадлежит авторство создания учения о стволовых клетках. А в 1981 г. Мартин Эванс, Мэттью Кауфман и Гэйл Мартин впервые выделили эмбриональные стволовые клетки из эмбриобласта (внутренней клеточной массы раннего зародыша) мыши.

Однако интенсивное развитие этой науки началось с 1998 г., когда американские ученые Д. Томпсон и Д. Герхард обосновали бессмертие эмбриональных стволовых клеток.

Итак, что же это за клетки? Это прародительницы всех без исключения типов клеток в организме. Они способны к самообновлению и, что самое важное, в процессе деления образуют специализированные клетки различных тканей. Обновляя и замещая клетки, утраченные в результате каких-либо повреждений, они восстанавливают и регенерируют организм человека с момента его рождения.

Потенциал стволовых клеток только начинает использоваться наукой. Ученые надеются в ближайшем будущем создавать из них ткани и целые органы, необходимые больным для трансплантации, что позволит отказаться от использования донорских органов. Преимущество стволовых клеток в том, что их можно вырастить из клеток самого пациента и они не будут вызывать отторжения. Потребности медицины в таком материале просто огромны. В настоя-

щее время только 10—20 % людей излечиваются благодаря удачной пересадке органа, остальные же погибают еще на этапе ожидания операции.

Все стволовые клетки делятся на эмбриональные и соматические. Эмбриональные выделяются из эмбриона на ранней стадии его развития. А соматические – это клетки взрослого организма, которые присутствуют преимущественно в костном мозге и в периферической крови (циркулирующей по сосудам вне кроветворных органов), а также в небольших количествах во всех органах и тканях.

Ко второй группе относятся клетки плацентарно-пуповинной крови, собранной сразу после рождения ребенка. Поместив эту кровь в криобанк стволовых клеток, можно использовать ее в дальнейшем для восстановления практически всех тканей и органов, а также для лечения любых заболеваний, в том числе онкологических. Однако количество стволовых клеток в пуповинной крови недостаточно велико, потому использовать их можно только однократно и лишь для самого ребенка, пока он не достиг 10-летнего возраста.

Самый же доступный источник стволовых клеток – это костный мозг человека. Концентрация «чудодейственных» клеток в нем максимальна, к тому же среди них есть как гемопоэтические (кроветворные), из которых формируются абсолютно все клетки крови, так и мезенхимальные, регенерирующие практически любые органы и ткани.

Французские ученые доказали, что некоторые стволовые клетки продолжают жить и делиться даже после смерти человека. Согласно исследованиям, этот период может составлять от нескольких часов до нескольких недель. Так, например, стволовые клетки мышечной ткани способны функционировать в течение двух недель после наступления смерти организма, и, несмотря на то что в этот период все процессы замедляются, способность развиваться в полноценные клетки не утрачивается. Специалисты из парижского Института Пастера уверены, что их открытие поможет найти новые источники стволовых клеток и разработать революционные методы их консервации.

В 1998 г. французские ученые нашли способ выращивать стволовые клетки в питательной среде. Между тем почти одновременно с французами значительных успехов в изучении стволовых клеток добились японцы, которые в одном из биологических центров Токио смогли вырастить сетчатку глаза. Стволовые клетки были подсажены в глазное яблоко, после чего под воздействием специальных препаратов довольно быстро сформировали здоровую сетчатку, рецепторы которой способны воспринимать свет, цвета и передавать нервные импульсы в мозг. Это открытие может произвести революцию в лечении болезней глаз и дать надежду на восстановление зрения полностью слепым людям.

В 2012 г. Джон Моррис опубликовал в издании *PLOS One* результаты исследований, проведенных вместе с коллегами, и заявил, что стволовые клетки содержатся даже в злокачественных новообразованиях. Они способны делиться и дифференцироваться в самые разные типы ткани, а кроме того, генерировать новые стволовые клетки.

Таким образом, стволовые клетки в каком-то смысле действительно могут стать «запчастями» для нашего организма. И для этого вовсе не обязательно выращивать искусственные эмбрионы, ведь стволовые клетки содержатся в теле любого взрослого человека.

Химия

Медь и бронза

Какой металл первым вошел в жизнь людей? Золото? Серебро? Железо? Нет, это была медь: ее нашли 6000 лет назад. Правда, в то время наши предки орудовали каменными топорами и костяными ножами, потому находкой не особо заинтересовались. Однако со временем древний человек разочаровался в материалах, из которых мастерил свои инструменты: камень был очень тяжелым, а кость часто ломалась. Довелось искать что-то иное, попрочнее да полегче, и тут на помощь пришел необычный минерал – желто-красный, с зеленцой, еще и блестящий.

Это оказалась медь – точнее, медная руда, но люди приняли ее за камень и попытались делать с ней то же, что с обычными камнями: придавать нужную форму, многократно откалывая по кусочку. Результат получался неожиданный: мягкая медь гнулась, принимая самые причудливые формы, и становилась тверже. Значит, из нее можно что-то выковать, сообразили древние мастера. Потом кто-то случайно сунул породу в огонь, она стала плавиться, и людей осенило: в таком состоянии из материала можно ковать все, что угодно, – хоть наконечники копий, хоть крючки для ловли рыбы, хоть бусы и браслеты. Да, медные ножи выходили не такими крепкими, как костяные и каменные, зато затачивать их не составляло труда, да и починить можно было на раз-два, вместо того чтобы делать новые.

Кроме того, оказалось, что из податливой меди очень удобно ковать тонкие, острые лезвия, которым каменные аналоги и в подметки не годились. Медным топором древний дровосек мог срубить довольно-таки толстое дерево втрое быстрее, чем каменным. Медная пила справлялась с распиливанием ствола на бревна в 20 раз быстрее каменной, а скорость обработки досок медным ножом вдесятеро превышала скорость строгания каменным инструментом.

Постепенно люди привыкали к работе с медью, экспериментировали с ней, выковывая такие орудия, о которых раньше и помыслить не могли, а те помогали им осваивать новые занятия, делали их жизнь удобнее и проще. Так на смену каменному веку пришел медный.

Раньше всех с медью подружились народы, населявшие территорию Турции, – именно там археологи нашли самые древние предметы из красного металла, возраст которых составлял 7—8 тысячелетий. Жители Месопотамии – одной из самых развитых ранних цивилизаций Ближнего Востока – начали мастерить медные украшения в VI-м тысячелетии до н. э. Через тысячу лет добывать и использовать медь научились египтяне, китайцы и балканские народы, затем к обработке красного металла подключились европейцы, а за ними – индейцы Южной Америки.

Впрочем, о местонахождении древнейших залежей меди ученые спорят до сих пор. Если отталкиваться от латинского названия меди – купрум, можно предположить, что первые залежи были обнаружены на греческом острове Кипр, где добыча этого металла велась с III-го тысячелетия до н. э. Однако в израильской долине Тимна было выявлено месторождение, на тысячу лет старше кипрского, к тому же, по прикидкам археологов, именно там впервые отлили слиток из красного металла. Когда-то даже поговаривали, будто рудники Тимны – это те самые легендарные копи мудрого царя Соломона, откуда добывался материал для изготовления монет, посуды, дворцового декора и прочих составляющих монаршего богатства. Но потом эту гипотезу отбросили: Соломон жил в X в. до н. э. – в то время горнодобывающие работы в долине уже были остановлены.

Как-то раз один кузнец попробовал расплавить в специальной печи, устроенной по принципу гончарной, медную руду с небольшой примесью олова. Каково же было удивление

мастера, когда на выходе он получил металл, в разы тверже и крепче меди! Поработав с новым металлом, кузнец заметил, что плавится он быстрее меди и при этом становится менее вязким, благодаря чему из него можно отливать весьма сложные, тонкие, изысканные изделия, которые легко шлифуются. В итоге из сплава меди с оловом при сравнительно небольших усилиях получались очень интересные и качественные вещи, поэтому кузнец специально стал смешивать эти металлы, и вскоре его примеру последовали другие мастера. Новый материал назвали бронзой, а новую эпоху, начало которой ознаменовалось повсеместным использованием сплава, – бронзовым веком.

На протяжении 2 тысячелетий кузнецы наперегонки старались улучшить технику изготовления бронзовых изделий. Если поначалу жидкий металл заливали в грубые глиняные или песочные формы, рассчитанные всего на одно использование, то позже были изобретены долговечные каменные формы. Правда, и те и другие были открытыми, словно детские «пасочки», потому предметы в них получались плоскими. Чтобы избавиться от такого досадного недостатка, мастера придумали делать двусторонние формы, закрывающиеся по принципу раковины моллюска. В такую форму металл заливался через крошечное отверстие, а когда изделие остывало и становилось твердым, форму раскрывали.

Следующим этапом стало изготовление восковых муляжей, которые лепились по образу и подобию желаемой вещи, а затем обмазывались глиной и обжигались. В раскаленной печи воск вытекал, а опустевшая форма застывала. Поскольку такая форма в мельчайших подробностях повторяла все детали будущего изделия, готовый продукт уже не требовал никакой обработки и выглядел очень добротно. Ну а когда кузнецы научились клепать, паять и сваривать, у них появилась возможность создавать настоящие бронзовые шедевры.

В общем, медь и бронза сослужили людям добрую службу не только в быту и в военном деле, но также в творчестве. И хотя сейчас в нашем распоряжении имеется много разных материалов, мастера до сих пор отливают бронзовые скульптуры, а из меди выковывают украшения и посуду.

Золото

О существовании этого волшебного красивого желтого металла, словно позаимствованного Землей у Солнца, люди узнали в глубокой древности – более 5 тысячелетий назад, еще в ту эпоху, когда все предметы быта и оружие делались из камня. Однако древний человек быстро оценил преимущества золота: из него легко можно было выковать любую вещь, оно не портилось ни в воде, ни при долгом пребывании на воздухе, не билось и вдобавок роскошно выглядело.

В 1972 г. обычный болгарский рабочий Райчо Маринов рыл траншею в городе Варна, чтобы проложить подземный кабель, как вдруг заметил в ковше что-то блестящее. Присмотревшись, Райчо ошеломленно присвистнул: вместе с грунтом ему попались настоящие золотые украшения и ритуальные фигурки вроде амулетов. Вещицы явно были старинными, потому Маринов отнес их археологам. Те сразу же приехали на место, где был найден клад, и провели тщательные раскопки, которые привели их к древнему, 5,5-тысячелетнему захоронению. Рядом со скелетами людей в могильнике лежали рабочие инструменты, луки, копья, булавы, бусы и прочие интересные предметы – все из золота.

Вслед за народами, населявшими территорию Болгарии, золотодобычей занялись египтяне, китайцы, индусы и жители Месопотамии, но, поскольку отделять чистый металл от примесей они еще не умели, в их золотых вещах оказывалось немало медных и серебряных добавок. В чистом виде золото впервые получили египтяне, для которых желтый металл символизировал солнечное божество, однако случилось это не раньше VI в. до н. э. Египтяне верили, будто небесная богиня Нут каждое утро рождает золотого тельца – Солнце, а тот трансформируется в солнечного бога Ра, который за день объезжает небосвод на своей колеснице, и вечером Нут глотает его, чтобы на следующее утро снова произвести на свет тельца.

У греков было собственное золотое мифическое животное – барашек, который спас детей богини неба и земного царя от их злой мачехи. Барашек должен был переправить царевича и его сестру в Колхиду (сейчас это территория Грузии, Абхазии, Аджарии, Турции), но девочка по дороге утонула, и выжить удалось только мальчику. Выполнив миссию, барашек сбросил свою золотую шкуру, чтобы его пассажир подарил руно царю Колхиды. Впрочем, надолго шкурка там не задержалась. Через некоторое время греческий герой Ясон вместе с командой аргонавтов выкрал золотое руно, умертвив его охранника – страшного дракона, – и драгоценность вернулась в Элладу.

Высокий статус, присвоенный золоту изначально, сделал этот металл объектом кровопролитных сражений. К примеру, ассирийцы, не желая ограничиваться торговлей с египтянами и честной прибылью за свои товары, отвоевали часть египетских земель и обложили местное население данью – конечно же, в виде желтого металла. Потом на завоеванное ассирийцами золото позарились персы, а у них сокровища отобрал правитель греческой Македонии – всем известный Александр. Но и греки не смогли удержать чужое добро: соседи-римляне отбили у них все запасы желтого металла, после чего пошли войной на Карфаген, чтобы захватить еще и места золотодобычи, расположенные на территории современной Испании.

Уже в нашу эру повсеместную охоту за солнечным металлом затеяли сами испанцы. Прослышав о том, что города индейцев инков буквально стоят на золоте и купаются в нем, испанский колонизатор Франсиско Писарро собрал команду таких же отчаянных, как он, солдат и направился напрямик в Южную Америку, где жили инки. Последние не преклонялись перед золотом – для них это был всего лишь «солнечный пот», который использовался так, как у нас применяется алюминий, то есть для изготовления всяческой домашней утвари и разных безделушек. Однако испанцам рассказали, будто у индейцев и дома золотые, и улицы вымощены золотом, и растения сделаны из него же. Поэтому, прибыв на южноамериканский континент,

колонизаторы немедленно пленили инкского вождя Атауальпу и пригрозили убить его. Атауальпа не растерялся и предложил Писарро в обмен на освобождение заполнить золотом всю камеру, где его держали в заключении, а соседнюю дважды наполнить серебром. Франсиско согласился, и индейцы принялись сносить в камеру золото, но в какой-то момент испанцы запаниковали и прикончили вождя. Разгневанные инки забрали все сокровища и перепрятали их в недоступном месте. По слухам, там были сотни килограммов, а может быть, и тонн благородного металла!

Постепенно жаждущие золота старатели открывали одно месторождение за другим, попутно исследуя чужие земли, возводя там города, внедряя элементы цивилизации. Так, к концу XVIII в. была освоена почти вся территория Южной и Центральной Америки, тогда же золотоносные реки обнаружили в России, и мир охватила «золотая лихорадка»: старатели потоком хлынули на север Америки и рьяно принялись намывать из песка золотые крупинки. Затем были основаны Соединенные Штаты Америки (в Калифорнии нашлась свежая золотая жила), заселены Австралия и Южная Африка – разумеется, ради разработки тамошних месторождений.

Между тем с началом золотодобычи люди заинтересовались природой благородного металла. Во времена Средневековья этим вопросом озадачились алхимики: очень уж хотелось им узнать, из чего «сделано» золото, как его использовать, а самое важное – как производить в искусственных условиях. Загадочные алхимические эксперименты породили множество слухов и небывлиц о возможности превращать любые металлы в драгоценный желтый. Для этого якобы нужно было лишь добавить «совершенное» золото к менее ценному «собрату», и тот сразу же становился благородным.

Впоследствии профессиональные химики развеяли этот миф: хотя золото действительно взаимодействует только с металлами (благодаря чему и не темнеет при контакте с кислородом из воздуха), последние не превращаются в него, а лишь укрепляют. Дело в том, что золото, несмотря на очень большую массу, относительно мягкое, поэтому использовать его в чистом виде неудобно: изделия легко царапаются и деформируются. Из чистого золота имеет смысл изготавливать только монеты: чтобы распознать подделку, достаточно попробовать такую денежку «на зуб» – на желтом металле следы останутся, а сплав не изменит формы. Что же касается тех вещей, которым лишние вмятины и царапины не нужны, то их спасают смеси золота с медью или серебром. Впрочем, мягкость и податливость золота позволяют работать с ним без предварительного плавления (а плавится желтый металл при очень высокой температуре, превышающей 1000 °С, и при этом зеленеет). Более того, с помощью обычного кузнечного молота можно расплющить золото до толщины в тысячную долю миллиметра, поэтому желтым металлом удобно покрывать ювелирные украшения, элементы декора, стекла домов, самолетов и кораблей (он отражает инфракрасные лучи). А еще делать из него проволочки для микросхем: золото отлично проводит ток.

То, что желтый металл, с одной стороны, не портится со временем, не ломается и внешне сильно отличается от прочих металлов, а с другой – сложно добывается и вообще очень редкий, превратило его в универсальную валюту, ценную в любом уголке мира. Золото покупают и продают, золоту отводят роль денег, присваивая каждой обычной денежной единице то или иное количество желтого металла, золотые слитки передают на хранение банкам... Так что «солнечный» металл не только исполняет роль символа власти и богатства, но и активно участвует в экономических отношениях между странами.

Железо

Железо в прямом смысле слова свалилось людям на голову – в составе метеорита. Осколки небесного тела были найдены 5 тысяч лет назад жителями Египта и Шумера – они-то и обнаружили, что кусочки этой породы представляют собой металл, более твердый, чем уже известные в то время медь, олово и золото. Данное свойство определило название металла: «железо» («залізо») на праславянском языке означало «камень, скала». А латинское «феррум» восходит к словам из санскрита, переводящимся как «твердеть» и «крепкий, тяжелый». Правда, в метеоритной породе был еще и никель, который укреплял мягкое железо, но древние об этом не знали. Обрадовавшись находке, они принялись плавить новый металл и ковать из него кинжалы, бусы, браслеты, а также разнообразные подвески в оправе из... золота. Поскольку последнее родилось на Земле, а железо было ниспослано небом, шумеры и египтяне посчитали «крепыша» божественным подарком и оценили выше желтого металла.

Однако во II тысячелетии до н. э. выяснилось, что в земных недрах железо тоже есть, только существует оно не самостоятельно, а в составе руд: бурого железняка, болотной руды, шпата, гематита и пр. Первыми выплавлять железо из руды и обрабатывать его научились хатты – народ, населявший территорию современной Турции. Когда во владения хаттов вторглись воинственные соседи хетты, какой-то местный кузнец подарил хеттскому царю железный трон и скипетр. Вскоре завоеватели и сами научились управляться с дивным металлом, более того, впервые изготовили из него боевую колесницу собственной конструкции, а также придумали много новых видов оружия (сам фараон Египта попросил однажды хеттских мастеров выковать ему железный кинжал). Очевидно, именно это и стало залогом непобедимости хеттов.

Чуть позже, в I тысячелетии, был изобретен еще один способ выплавлять железо. Авторство данного метода принадлежит халибам: этот народ жил на побережье Черного моря, где было много магнетитового песка, состоявшего из мелкой крошки разных пород. Так вот, халибы добывали железо именно из него, а не из руды. Песок тщательно промывался, затем смешивался с древесным углем и плавился в специальных печах. В итоге получалась очень прочная нержавеющая форма железа – сталь, которую греки в честь ее создателей называли халибасом.

Коренное население Америки о железе и слыхом не слыхивало аж до Средневековья: индейцам для жизни с лихвой хватало меди, которой полнились недра их земель, а добычу «крепыша» развернули уже бледнолицые пришельцы из Европы. Между тем в Африке о меди ничего не знали – ее там попросту никогда не было, зато за тысячу лет до нашей эры местные наткнулись на железные руды и быстренько придумали, как превращать породу в металл. Уже тогда в Африке были сооружены первые плавильные печи, являвшие собой конусообразную глиняную башню с ямой внутри.

Конечно, жители Черного континента не догадывались, что железо производить далеко не так просто, как медь, а вот европейским мастерам было с чем сравнивать. Если медная руда не требовала никаких дополнительных условий, кроме высокой температуры в печи, то железную приходилось нагревать сильнее, причем вместе с углем и непременно в ветренном, хорошо вентилируемом месте. Но даже при соблюдении всего этого материал получался пористым, ломким и с кучей лишних примесей.

А потом случайно обнаружилось, что много жара и не нужно – главное, найти хорошее горячее, да побольше: в этом плане железо более прихотливо, чем медь, которой достаточно и малого количества любого топлива. Новый способ плавки потребовал печей, построенных по особой технологии: сначала на возвышении или открытой поляне рыли конусообразную яму в метр глубиной и выкладывали ее глиной, устойчивой к высоким температурам; вокруг ямы возводили наклонную стену, сходящуюся к центру, но с отверстием сверху; внизу же по

периметру проделывали несколько отверстий, через которые в печь поступал воздух. Такие печи получили название «горн», а сам метод добычи железа был назван сыродутным. Процесс начинался с поджигания угля на дне ямы. На этот уголь выкладывался еще один слой угля и слой руды. Когда горн раскалялся до 1300 °С, руда превращалась в крицу – рыхлую мягкую массу, состоящую из железа с разными шлаковыми примесями и угольными частичками. Кузнец вынимал крицу и хорошенько отбивал ее молотом, чтобы сделать плотнее и очистить от примесей. Полученный металл снова накалялся в горне, после чего еще раз тщательно проковывался – и становился чистым железом с незначительной добавкой углерода.

Впрочем, позже оказалось, что чистое железо – не идеальный вариант: несмотря на пластичность и податливость ковке, оно слишком мягкое. Вот тогда-то и вспомнили о халибах, которые делали сплавы железа с приличной долей углерода. Поэкспериментировав с температурой в печи, мастера определили, что при более высоких значениях количество углерода на выходе растет – образуется новый металл, чугун, очень твердый, но... ломкий. Такой металл нельзя было бить молотком: он годился лишь для тех изделий, которые отливались в формах. Значит, нужно чуть убавить количество углерода в сплаве, решили металлурги. И попробовали нагревать чугун вкуче с разными железными сплавами либо с природным газом. Так металл дополнительно обогащался железом, и ему уже не страшен был молот. Однако для пущей прочности его закаливали: разогревали докрасна, а потом опускали в воду. Вот этот материал – сталь – уже прекрасно подходил и дляковки, и дляштамповки прессом, и для сколь угодно острой заточки.

Впоследствии процесс производства совершенствовался, появлялись новые печи, но в целом принципковки, разработанный еще до нашей эры, использовался вплоть до XX в. Этот способ позволял производить очень прочный металл, пригодный для изготовления кинжалов, сабель, копий, различных хозяйственных инструментов, деталей транспортных средств и прочего.

Таким образом, металлургия получила статус чуть ли не главной промышленной отрасли, а железо стало неотъемлемой частью человеческой жизни. До 30-х годов XIX в., пока один студент-химик не изобрел спички, его применяли даже для разжигания огня. Чтобы высечь искру и поджечь трут, в роли которого выступал сушеный гриб-трутовик, сухая кора, трава или ткань, нужно было стукнуть по кремню железной кованой пластинкой с двумя загогулинами с одной стороны и отверстием посередине. Эта пластинка так и называлась – кресало.

Кроме того, в позапрошлом столетии было обнаружено, что железо содержится в каждом из нас – в составе крови – и что только благодаря ему кровь красная. Первым это выяснил французский химик Франсуа Мари Рауль – открытие поразило его настолько, что он надумал изготовить из собственной крови колечко для возлюбленной. Закрывшись в лаборатории, Франсуа планомерно выпускал из вены кровь, а затем, добавляя в красную жидкость разные химические элементы, путем сложных реакций выделял оттуда железо. Конечно, если бы отчаянный химик знал, что того количества железа, которое присутствует во всем объеме человеческой крови, хватит разве на крошечную булавочную головку, то наверняка не взялся бы за столь рискованный эксперимент. Однако он не знал этого, потому скончался от анемии раньше, чем закончил работу. Его изыскания побудили других химиков и медиков изучать свойства крови и потребности организма в железе.

Гальванопластика

Чеканенные картины, золоченые рамы, пластмассовые безделушки, искусно замаскированные под серебряные или бронзовые украшения, гипсовые копии старинных скульптур, для красоты и солидности покрытые бронзой... Все эти вещи имеют кое-что общее: их делают с помощью гальванопластики.

Что это за техника такая? Если в двух словах – это такой процесс, в ходе которого электричество пропускается через соли металлов, и они распадаются, покрывая своими частичками другие предметы. Ну а если подробнее, все происходит примерно так. Сначала вещь, которую нужно одеть в металлические доспехи, опускается в раствор соли – поскольку такие растворы хорошо проводят ток – и подсоединяется к минусовому полюсу источника, превращаясь в катод. Затем в ту самую жидкость погружаются металлические пластинки, которые подводятся уже к плюсовому полюсу и берут на себя роль анода. Электрическая цепь замыкается, атомы анода и катода заряжаются – первые превращаются в положительные ионы, а вторые в отрицательные, – и тогда положительные ионы металла отрываются от пластинок и мчатся к катоду, у которого имеются лишние электроны. Цепляясь за эти отрицательные частицы, атомы металла снова становятся нейтральными и оседают на поверхности катода (покрываемой вещи).

Данная технология, по мнению историков, была открыта еще до нашей эры. Древнегреческие писатели рассказывали о том, что мастера, служившие при дворе царицы Клеопатры, знали секрет изготовления драгоценных металлов. Возможно, подразумевалось искусство покрывать разнообразные предметы (в частности, те, что использовались в религиозных ритуалах) серебром или золотом. А это и есть гальваника.

Знали о ней и римляне, только применяли не для создания предметов искусства, а с несколько иной целью. Для того чтобы соленая морская вода не растворяла медную обшивку кораблей, предохранявшую суда от ракушечных наростов и жуков-вредителей, в нее заколачивались гвозди – снова-таки из меди. И это удивительно, ведь древние люди понятия не имели о химических взаимодействиях между солевыми растворами и металлами.

В 30-х годах XX в. в столице Ирака, городе Багдад, было найдено интересное устройство, происхождение которого можно было отнести к III—II вв. до н. э. Внешне это была просто глиняная ваза высотой 13 см, но внутри нее скрывался цилиндрический сосуд из меди, откуда торчал ржавый железный прут. Ученые высказали догадку, что древние мастера заполняли сосуд раствором щелочи и использовали его в качестве источника тока (позже подобные батареи получили название гальванических элементов – в честь итальянского медика Луиджи Гальвани, открывшего свойство металлов проводить ток). Дабы подтвердить свою гипотезу, исследователи налили в сосуд сначала винный уксус, а потом морскую воду – и в обоих случаях ваза генерировала слабое электричество.

Узнав об этих экспериментах, Арне Эггербрехт – специалист по истории Древнего Египта – решил выяснить, не пользовались ли египтяне такими батареями, чтобы золотить разные предметы? Вылепив из гипса копию позолоченного изваяния одного из египетских богов, ученый погрузил фигурку в раствор сульфида золота, после чего с помощью проволоки соединил между собой десяток гальванических элементов, аналогичных багдадскому, и всю цепочку подвел к емкости с раствором. За пару часов фигурка равномерно покрылась тонким слоем золота, и Эггербрехт заключил: за несколько тысяч лет до нашей эры египтяне уже работали с техникой гальваники.

Впрочем, официально эта техника родилась в начале позапрошлого века, после того как российский физик Василий Петров представил самую большую и мощную гальваническую батарею в мире. Устройство включало в себя более 4000 медных и цинковых дисков, размещен-

ных рядами в деревянном ящике и переложенных бумагой с пропиткой из нашатырного спирта. Используя этот прибор, ученый провел множество экспериментов, получая разные металлы из их соединений с кислородом, а также раскладывая на элементы воду, растительное масло, алкоголь и пр. Из этих опытов Петров сделал немало ценных выводов о температуре и напряжении, необходимых для электролиза (распада под воздействием тока) того или иного вещества. Пять лет спустя наработки российского ученого помогли его британскому коллеге Гемфри Дэви выделить пять новых, неизвестных ранее металлов, в том числе калий, кальций и натрий.

Труды Петрова и Дэви вдохновили российского физика Бориса Якоби (1801—1874) делать металлические дубликаты разных предметов, а также покрывать металлом слепки с известных статуй и барельефов методом гальваники – по сути тем же электролизом, выполненным посредством гальванической батареи. В конце 1830-х Якоби отправил на рассмотрение Петербургской академии наук письмо, где во всех подробностях рассказал о своем методе, а год спустя представил несколько медных копий печатных форм, которые использовались для украшения книг орнаментами. После ученый попытался оформить исключительное право применения гальванопластики на последующие десять лет, однако ведавший этими вопросами Мануфактурный совет посоветовал ему прежде опубликовать материал с описанием метода.

Якоби ничего не оставалось, как последовать этому совету, и в 1840 г. вышло его руководство по гальванопластике, где популярно были изложены основные принципы технологии и возможности ее применения на практике. Основная мысль сводилась к тому, что гальваника базируется на разложении сложных веществ под воздействием тока, который способен выделять атомы металлов из соединений и переносить их на различные объекты.

Пока Якоби занимался книгой, британец Джон Райт экспериментально нашел лучший электролит для покрытия предметов серебром и золотом – этим веществом оказался цианистый калий. Собственно, тестированием электролита занимались коллеги Райта, Джордж и Генри Элкингтоны, и патент они оформили безо всяких проволочек.

Но как бы то ни было, руководство по гальванике, написанное российским ученым, быстро завоевало признание не только на родине, но и за рубежом. В Санкт-Петербурге открыли предприятие, на котором производили монументальную скульптуру по методу Якоби. Именно на этом заводе был создан богатый декор для Эрмитажа, Зимнего дворца, Исаакиевского собора и московского Большого театра. Кроме того, русские мастера часто возили свои работы, выполненные в технике гальваники, на европейские выставки и неизменно пользовались большим успехом. Самому Якоби французы вручили Большую золотую медаль, в Голландии ему предложили должность корреспондента Общества наук, а в Бельгии и Италии назначили иностранным членом Академий наук.

Впоследствии гальванику активно использовали в создании шаблонов для печатания государственных документов и монет, и даже сейчас полиграфические стереотипы, произведенные посредством гальванопластики, обеспечивают очень качественную продукцию. Помимо клише, художественных изделий и гравюр, методом гальваники делают запчасти автомобилей, детали станков и высокоточные приборы.

Каучук

История каучука началась в XVI в., в период Великих географических открытий. Вернувшись из Америки в Испанию, путешественник и первооткрыватель Христофор Колумб привез множество диковин, одной из которых был эластичный мяч из «древесной смолы». Снаряд, которым туземцы играли в нечто наподобие баскетбола, легко подпрыгивал, отскакивая от земли, сжимался и быстро восстанавливал свою первоначальную форму. Материал мяча был странным на ощупь – индейцы называли его «каучук», что переводится как «слезы млечного дерева». Чтобы изготовить каучук, коренные американцы сцезивали в чашечки белый, словно молоко, сок бразильской гевеи (латекс), затем сливали в большой сосуд и нагревали. Сок быстро сворачивался, превращаясь в темный смолоподобный эластичный материал. Помимо мячей, индейцы делали из него непромокаемые ткани, обувь, сосуды, детские игрушки.

Все эти вещи частенько завозились в Европу последователями Колумба, но европейцы почему-то не оценили материал по достоинству, хотя самим испанцам очень нравилось играть с экзотическим мячом – на основе индейских правил они даже придумали свою игру, похожую на современный футбол.

Со временем о южноамериканской диковинке забыли, и только в XVIII в. члены французской экспедиции обнаружили в Южной Америке дерево, выделяющее удивительную, затвердевающую на воздухе смолу, которая была названа резиной (от лат. *resina* — смола). В 1738 г. французский исследователь Ш. Кондамин представил в Парижской академии наук образцы каучука, изделия из него и описание процесса его добычи, после чего начались поиски всевозможных способов применения этого вещества. В Испании каучук додумались использовать в качестве ластика. Во Франции были изобретены подтяжки и подвязки из сплетенных с хлопком резиновых ниток. А в 1823 г. шотландец Чарльз Макинтош догадался прокладывать тонкий слой резины между двумя кусками ткани и шить из этого материала непромокаемые плащи – макинтоши, которые сразу же полюбились всем британцам. Примерно в то же время в Америке вошло в моду надевать в дождливую погоду поверх башмаков неуклюжую индейскую резиновую обувь – галоши.

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.