

The book cover features a large, glowing sphere in the center, transitioning from blue at the top to orange and red at the bottom. The background is black, filled with numerous colorful sperm cells in shades of blue, green, yellow, pink, and red, all swimming towards the central sphere. The title is written in large, white, sans-serif capital letters.

КАК МЫ ДЕЛАЕМ ЭТО

ЭВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ
РЕПРОДУКТИВНОГО
ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Роберт Мартин

АНФ



Династия

Роберт Мартин

**Как мы делаем это. Эволюция
и будущее репродуктивного
поведения человека**

«Альпина Диджитал»

2013

Мартин Р.

Как мы делаем это. Эволюция и будущее репродуктивного поведения человека / Р. Мартин — «Альпина Диджитал», 2013

В наше время, когда медицина и биотехнологии все больше вторгаются в сферы зачатия, родов и заботы о детях, как никогда важно разобраться в том, как эти процессы возникли и развивались у нашего вида в ходе эволюции. С этой задачей блестяще справился один из лучших в мире специалистов по эволюционной биологии Роберт Мартин, написав основательную и увлекательную книгу, в которой можно найти ответы как на самые серьезные и практические вопросы, так и порой на курьезные. Как избежать послеродовой депрессии? Можно ли сократить заболеваемость раком груди? Зачем мужчинам соски? Уменьшается ли женский мозг во время беременности? Каковы биологические предпосылки мастурбации? И даже в век всеобщего сексуального просвещения самый искушенный читатель узнает что то удивительное и неожиданное для себя.

© Мартин Р., 2013

© Альпина Диджитал, 2013

Содержание

Введение	6
Глава 1	9
Конец ознакомительного фрагмента.	27

Роберт Мартин

Как мы делаем это. Эволюция и будущее репродуктивного поведения человека

Перевод *Петр Петров*, канд. биол. наук

Редактор *Мария Несмеянова*

Руководитель проекта *И. Серёгина*

Корректоры *Е. Аксёнова*, *М. Миловидова*

Компьютерная верстка *А. Фоминов*

Дизайн обложки *Ю. Буга*

Иллюстрация на обложке *Shutterstock.com*

© Robert Martin, 2013

Публикуется с разрешения BASIC BOOKS, an imprint of PERSEUS BOOKS, INC. (США)
при содействии Агентства Александра Корженевского (Россия)

© Издание на русском языке, оформление. ООО «Альпина нон-фикшн», 2016

Все права защищены. Произведение предназначено исключительно для частного использования. Никакая часть электронного экземпляра данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для публичного или коллективного использования без письменного разрешения владельца авторских прав. За нарушение авторских прав законодательством предусмотрена выплата компенсации правообладателя в размере до 5 млн. рублей (ст. 49 ЗОАП), а также уголовная ответственность в виде лишения свободы на срок до 6 лет (ст. 146 УК РФ).

* * *

*Посвящаю эту книгу Энн-Элиз – лучшей на свете матери и моему
лучшему другу*

Введение

Когда мать и отец впервые остаются наедине со своим новорожденным первенцем, их переполняют новые ощущения и чувство новой любви. Хотя они еще не знают, что их ждет в ближайшие недели и месяцы, они только что прикоснулись к великому чуду жизни. Этот миг для них – уникальное событие, не имеющее равных во всей человеческой истории. Но чтобы он настал, понадобилось не только девять месяцев из жизни родителей, но и жизни миллионов поколений их предков. Испытания, которым подвергается мать, изменения, вызываемые в ней беременностью и материнством, вклад отца в заботу о ребенке и постепенное превращения маленького, беспомощного младенца в зрелого взрослого человека – все это детали картины намного большей, чем жизни двух родителей и их чада, картины эволюционного развития репродуктивной функции человека.

Адаптивные особенности размножения человека имеют долгую эволюционную историю и требуют внимания к своей солидной родословной. Однако эволюционные истоки этих особенностей редко становились предметом подробных исследований. И это странно, ведь успешное размножение – главное в эволюции.

Кроме того, несмотря на распространенное убеждение в полезности всего естественного для рождения детей и заботы о них, мало кто задавался вопросом о том, в чем состоит это естественное, то есть о ходе эволюции нашего размножения и заботы о детях. Чтобы ответить на этот вопрос, нужно проникнуть взором в прошлое на миллионы лет. Основные биологические особенности размножения человека, в том числе строение половых органов, внутреннее оплодотворение, кормление новорожденных молоком и обычай повсюду носить ребенка с собой, сформировались еще у наших прародителей, от древнейших позвоночных до древнейших приматов. Выяснив, как (и в какой среде) возникли эти особенности, мы сможем принимать решения, которые будут способствовать здоровью и процветанию и нас самих, и наших детей.

Но эта книга вовсе не о возвращении к первобытному образу жизни. Нам, живущим в современном мире, было бы глупо пытаться вернуться к тому существованию, какое вели наши пращуры-приматы, или даже наши более близкие предки – охотники и собиратели. Задачи этой книги состоят в том, чтобы дать столь необходимое объяснение нашего репродуктивного поведения в контексте эволюционных представлений, опровергнуть вредные взгляды и указать на средства и методы, отражающие глубокое понимание нашей биологической природы (например, противозачаточные таблетки). Кроме того, и это особенно важно, книга поможет читателям спокойно разобраться в таких предметах бурных споров, как продолжительность грудного вскармливания, различные противозачаточные средства и так называемое естественное родительство. Надеюсь, что научные тайны, в которые нам предстоит проникнуть, помогут читателям принимать более обоснованные решения, связанные с репродуктивной функцией. Цель, которую я при этом преследую, состоит в обогащении нашего репродуктивного опыта и увеличении его естественности за счет раскрытия его связей со всей эволюционной историей человека разумного – примата, исключительно щедро одаренного природой.

Все началось с секса, то есть с полового размножения, поэтому с него и начнется наш рассказ. В первой главе я расскажу об эволюции половых клеток человека и объясню, отчего размеры сперматозоида и яйцеклетки различаются так сильно. Почему на оплодотворение одной человеческой яйцеклетки уходит четверть миллиарда сперматозоидов? Ответ на этот вопрос очень важен, поскольку в последнее время поступают новые и новые данные, свидетельствующие о том, что количество сперматозоидов в эякуляте у мужчин во всем мире сокращается (главным подозреваемым по этому делу считается бисфенол А, концентрации которого

в человеческом организме, в свою очередь, повышаются). Вторая глава посвящена циклическим и сезонным явлениям. Почему самкам обезьян и женщинам свойственны месячные, а самкам большинства других млекопитающих – нет? Правда ли, что женщина может забеременеть только в течение нескольких дней каждого менструального цикла? Мы обсудим значение сезонных явлений для зачатия и родов, в частности, в свете конфликта, в который вступают наши биологические часы с современным электрическим освещением.

В третьей и четвертой главах мы поговорим о сексе и перейдем к зачатию. Какая форма половой жизни естественна для людей: моногамия, гаремы или промискуитет? Приспособлена ли человеческая репродуктивная система для конкуренции между сперматозоидами разных мужчин? Затем мы обратимся к беременности и родам и рассмотрим возможные эволюционные причины утренней тошноты беременных, которой так боятся женщины. Правда ли, что это явление развилось в ходе эволюции как механизм защиты зародыша от опасностей, связанных с материнским рационом? Мы также проникнем в тайну исключительной трудности человеческих родов, из-за которой мы почти не можем обходиться без акушеров.

В пятой главе мы перейдем к развитию и сосредоточимся на таком незаменимом органе, как человеческий мозг, и на том, как его уникальные размеры послужили причиной возникновения многих особенностей, характерных для нашего размножения и заботы о потомстве. Почему наши дети рождаются сравнительно незрелыми и требуют напряженной заботы? В шестой главе мы поговорим об эволюции кормления детей молоком и о том, почему грудное вскармливание, хотя оно, разумеется, и не всем доступно, полезно и ребенку, и матери и пока не может быть с равным успехом заменено искусственным. В седьмой главе мы перейдем к дальнейшим вопросам, связанным с заботой о детях, в том числе к ношению младенцев матерью – адаптации, возникшей у наших предков-приматов около 80 млн лет назад и заложившей фундамент для кормления грудью по требованию и для формирования особой взаимной привязанности между матерью и младенцем. Наконец, в заключительной, восьмой главе мы обсудим, как применять научные представления о нашей репродуктивной функции для ее ограничения с помощью методов контрацепции и для ее усиления с помощью вспомогательных репродуктивных технологий.

Когда я выступаю с публичными лекциями об эволюции человека и приходит черед вопросов, кто-нибудь из присутствующих часто спрашивает меня, что я могу сказать о будущем. Эволюционная биология – во многом историческая наука, и мы не в состоянии точно прогнозировать дальнейший ход эволюции. Но вмешательство медицины во многих отношениях ослабило или даже остановило действие естественного отбора. Многие формы генетической предрасположенности к заболеваниям, некогда отсеиваемые отбором, теперь проходят сквозь его сети. Например, мы сознательно обходим механизмы отбора, когда боремся с бесплодием, прибегая к вспомогательным репродуктивным технологиям. В итоге люди с генетической предрасположенностью к бесплодию могут передавать ее своему потомству, которое в естественных условиях вообще не появилось бы на свет. В частности, мы обходим естественный отсев, когда в лабораторных условиях оплодотворяем яйцеклетку единственным сперматозоидом. Возможности вспомогательных технологий достигли таких высот, что позволяют преодолевать большинство затруднений, возникающих у людей, которые хотят иметь детей, будь то бесплодие, преждевременные роды или какие-либо другие патологии родов. И хотя, к счастью для бесчисленных родителей, мы как будто нашли пути решения многих подобных проблем, радуясь этому, мы часто забываем о фундаментальной проблеме далекоидущих последствий.

Истоки этой книги лежат в далеком прошлом, и мне потребовалось больше 50 лет на то, чтобы она выросла из семени первоначального замысла. Но ее главный предмет – эволюция – уходит корнями намного-намного глубже, простираясь более чем на 3 млрд лет назад,

к моменту появления жизни на Земле. Так что у меня, пожалуй, есть какое-то оправдание тому, что я так долго провозился с этой книгой. Как бы то ни было, я надеюсь, что плод моих трудов, охватывающий всевозможные аспекты заявленной темы, – от половых клеток до отнятия от груди, может претендовать на полноту. Назначение этой книги, содержащей всеобъемлющую реконструкцию нашего эволюционного прошлого, состоит в том, чтобы заложить основы представлений, которые помогут нам лучше разобраться в своем настоящем и будущем.

Я вовсе не хочу убедить вас в том, что у нас есть точные ответы на все обсуждаемые в этой книге вопросы. Я добиваюсь того, чтобы вы осознали, как далеко мы продвинулись на пути понимания природы нашей репродуктивной функции за те полтора столетия, что прошли со времени возникновения науки об эволюции, когда вопрос происхождения человека стал предметом научных исследований. Одним из главных уроков, которые я извлек, изучая мир природы, стало огромное уважение к сложности систем, сформировавшихся в ходе эволюции за миллионы и даже миллиарды лет. Я хотел бы, чтобы эта книга позволила мне поделиться этим потрясающим чувством с теми, у кого, как и у меня, уже есть дети, с теми, кто ждет ребенка, и с теми, кому это еще предстоит.

Глава 1

Сперматозоиды и яйцеклетки

«Откуда берутся дети?» Многие родители не хотят правдиво отвечать на этот невинный детский вопрос и предпочитают рассказывать детям сказки про аистов или капусту. Но всего триста лет назад люди и не могли рассказать об этом ничего, кроме сказок. В античности считалось, что женщины беременеют оттого, что с их менструальной кровью смешивается сперма. Как утверждали европейцы, первыми вступавшие в контакт с некоторыми сохранившимися до наших дней первобытными племенами, такими как арунта в Австралии или тробрианцы в Океании, те даже не знали, что беременность связана с сексом (хотя про тробрианцев впоследствии выяснилось, что они тоже объясняли беременность смешением спермы с менструальной кровью). Мы не знаем, когда и как люди впервые осознали связь беременности с сексом, но можем предположить, что это произошло хотя и в доисторические времена, но не так уж давно. Разобраться в проблеме наверняка помогло одомашнивание млекопитающих, начавшееся около 10 000 лет назад, так что понимание биологических основ репродуктивной функции стало одним из первых побочных эффектов появления животноводства. Внедрение таких методов, как кастрация, широко применяемая для снижения агрессивности самцов домашних животных, должно было сопровождаться новыми открытиями. Как бы то ни было, поскольку у человека от зачатия до родов проходит девять месяцев, чтобы разобраться в связи между ними, требовался серьезный прорыв в представлениях, и даже после этого люди еще долгое время верили во всевозможные выдумки о механизмах нашего размножения.

Половые клетки, без которых невозможно зачатие, были открыты только в XVII веке, в 1667 году, когда голландский купец и ученый Антони ван Левенгук впервые увидел сперматозоиды в микроскоп. Поначалу он неправильно истолковал свои наблюдения, решив, что это крошечные паразиты, которыми заражена семенная жидкость. Сперматозоиды млекопитающих нельзя разглядеть невооруженным глазом, так что ученые никак не могли разобраться в той роли, которую сперматозоиды играют в зачатии, пока Левенгук и другие пионеры микроскопии не разработали достаточно мощные микроскопы. Хотя яйцеклетки млекопитающих в 30 раз больше сперматозоидов и увидеть их невооруженным глазом все-таки можно (диаметр яйцеклетки сравним с диаметром точки, стоящей в конце этого предложения), открыты они были намного позже. Первые данные о яйцеклетках человека и некоторых других млекопитающих опубликовал в 1827 году немецкий биолог Карл Эрнст фон Бэр, отец эмбриологии. Именно Бэр в том же году предложил и термин «сперматозоид», образованный от греческих слов *sperma* (семя) и *zōon* (живое существо).

После открытия половых клеток потребовалось некоторое время на то, чтобы разобраться в их функциях. В течение многих столетий люди верили, что живое может возникать непосредственно из неживого путем самозарождения – например, что личинки мясных мух зарождаются в гниющем мясе. Убедительно показать невозможность самозарождения и необходимость сперматозоидов для оплодотворения удалось лишь в XVIII веке с помощью ряда экстравагантных экспериментов, проведенных итальянским священником и ученым Ладзаро Спалланцани. В 1760-х годах он надел на самцов лягушек плотно сидевшие на них трусики из тафты и продемонстрировал, что из лягушачьей икры не развиваются головастики, если в окружающую воду не попадают сперматозоиды. По-видимому, это была первая экспериментальная демонстрация возможностей барьерной контрацепции. Оплодотворение происходило лишь в том случае, если Спалланцани извлекал из лягушачьих трусиков сперму и наносил ее кисточкой на икринки, тем самым демонстрируя также возможности искусственного осеменения.

Таким образом, механизмы полового размножения были открыты сравнительно недавно. Но хотя нам теперь уже многое известно о том, откуда берутся дети, мы по-прежнему плохо представляем, почему их появление на свет происходит именно так. Вопросы о половой жизни и половых клетках человека возникают на всех уровнях сложности. Для начала далеко не очевидно, почему нам вообще свойственно половое размножение. Ведь самовоспроизведение было бы проще, надежнее и эффективнее. Кроме того, спрашивается, почему у нас вырабатываются две разновидности половых клеток – мужские и женские?

Чтобы попытаться разобраться в этих вопросах, нужно взглянуть на предмет шире и выяснить, как и почему у наших предков выработалось половое размножение. Мы привыкли сравнивать себя с другими приматами, но фундаментальные особенности нашего размножения восходят к древним этапам эволюции животных, происходившим в далеком геологическом прошлом. В этой главе мы попытаемся получить полное представление о природе половых клеток человека, рассмотрев некоторые ранние стадии эволюции жизни на Земле.

Один из фундаментальных вопросов, над которым специалисты по эволюции бились долгие годы, состоит в том, почему половое размножение вообще существует в природе. Эта форма размножения широко распространена (особенно среди тех организмов, с которыми мы лучше всего знакомы), но ее существование на первый взгляд кажется эволюционной загадкой. Если организм размножается без полового процесса, например делением или почкованием, у всего его потомства будут одинаковые гены. Если же организм размножается половым путем, то у каждого из его потомков будет свой набор генов, одна половина которого получена от одного родителя, а другая – от другого. Так что, если бы затраты на то, чтобы производить потомство, у которого половина генов будет от другой особи, не компенсировались какой-либо ощутимой выгодой, естественный отбор активно работал бы против полового размножения. Но поскольку половое размножение – столь обычное явление среди животных, у нас есть основания полагать, что оно имеет какие-то существенные и закономерные преимущества. И это действительно так. Распространенность полового размножения, по-видимому, объясняется тем, что слияние двух половых клеток, полученных от разных особей, создает изменчивость, определяемую возникающими при этом различными комбинациями генов. Разнообразие не только придает остроту жизни, но и составляет самую ее суть. Если бы не это, естественный отбор просто не мог бы работать: без изменчивости не было бы и эволюции. Размножение без полового процесса, иначе называемое клонированием, имеет один существенный недостаток: в отсутствие оплодотворения, которое гарантирует рекомбинацию генов, изменчивость может возникать только по мере накопления мутаций, то есть медленно. Вопрос в том, достаточно ли преимуществ изменчивости, обеспечиваемой половым размножением, чтобы с избытком компенсировать недостатки этого способа размножения, при котором половина генов достается потомству от другого родителя. Результаты многих экспериментов с примитивными организмами указывают на то, что преимущества полового размножения действительно с избытком компенсируют его недостатки. Оно позволяет быстрее реагировать на давление отбора в новых направлениях, возникающее в меняющихся условиях. Иными словами, половое размножение дает возможность быстрее адаптироваться к изменениям среды. А ведь для нас, людей, способность быстро адаптироваться к среде особенно характерна.

Эта «перетасовка» генов играет важную роль в противостоянии особи угрозам, исходящим от других живых существ. Например, если отбор благоприятствует хищникам, умеющим бегать быстрее, чтобы догнать жертву, он будет также благоприятствовать эволюции жертв в направлении умения быстрее убежать от хищников. Специалист по эволюционной биологии Ли ван Вален обратил внимание на подобные эволюционные «гонки вооружений» между видами, объединенных друг с другом пищевыми связями, и сформулировал так называемый принцип Черной Королевы, получивший теперь широкое признание. Название этого прин-

ципа заимствовано из классического произведения детской литературы – «Алисы в Зазеркалье» Льюиса Кэрролла, где Черная Королева говорит Алисе: «Ну, а *здесь*, знаешь ли, приходится бежать *со всех ног*, чтобы только остаться на том же месте!»¹ Иными словами, видам часто требуется быстро эволюционировать только для того, чтобы удерживать свою экологическую нишу, и половое размножение дает им такую возможность. Как ни проста эта идея, ван Вален (легендарный профессор Чикагского университета, в котором студенты души не чаяли) столкнулся с сопротивлением ведущих журналов, когда пытался напечатать работу, в которой он выдвинул данный принцип. Ван Вален вышел из положения, основав в 1973 году свой собственный журнал *Evolutionary Theory*, в первом номере которого он и опубликовал свою классическую концепцию в статье, озаглавленной «Новый эволюционный закон». Эта концепция, которой некогда так не повезло с рецензентами, что она оказалась «непубликабельной», теперь считается одним из основополагающих принципов эволюционной биологии.

Но какими бы ни были эволюционные истоки полового размножения, теперь оно преобладает среди многоклеточных организмов и наблюдается почти у всех позвоночных животных: рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих. Поэтому у нас есть все основания полагать, что оно было свойственно и общему предку всех позвоночных, жившему около 500 млн лет назад. При этом возникновение наземных позвоночных (рептилий, птиц и млекопитающих) сопровождалось внедрением важного эволюционного новшества – внутреннего оплодотворения. У рыб и амфибий есть возможность просто выпускать сперматозоиды и яйцеклетки в воду, где и происходит оплодотворение. У общего же предка всех наземных позвоночных возникло внутреннее оплодотворение – одна из важнейших адаптаций к жизни на суше. Большинство рептилий, птицы и однопроходные млекопитающие (утконос, ехидна и проехидны) откладывают яйца, оболочка которых препятствует их высыханию. Сумчатые и плацентарные млекопитающие сделали следующий шаг, перейдя к развитию детенышей внутри материнского организма и живорождению.

Но чтобы разобраться в эволюции половых клеток, необходимо обратиться к намного более давним временам. Одним из принципиальных эволюционных преобразований, свершившихся на ранних этапах истории жизни на Земле, было появление около 1,5 млрд лет назад одноклеточных организмов, имеющих ядро – особую структуру, содержащую хромосомы, в которых на молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) записана большая часть генетической информации организма. Появление клеток, обладающих ядром, сопровождалось и еще одним необычным новшеством: в клеточном веществе, окружающем ядро, навсегда поселились потомки свободноживущих бактерий. Это новшество имело далекоидущие последствия для эволюции всех животных и растений.

Со временем потомки поселившихся в клетке бактерий стали митохондриями, которые часто называют энергетическими станциями клетки, потому что они непосредственно участвуют в обеспечении ее энергией. Интересно, что сравнение молекул ДНК показало близкое родство митохондрий с риккетсиями – группой бактерий, к числу которых относятся возбудители сыпного тифа. Мы не знаем, состояли ли предки митохондрий изначально в каком-то взаимовыгодном союзе с клеткой-хозяином или же были просто поглощены и поработаны ею, но знаем, что в итоге клетка-хозяин предоставила им жилье, пищу и защиту в обмен на круглосуточно вырабатываемую энергию. Так потомки свободноживущих бактерий навсегда потеряли свободу.

Итак, митохондрии развились в ходе эволюции из бывших бактерий. От свободноживущих предков каждой митохондрии досталось в наследство несколько кольцевых молекул ДНК с собственными генами. Эти гены наследуются независимо от генов, содержащихся в ядре

¹ Перевод Н. Демуровой. – Прим. пер.

клетки-хозяина. В итоге у всех клеток, имеющих ядро, в том числе человеческих, имеется два отдельных набора генов: ядерный геном и митохондриальный геном. Большинство генов в каждом из этих наборов представляют собой закодированные инструкции для сборки того или иного белка. Однако за многие сотни миллионов лет, прошедшие с тех пор, как предки митохондрий превратились в постоянных обитателей клеток с ядром, митохондриальные геномы постепенно уменьшались в размерах. Например, у млекопитающих каждая хромосома сохранила всего 13 из исходной полусотни генов, кодирующих белки. Все эти гены кодируют белки-ферменты, связанные с энергетическим обменом, чем и определяется роль митохондрий как энергетических станций клетки.

Еще одной вехой в эволюции размножения как животных, так и растений было возникновение многоклеточности. Это преобразование свершилось более 600 млн лет назад. Наличие у каждой особи множества клеток вскоре привело к разделению труда между ними: разные клетки стали специализироваться на разных функциях. В человеческом организме имеется около 200 разновидностей клеток, в том числе особые половые клетки, специализирующиеся на размножении. У некоторых животных, в частности у позвоночных, в ходе эволюции сформировалась отдельная бессмертная линия клеток-основательниц (так называемая зародышевая линия), функция которой состоит в производстве половых клеток. Клетки зародышевой линии передаются непрерывной чередой из поколения в поколение, что бы ни происходило с остальными клетками организма. Поэтому сам многоклеточный организм можно рассматривать как временную структуру, которая позволяет клеткам зародышевой линии выполнять свою основополагающую функцию, обеспечивая воспроизводство каждого поколения. Так что у биологов есть убедительный ответ на извечный вопрос о том, что первично – курица или яйцо. Первично, разумеется, яйцо. Курицы, как и люди, развились в ходе эволюции как средство, обеспечивающее переход от яйцеклетки одного поколения к яйцеклетке другого.

Еще одним шагом вперед, связанным с возникновением зародышевой линии, стало появление разделения труда в половой сфере, свойственное большинству, хотя и не всем, современным многоклеточным: деления всех особей на женские, производящие яйцеклетки, и мужские, производящие сперматозоиды. У некоторых видов сперматозоиды и яйцеклетки производят одни и те же особи – гермафродиты (названные так по имени персонажа греческой мифологии), но люди здесь следуют общепринятому принципу и делятся на женщин, производящих яйцеклетки, и мужчин, производящих сперматозоиды. Этим фундаментальным функциональным различием и определяются все физиологические и анатомические различия между полами.

Мы воспринимаем как само собой разумеющееся, что сперматозоиды маленькие и производятся в больших количествах, а яйцеклетки намного крупнее и производятся понемногу. Организм мужчины вырабатывает множество крошечных сперматозоидов, самых мелких своих клеток, в то время как в организме женщины в ходе каждого менструального цикла обычно созревает всего одна – самая большая клетка – яйцеклетка. Эякулят, извергаемый мужчиной в ходе полового акта, в среднем занимает немногим больше половины чайной ложки и содержит около четверти миллиарда сперматозоидов. С этим связана одна из главных загадок размножения человека: зачем нужны сотни миллионов сперматозоидов, если яйцеклетку в итоге оплодотворяет всего один из них? На этот вопрос есть неплохой шуточный ответ: «Затем, что ни один из них не останавливается, чтобы спросить дорогу». Но если серьезно, мы точно не знаем, почему разница между числом сперматозоидов и числом яйцеклеток так огромна. Ведь половое размножение предположительно началось с двух сходных по размеру одноклеточных организмов, которые сливались друг с другом, а затем снова делились. Почему же многоклеточные организмы обычно производят множество мелких сперматозоидов и намного меньше крупных яйцеклеток? Эта проблема, над которой уже давно бьются исследователи, занимающиеся эволюционной биологией, пока не получила окончательного решения.

Возможно, естественный отбор способствует выработке мужским организмом полчищ сперматозоидов потому, что оплодотворение таким образом превращается в генетическую лотерею. Но если бы оба пола вырабатывали множество мелких половых клеток, то им было бы сложнее находить друг друга для оплодотворения. Можно предположить, что оптимальным решением этой биологической задачи оказалась большая яйцеклетка, служащая неподвижной мишенью для множества крошечных сперматозоидов. Кроме того, существенно, что число одновременно производимых потомков (например, число детенышей в помете у млекопитающих) тоже подвержено давлению отбора. Таким образом, выработка небольшого числа яйцеклеток может служить эффективным механизмом регуляции этого показателя под давлением отбора, связанного с количеством доступных ресурсов.

Так или иначе, для успешного оплодотворения людям действительно требуется много сперматозоидов. Исследования, проведенные в 1950-х годах центрами лечения бесплодия, показали, что мужчины, у которых общее число сперматозоидов в эякуляте всегда меньше 70 млн, часто бесплодны. Вместе с тем начиная с определенного порогового уровня число сперматозоидов слабо коррелирует с плодовитостью. В 1953 году эндокринолог Эдвард Тайлер опубликовал данные, свидетельствующие о том, что при числе сперматозоидов в эякуляте от 70 млн до 200 млн частота зачатий увеличивается с ростом этого показателя, но при более высоких его значениях остается на прежнем уровне. Недавние работы позволили подтвердить и уточнить этот вывод. В 1998 году группа ученых, которую возглавлял специалист по гигиене труда Йенс-Петер Бонде, представила результаты исследования связи вероятности зачатия в течение каждого менструального цикла у 400 пар, планировавших впервые завести детей. При повышении числа сперматозоидов в эякуляте до 125 млн вероятность зачатия увеличивалась от 0 до 25 %, но при дальнейшем повышении данного показателя уже не увеличивалась. Вскоре после этого, в 2002 году, другая группа, которую возглавлял специалист по проблемам здравоохранения Реми Слама, изучила связь времени, требующегося, чтобы забеременеть, с числом сперматозоидов в эякуляте у почти тысячи пар, проживающих в четырех европейских городах и не страдающих бесплодием. При повышении числа сперматозоидов примерно до 200 млн время, требующееся женщине, чтобы забеременеть, сокращалось, но при более высоких показателях числа сперматозоидов у ее партнера оставалось на прежнем уровне. Дальнейшие исследования позволили дополнить эту картину. В 2010 году по заданию Всемирной организации здравоохранения андролог Тревор Купер и его коллеги изучили образцы спермы почти 5000 мужчин из 14 стран, расположенных на четырех континентах, чтобы определить референтные значения анализируемых показателей. Вывод, сделанный по результатам этого исследования, состоял в том, что женщина может забеременеть в течение года, если число сперматозоидов в эякуляте партнера не меньше порогового значения, составляющего около 60 млн. Таким образом, судя по всему, для нормальной плодовитости число сперматозоидов в эякуляте должно составлять от 60 млн до 200 млн. Хотя мы по-прежнему не знаем, почему это так, очевидно, что зачем-то необходимо огромное число сперматозоидов. У других млекопитающих наблюдается похожая картина. Одно удачно спланированное исследование вероятности беременности при естественном оплодотворении у овец показало, что аналогичное пороговое значение числа сперматозоидов в эякуляте составляет около 60 млн: при более низких значениях этого показателя вероятность беременности резко снижается, от 95 % до примерно 30 %.

Как сперматозоиды достигают яйцеклетки, которую им нужно оплодотворить? Здесь нам стоит вновь обратиться к своим родственникам – другим млекопитающим. Половые органы многих из них отличаются от наших одной странной особенностью: наличием бакулюма – кости внутри пениса. Эта кость необычна в двух отношениях: во-первых, она характеризуется самой большой изменчивостью и сильно различается у разных видов, а во-вторых, не соеди-

нена ни с какой другой костью. Бакулюм имеется у большинства приматов, а также у летучих мышей, хищников, насекомоядных и грызунов. Особенно сильно он развит у многих хищников. У крупного пса его длина может достигать 10 см, но рекордсменами среди современных млекопитающих считаются моржи, у которых длина бакулюма достигает 75 см. Эта поразительная кость, которую на Аляске называют oosik, с давних пор использовалась для резьбы и в различных ритуалах. Кстати о ритуалах: в лондонском Клубе четвероногих (в который когда-то принимали только мужчин и в котором я состою так давно, что мне довелось голосовать за принятие женщин) бакулюм моржа по традиции используется в качестве председательского молотка. У других млекопитающих бакулюм, напротив, очень маленький. Бакулюм енота легко купить через Интернет, по крайней мере в США: достаточно набрать в любом поисковике «mountain man toothpick» (зубочистка горца).

У некоторых групп млекопитающих бакулюм отсутствует. В этом отношении на людей похожи сумчатые, кролики, тупайи, слоны, сирены, копытные, дельфины и киты. Учитывая, как неравномерно распространен бакулюм среди млекопитающих, разобраться в его эволюции не так-то просто. Возможно, что он был у общего предка всех плацентарных млекопитающих, а затем был утрачен во многих ветвях эволюционного древа, но возможно также, что он развился независимо у нескольких (по меньшей мере пяти) групп плацентарных. Ситуация еще больше осложняется неравномерным распространением бакулюма у приматов. Среди низших приматов он имеется у всех лемуров и лори, нередко достигая больших размеров, но у долгопятов отсутствует. У большинства высших приматов (обезьян), за исключением некоторых обезьян Нового Света и людей, бакулюм есть. У всех обезьян Старого Света присутствует бакулюм, хотя у некоторых видов он большой, а у некоторых – маленький.

Бакулюм, по-видимому, был у предков всех приматов, от которых достался, хотя и несколько уменьшившись в размерах, предкам всех обезьян. У нескольких обезьян Старого Света, таких как мандрилы и некоторые макаки, бакулюм исключительно большой, но он, по-видимому, увеличился у них вторично, вновь уподобив этих обезьян предкам всех приматов. Разные виды макак сильно различаются размерами бакулюма, и эти различия связывают с особенностями их полового поведения. Поскольку у всех человекообразных обезьян бакулюм маленький, его полная утрата в ходе эволюции человека была лишь завершением давно начавшегося процесса. Однажды я сказал своему австралийскому коллеге, специалисту по бакулюмам летучих мышей, что полное отсутствие бакулюма у человека – занимательная эволюционная загадка. Его лаконичный ответ был: «Говори за себя!»

Сравнительные исследования приматолога Алана Диксона показали, что большой бакулюм обычно связан с продолжительным спариванием. Поэтому логично предположить, что у древних приматов с их большим бакулюмом спаривание длилось дольше, чем у современных, и по мере сокращения продолжительности спаривания укорачивался и бакулюм, который предками человека был полностью утрачен. Иными словами, естественный отбор благоприятствовал сравнительно непродолжительному половому акту. Действительно, опубликованные в 2005 году результаты масштабного исследования, проведенного психиатром Марселем Валдингером и его коллегами из разных стран, показали, что у человека половой акт длится в среднем около 5 минут, хотя в редких случаях его продолжительность может достигать и 45 минут.

Отсутствие бакулюма у людей не только помогает разобраться в эволюции человеческого полового акта, но и позволяет по-новому истолковать библейский сюжет о сотворении Евы из ребра Адама. Очевидно, что этот сюжет имеет символическую подоплеку, но биолог Скотт Гилберт и библеист Зайони Зевит взглянули на него под новым углом. Древнееврейское слово *tzela*, которое переводят как «ребро», на самом деле имеет несколько значений, в частности означает своего рода подпорку. Гилберт и Зевит предположили, что это слово могло означать бакулюм, которого у мужчин действительно нет, в отличие от ребер, с которыми у нас все в порядке. И все же остается непонятным, откуда авторам библейского сюжета могло

быть известно о такой человеческой особенности, как отсутствие бакулюма. Среди домашних животных его не имеют все копытные. У собак, как уже отмечалось, бакулюм большой, хотя у кошек довольно маленький. Таким образом, мысль о том, что в человеческом пенисе когда-то была кость, должна была возникнуть из сравнений с собаками.

У мужских особей всех млекопитающих имеется пенис, который может отвердевать перед совокуплением и участвовать во внутреннем оплодотворении, извергая в половые пути самки миллионы крошечных сперматозоидов за одну эякуляцию. Эти два свойства присущи и мужским половым органам человека и восходят к предкам всех млекопитающих, жившим более 200 млн лет назад. Некоторые фундаментальные особенности строения и выработки сперматозоидов определились еще раньше. Например, не только у млекопитающих, но и у всех позвоночных есть пара семенников, в которых имеются производящие сперматозоиды семенные каналы. До семяизвержения сперматозоиды хранятся в концевой части плотно свернутого придатка – эпидидимиса. В расправленном виде длина человеческого эпидидимиса (придатка яичка) составляет около шести метров (примерно как длина места для парковки), и на прохождение этого расстояния у сперматозоидов уходит от двух до трех недель. Число сперматозоидов, содержащихся в придатке яичка, обычно составляет около 400 млн.

Процесс выработки сперматозоидов в каждом семенном канальце идет циклически. У человека такой цикл занимает около 11 недель – больше, чем у любого другого млекопитающего, для которого этот показатель известен. Разные группы семенных канальцев находятся на разных стадиях производства сперматозоидов, что позволяет работающему семеннику непрерывно поставлять зрелые сперматозоиды. У видов, которые размножаются не круглый год, семенники могут на некоторое время полностью выключаться и сильно уменьшаться в размерах: например, у большинства мадагаскарских лемуров размножение происходит лишь в строго определенное время года и после брачного периода семенники сильно уменьшаются. У серого мышинного лемура во время ежегодного брачного сезона семенники увеличиваются в 10 раз. Другие млекопитающие, в том числе люди, размножаются круглый год, и в зрелом возрасте семенники (яички) всегда сохраняют активность. У мужчин, достигших половой зрелости, яички, сравнимые по размеру с грецким орехом, в среднем производят около 150 млн сперматозоидов в день, то есть около 1500 сперматозоидов на каждое сокращение сердца и более 4 трлн за жизнь средней продолжительности. Причем, несмотря на то, что у человека нет строго ограниченного сезона размножения, уровень тестостерона в крови и скорость выработки сперматозоидов у мужчин все же подчиняются годовому циклу, о котором мы поговорим в следующей главе.

Сперматозоид всегда состоит из трех основных частей: головки, в которой содержится ядро; средней части, где упакована митохондрия (играющая роль бензобака); хвоста, с помощью которого сперматозоид плывет, преодолевая часть пути, отделяющего его от яйцеклетки. В ядре сперматозоида необычайно плотно упакованы хромосомы. Содержащиеся в них гены выключены, потому что молекулы ДНК намотаны на особые белки и соединены с ними довольно жестко. Хотя принципиально сперматозоиды всех млекопитающих устроены одинаково, по форме они могут очень сильно различаться у разных видов. Как это ни странно, хотя размеры сперматозоидов тоже бывают разными у разных видов, обычно они ничуть не увеличиваются с увеличением тела: размеры сперматозоидов мышинных лемуров, крыс, людей, слонов и китов довольно схожи. Более того, размеры сперматозоидов млекопитающих даже демонстрируют слабую обратную зависимость от размеров тела.

Часто утверждается, что слово *testify* (свидетельствовать) происходит от древнеримского обычая, предписывавшего мужчине, дающему показания в суде, держать в правой руке свои яички (*testes*). При всей сомнительности этого утверждения не вызывает сомнений, что латин-

ское слово *testis* первоначально означало «свидетель» и что человеческие тестикулы (яички) находятся в опасном месте, что может засвидетельствовать любой мужчина. Про борцов сумо рассказывают, что их учат во избежание травм массировать свои яички, загоняя их через паховые каналы внутрь брюшной полости, а для игры в крикет отбивающие надевают специальную защитную раковину, чтобы не повредить яички при прямом попадании твердого мяча. Опускание яичек в мошонку – поистине необычайное явление, требующее объяснения. Почему они вообще опускаются, оказываясь в столь опасном положении?

У всех млекопитающих развитие мочевой и половой системы происходит в тесной взаимосвязи и семенники начинают развиваться рядом с почками, в глубине брюшной полости. Чтобы оказаться снаружи, в мошонке, им приходится проделывать большой путь – назад и вниз. Пройдя брюшную полость, каждый семенник выходит в мошонку через паховый канал. Снаружи, вне брюшной полости, семенники подвешены у большинства млекопитающих, в отличие от всех других животных. Это характерно и для всех приматов, в том числе для человека.

Одно из объяснений опускания семенников, выдвинутое на полном серьезе, состояло в том, что после того, как у древних млекопитающих повысился уровень обмена веществ, они стали быстро бегать, и их семенники опустились под действием силы тяжести. Когда я впервые вычитал эту версию, я сразу представил себе абсурдную картину, как другие, более тяжелые органы (сердце, желудок, почки) тоже болтаются в специальных мешочках под туловищем. Близкое, но немного более серьезное объяснение опущения семенников состоит в том, что у многих млекопитающих это позволяет избежать повреждений под действием давления, возникающего в брюшной полости в результате повышенной активности. Но и здесь непонятно, почему то же самое не относится и к другим внутренним органам.

Самое широкое признание получило объяснение, согласно которому опускание семенников связано с потребностью в поддержании в них более низкой температуры, чем внутренняя температура тела, которая у всех млекопитающих исключительно высока. Нередко утверждается, что при повышенной температуре не могут вырабатываться сперматозоиды. На первый взгляд может показаться, что эти представления подтверждаются рядом данных. У людей иногда встречается так называемый крипторхизм – неопущение яичек в мошонку. При этом размеры яичек обычно оказываются существенно меньше нормы. Примерно у 3 % новорожденных мальчиков яички не опущены, причем среди недоношенных это отклонение встречается еще чаще. В 80 % подобных случаев опускание яичек в мошонку происходит уже на первом году жизни, и даже у оставшихся 20 % рано или поздно обычно все же происходит. Но если яички остаются в брюшной полости и по окончании полового созревания, то выработка сперматозоидов оказывается подавленной, и тогда только хирургическим вмешательством можно предотвратить бесплодие.

Однако у человека, как и у всех приматов, яички находятся вне брюшной полости в связи с адаптацией, которая была уже у их общего предка, жившего около 80 млн лет назад. Поэтому нет ничего удивительного в том, что нарушение, при котором яички остаются в брюшной полости, приводит к подавлению выработки сперматозоидов, даже если исходно опускание семенников возникло по какой-то другой причине. К тому же известно немало случаев, когда сперматозоиды вырабатываются и при повышенной температуре. Например, у птиц семенники никогда не бывают опущены, хотя средняя внутренняя температура тела у них даже выше, чем у млекопитающих. Кроме того, притом что у большинства млекопитающих семенники и опущены, из этого правила есть множество исключений. У таких животных семенники остаются в брюшной полости, нередко поблизости от своего исходного положения рядом с почками.

У тех млекопитающих, у которых семенники остаются в брюшной полости, внутренняя температура тела не ниже, чем у млекопитающих с опущенными семенниками, так что идею

о том, что повышенная температура неизбежно останавливает выработку сперматозоидов, приходится отвергнуть. На самом деле имеется ряд данных, указывающих на то, что опускание семенников связано не с выработкой сперматозоидов, а с их хранением. Как уже отмечалось, зрелые сперматозоиды хранятся вплоть до семяизвержения рядом с семенником, в концевой части его придатка эпидидимиса. У некоторых млекопитающих семенники в ходе развития не опускаются, но концевая часть их придатков перемещается так, что в итоге оказывается прижатой к нижней стенке брюшной полости. И даже у тех млекопитающих, у которых опускаются и семенники, и их придатки, придатки опускаются впереди семенников и в итоге всегда оказываются еще дальше от брюшной полости, чем семенники. Более того, кожа мошонки нередко бывает безволосой, а значит, легче охлаждается, там, где под ней находятся придатки семенников, но не там, где находятся сами семенники. Имеются убедительные аргументы в пользу того, что пониженная температура в опущенных придатках способствует снабжению хранящихся в них сперматозоидов кислородом.

Вывод о связи хранения сперматозоидов с опусканием семенников у млекопитающих подтверждается и данными по птицам. У птиц сперматозоиды хранятся в семенных пузырьках, функционально соответствующих придаткам семенников млекопитающих. У некоторых певчих птиц семенные пузырьки располагаются в мешочках у основания пениса, где температура на несколько градусов ниже внутренней температуры тела. Обмен веществ у певчих птиц в среднем интенсивнее, чем у других птиц, поэтому можно предположить, что хранение сперматозоидов при пониженной температуре, свойственное некоторым видам, связано с причинами, аналогичными тем, что привели к опусканию семенников у млекопитающих. Так или иначе, факт остается фактом: у большинства птиц сперматозоиды могут и вырабатываться, и храниться при сравнительно высокой температуре. Так что широкому распространению опускания семенников среди млекопитающих должен был способствовать какой-то особый фактор. Возможно, что надежное хранение сперматозоидов особенно важно для млекопитающих потому, что их сперматозоидам приходится преодолевать немалые расстояния, чтобы оплодотворить крошечную яйцеклетку.

Обычно семенники активируются только во время полового созревания. Более того, у млекопитающих обычно именно в это время семенники опускаются в мошонку. Приматы составляют исключение из данного правила: у них семенники опускаются еще до рождения. У новорожденных приматов мужского пола они как минимум располагаются в нижней части брюшной полости, вблизи паховых каналов, но обычно уже находятся в мошонке. У человека яички зародыша мужского пола остаются в брюшной полости примерно до седьмого месяца беременности, а к моменту появления на свет обычно уже полностью опущены. Раннее опускание семенников, свойственное приматам, тем удивительнее, что у приматов половая зрелость наступает позже, чем у большинства других млекопитающих. Так почему же семенники приматов оказываются опущенными уже в момент рождения, хотя им еще не скоро предстоит вырабатывать сперматозоиды? На возможную разгадку этой тайны указывает всего один известный факт: у всех изученных на этот предмет видов приматов у детенышей мужского пола незадолго до появления на свет наблюдается резкое повышение уровня тестостерона. Возможно, что это усовершенствование, возникшее в ходе эволюции приматов, подает матери сигнал о том, какого пола у нее родится детеныш, помогая ей различать новорожденных сыновей и дочерей.

Давно известно, что нагревание яичек отрицательно сказывается на мужской плодовитости. Еще Гиппократ упоминал об этом в двух своих афоризмах. Температура в мошонке мужчины лишь примерно на 2 °C ниже внутренней температуры тела, но этого достаточно, чтобы определять разницу между плодовитостью и бесплодием. Данный вывод заставляет задуматься о том, нельзя ли специально снижать мужскую плодовитость, нагревая яички, и разработать

основанный на этом явлении простой способ контрацепции. Специалист по лечению бесплодия Джон Маклауд и его коллега Роберт Хотчкисс обсуждали этот вопрос в работе, опубликованной в 1941 году. В своей статье они описывали результаты экспериментов, в ходе которых испытуемых мужчин помещали в медицинскую установку для искусственного повышения температуры тела сухим теплом. Такое повышение температуры тела в сочетании с высокой температурой окружающей среды приводило к существенному снижению выработки сперматозоидов. Данный эффект начинал проявляться только через три недели, но затем сохранялся около двух месяцев.

Дальнейшие исследования в этом направлении последовали лишь через некоторое время. В 1965 году специалисты по плодовитости Джон Рок и Дерек Робинсон опубликовали результаты экспериментов, в ходе которых они нагревали мошонку здоровых испытуемых. В частности, исследователи отметили, что погружение испытуемого по горло в горячую ванну (43 °C) поднимает температуру мошонки на 1 °C по сравнению с внутренней температурой тела. В другом эксперименте испытуемые носили термобелье, благодаря которому температура мошонки становилась лишь на 1 °C ниже внутренней температуры тела, вместо обычных 2 °C. Во всех изученных случаях число сперматозоидов в эякуляте начинало снижаться примерно через три недели после начала ношения термобелья и достигало минимума между пятой и девятой неделями. Число сперматозоидов оставалось пониженным от трех до восьми недель после того, как испытуемые переставали носить термобелье, а к третьему месяцу возвращалось к норме. Особенно интересные результаты были получены с 20 испытуемыми, у которых число сперматозоидов в эякуляте с самого начала было низким. В период от двух недель до четырех месяцев после погружения мошонки в горячую воду на 30 минут в день в течение шести дней число сперматозоидов снизилось. Однако у 9 из 20 испытуемых этот показатель впоследствии достиг более высокого уровня, чем до начала эксперимента, и жены шести из этих девяти мужчин забеременели к шестому месяцу после начала эксперимента.

В 1968 году Дерек Робинсон, Джон Рок и Мириам Менкин опубликовали результаты дальнейших экспериментов, в ходе которых мошонку испытуемых на протяжении двух недель ежедневно нагревали в течение получаса теплом 150-ваттной электрической лампочки. Эта процедура тоже вначале вызывала снижение выработки сперматозоидов, а затем временное повышение числа сперматозоидов в эякуляте. Две недели спустя после нагревания с помощью электрической лампочки мошонку испытуемых на протяжении еще двух недель ежедневно охлаждали в течение получаса, прикладывая к ней пузырь со льдом. Такое охлаждение, понижавшее температуру мошонки почти на 7 °C, приводило к повышению выработки сперматозоидов без первоначального снижения, и их число в эякуляте увеличивалось почти в три раза по сравнению с исходным средним значением этого показателя. Таким образом, нагревание яичек приводило к снижению числа сперматозоидов, а охлаждение – к повышению. Результаты этих экспериментов открывают возможный путь лечения некоторых форм мужского бесплодия. Кроме того, с тех пор были проведены несколько исследований, посвященных использованию нагревания яичек в качестве средства контрацепции. Например, в 1992 году хирург Ахмед Шафик представил результаты экспериментов, в ходе которых испытуемые в течение года носили на мошонке повязку из синтетической ткани, и по прошествии пяти месяцев у них наблюдалось снижение выработки сперматозоидов. И все же, хотя исследования и показали обратимость этого эффекта, данный метод пока не нашел практического применения.

Поскольку ясно, что нагревание мошонки, даже на несколько градусов, может снижать выработку сперматозоидов, уместно задаться вопросом о том, не уменьшается ли число сперматозоидов в эякуляте под влиянием тех действий и занятий, которые могут вызывать такое нагревание. В частности, данные нескольких медицинских исследований указывают на то, что ношение плотно облегающего нижнего белья может снижать качество спермы.

Одно из таких исследований, результаты которого были опубликованы гинекологом Каролиной Тимессен и ее коллегами в 1995 году в журнале *Lancet*, было полностью посвящено именно этой проблеме. Среди девяти испытуемых, отказавшихся на время эксперимента от приема горячих ванн, посещения саун и использования электрических одеял, случайным образом выбрали тех, кому было предписано круглосуточно носить в течение шести месяцев плотно облегающее нижнее белье, и тех, кому было предписано в течение того же времени носить свободно сидящее белье. В итоге у испытуемых из разных групп были отмечены достоверные различия в числе сперматозоидов в эякуляте и показателях подвижности сперматозоидов. У тех, кто носил свободное белье, средние значения числа сперматозоидов были в норме, а у тех, кто носил плотно облегающее, – снижены почти в два раза. На подвижности сперматозоидов облегающее нижнее белье сказалось еще сильнее: у испытуемых из соответствующей группы этот показатель снизился на две трети.

Еще одна предполагаемая причина перегрева мошонки и снижения числа сперматозоидов в эякуляте – длительное вождение автомобиля. В 1979 году специалисты по проблеме бесплодия Михай Шаш и Янош Сёллёши представили результаты исследования примерно 3000 мужчин, в том числе около 300 профессиональных водителей, у которых, как выяснилось, нарушения выработки сперматозоидов встречались существенно чаще, чем у остальных пациентов. У водителей легковых автомобилей снижение продукции спермы было сравнительно небольшим, но у водителей промышленных и сельскохозяйственных машин оно оказалось выражено сильнее. Более того, частота встречаемости тяжелых нарушений увеличивалась пропорционально продолжительности работы водителем. Среди сотни пациентов, работавших водителями более восьми лет, нормальные показатели качества спермы были обнаружены только у четырех. Шаш и Сёллёши обсудили различные возможные причины выявленных нарушений, в том числе загрязнение среды, но, как ни странно, не рассмотрели вопрос перегрева мошонки.

Еще одно подобное исследование было проведено на римских таксистах. В статье, опубликованной в 1996 году командой исследователей, которую возглавляла специалист по гигиене труда Ирэн Фига-Таламанка, были проанализированы обнаруженные у мужчин этой профессии последствия длительного вождения автомобиля. По сравнению с контрольной группой испытуемых у таксистов было выявлено снижение доли нормальных сперматозоидов (хотя по таким показателям, как число сперматозоидов в эякуляте и средняя подвижность сперматозоидов, различий выявлено не было), причем у тех, кто дольше работал таксистом, этот эффект был сильнее выражен. Партнерам тех испытуемых, у которых качество сперматозоидов оказалось пониженным, требовалось больше времени, чтобы забеременеть. С помощью методов статистического анализа исследователи исключили ряд альтернативных объяснений этого явления. Результаты анализа принесли и приятную новость: один из исследованных факторов – умеренное потребление алкоголя – оказался связан с небольшим повышением качества спермы.

На выработке сперматозоидов, как и следовало ожидать, может отрицательно сказываться также регулярное посещение сауны. Первое исследование на эту тему опубликовал в 1965 году финский (что неудивительно) гинеколог Берндт-Юхан Прокопе, отметивший временное обратимое снижение числа сперматозоидов в эякуляте у дюжины мужчин, на протяжении двух недель посещавших сауну и пробывших там в общей сложности около двух с половиной часов. В течение примерно месяца по окончании этих двух недель число сперматозоидов в эякуляте испытуемых сократилось приблизительно вдвое.

Перегревание яичек может быть связано и со многими другими причинами. Один из недавно появившихся факторов, способных вызывать такое перегревание, – использование ноутбуков, воздействие которых на мужчин изучили в 2011 году уролог Ефим Шейнкин и его коллеги. В ходе трех сеансов, длившихся один час и отличавшихся некоторыми усло-

виями, исследователи измеряли у 29 здоровых испытуемых температуру мошонки, компьютера, который испытуемые держали на коленях, и специальной подставки (если она использовалась). Во всех трех случаях температура мошонки повышалась независимо от положения ног и использования подставки. Повышение было наименьшим (всего на 1,4 °C), если испытуемые держали ноутбук не непосредственно на коленях, а на подставке и если их ноги были раздвинуты на 70°, и наибольшим (почти на 2,5 °C), если подставки не было, а ноги испытуемых были плотно сжаты. Если ноги были сжаты, но подставка использовалась, повышение температуры мошонки имело промежуточные значения. В этом исследовании не было изучено влияние повышения температуры мошонки на качество спермы, но результаты других исследований, где это влияние анализировалось, указывают на то, что длительное использование ноутбука действительно может отрицательно сказываться на плодовитости мужчин, особенно если они при этом держат ноги плотно сжатыми, а компьютер – непосредственно на коленях.

У некоторых видов млекопитающих нормальная работа семенников может нарушаться под действием социального стресса. Крайние проявления подобного эффекта выявил специалист по физиологии поведения Дитрих фон Хольст, проводивший эксперименты на тупайях. Если двух самцов тупайи сажают в одну клетку, один из них уже через несколько часов занимает доминирующее положение, и тогда другой начинает демонстрировать проявления стресса. Чем дольше он живет рядом с доминантом, тем сильнее становятся эти проявления. Одним из первых симптомов стресса оказывается втягивание семенников из мошонки обратно в брюшную полость. Если после этого отсадить доминанта в другую клетку, семенники другого самца вскоре вновь опускаются в мошонку и снова начинают работать нормально. Однако продолжительное пребывание в одной клетке приводит вначале к прекращению выработки спермы, а затем и к физической дегенерации семенников, в результате которой подчиненный самец превращается в кастрата.

У мужчин реакции на социальный стресс не доходят до таких крайностей, и все же стресс может сказываться на работе яичек и приводить к снижению плодовитости. Широко известно, что бесплодие само по себе вызывает психологический стресс, поэтому пары, страдающие бесплодием, могут попадать в порочный круг, мешающий решить эту проблему. Кроме того, есть целый ряд данных, указывающих на то, что даже слабый психологический стресс способен приводить к снижению плодовитости у мужчин за счет падения уровня тестостерона и нарушения выработки сперматозоидов.

Как известно, одним из факторов, вызывающих сильнейший психологический стресс, может быть участие в боевых действиях. В исследовании американских ученых проводилось сравнение показателей спермы трехсот с лишним ветеранов войны во Вьетнаме и примерно такого же числа бывших солдат, не участвовавших в той войне. У ветеранов вьетнамской войны была выявлена достоверно более низкая средняя концентрация сперматозоидов с нормальной формой головки, хотя показатели подвижности сперматозоидов у обеих групп не различались. Несмотря на выявленные различия, судя по некоторым данным, у ветеранов вьетнамской войны было примерно столько же детей, сколько у мужчин, отслуживших в армии, но не участвовавших в войне. В 2008 году гинеколог Лулу Кобейсси и ее коллеги опубликовали поразительные результаты еще одного исследования, связанного с войной. Для анализа долгосрочных последствий пятнадцатилетней гражданской войны в Ливане авторы работы использовали информацию, предоставленную двумя бейрутскими клиниками по лечению бесплодия. Исследователи сравнили 120 бесплодных мужчин с контрольной группой из 100 плодовитых мужчин и установили, что среди бесплодных мужчин было на 60 % больше переживших гражданскую войну и получивших какие-либо психологические травмы, связанные с войной. По мнению авторов, этот эффект мог быть вызван не только стрессом, но и с другими факторами риска,

в частности с токсинами и физическими травмами, с которыми представители первой группы сталкивались во время и после войны.

В течение последних четырех десятков лет не смолкают бурные споры о том, действительно ли, как следует из некоторых пугающих данных, число сперматозоидов в эякуляте мужчин с 1950-х годов существенно снизилось. В 1974 году специалисты по мужской плодовитости Кинлох Нельсон и Реймонд Бунге исследовали образцы спермы 400 мужчин, проходивших вазэктомию (хирургическое перерезание семявыносящих протоков) в период с 1968 по 1972 год. До вазэктомии среднее число сперматозоидов в эякуляте этих мужчин составляло около 135 млн. Нельсон и Бунге обратили внимание на то, что это значение намного ниже, чем отмечавшиеся ранее средние значения того же показателя, составлявшие более 300 млн. Выявленная впечатляющая разница между новыми данными и данными предшественников заставила Нельсона и Бунге проанализировать результаты анализов спермы 400 мужчин, с 1956 по 1958 год обследовавшихся на предмет бесплодия в той клинике, где работали ученые. У четверти из этих мужчин общее число сперматозоидов в эякуляте превышало 300 млн. Тщательно рассмотрев и отвергнув другие возможные объяснения, Нельсон и Бунге пришли к выводу, что «какой-то фактор повлиял на плодотворную часть мужского населения, значительно снизив показатели, выявляемые анализом спермы».

Этот вывод наряду с другими аналогичными сообщениями вскоре был оспорен другими специалистами. Ученые, оказавшиеся в этом споре по разные стороны баррикад, исходили в своих утверждениях из данных, основанных на больших выборках, исследованных в разные времена и часто в разных местах. Прошло немало времени, прежде чем биолог Уильям Джеймс, в течение 50 лет проводивший тщательные статистические исследования репродуктивных показателей человека, взялся проверить, действительно ли имеющиеся данные по среднему числу сперматозоидов в эякуляте мужчин демонстрируют тенденцию к снижению. Он выявил и проанализировал репрезентативный набор данных по этому показателю у случайным образом отобранных мужчин за 45 лет и в 1980 году представил результаты своего анализа в статье. Его вывод был однозначным: «Нет никаких оснований сомневаться в том, что публикуемые данные по среднему числу сперматозоидов демонстрируют снижение по меньшей мере с 1960 года».

Некоторые критики высказывали предположение, что на данные по числу сперматозоидов могли повлиять изменения используемых методов анализа спермы. Но австралийский ветеринар Брайан Сетчелл сумел убедительно исключить эту возможность. Он обратил внимание на то, что аналогичные методы широко применялись и для определения числа сперматозоидов в эякуляте сельскохозяйственных животных, так что если бы снижение этого показателя у человека объяснялось изменением методов, то соответствующее снижение должно было бы наблюдаться и у животных. По числу сперматозоидов в эякуляте коров, свиней и овец сведения имеются с начала 1930-х годов. В своей статье 1997 года Сетчелл проанализировал данные по этому показателю из трехсот с лишним публикаций, вышедших в период с 1932 по 1995 год. Ни у быков, ни у хряков достоверного снижения числа сперматозоидов выявлено не было, а у баранов было выявлено даже повышение значений соответствующего показателя, небольшое, но статистически достоверное. Из этого Сетчелл сделал следующий глубокомысленный вывод: «Судя по всему, если число сперматозоидов в эякуляте мужчин действительно снижается, его снижение должно быть связано с чем-то, не влияющим на сельскохозяйственных животных».

Данные о снижении числа сперматозоидов в эякуляте человека продолжают поступать со всего света. В двух недавних работах были приведены убедительные свидетельства того, что за последние 20 лет этот показатель существенно снизился в Израиле и во Франции. Совсем новые данные по Израилю представила в статье, опубликованной в 2012 году, группа

исследователей, которую возглавляла израильская специалистка по бесплодию Ронит Хаимов-Кохман. В этой статье были приведены результаты ретроспективного анализа двух с лишним тысяч образцов, которые брали еженедельно у 58 доноров спермы в течение 15 лет, с 1995 по 2009 год. Оказалось, что среднее число сперматозоидов в эякуляте доноров достоверно снизилось почти на 40 %: в начале анализируемого периода оно составляло более 300 млн, а в конце – около 200 млн. В итоге стало все сложнее найти доноров спермы, удовлетворяющих критериям, установленным клиниками по лечению бесплодия. Исследователи пришли к выводу, что столь резкое снижение качества спермы среди здоровых доноров может привести к закрытию действующих программ приема спермы от доноров. Во второй статье, опубликованной в том же 2012 году эпидемиологом Жоэль Ле Моаль с соавторами, аналогичное снижение концентрации сперматозоидов в сперме было выявлено по результатам масштабного исследования, проведенного среди жителей Франции. Представленные в этой работе результаты анализа, тоже ретроспективного, были основаны на данных по числу сперматозоидов в эякуляте почти 27 000 мужчин, прибегнувших к вспомогательным репродуктивным технологиям в связи с бесплодием своих партнерш. Оказалось, что за семнадцатилетний период (с 1989 по 2005 год) концентрация сперматозоидов в сперме неуклонно снижалась почти на 2 % в год. За весь исследованный период она снизилась примерно на 32 %: в 1989 году среднее число сперматозоидов в эякуляте составляло около 220 млн, а в 2005-м – меньше 150 млн.

Еще большую тревогу вызывает то, что снижение числа сперматозоидов в эякуляте, судя по всему, сопровождалось повышением частоты встречаемости аномалий мужской половой системы, в том числе крипторхизма, нарушений развития пениса и рака яичка. Эта тенденция заставляет задуматься о том, не могут ли те же факторы, которые вызывают снижение числа сперматозоидов, все сильнее сказываться и на мужских половых органах в целом. О возможности такой связи свидетельствуют данные, полученные группой исследователей из Дании, которые установили, что у датчан рак яичка встречается в пять раз чаще, а число сперматозоидов в эякуляте на 40 % ниже, чем у финнов. Резкое снижение качества спермы и повышение частоты встречаемости аномалий мужских половых органов, отмечаемое лишь в течение последних 50 лет, несомненно, связано с факторами среды, а не с генетическими изменениями.

Одна из причин споров, возникающих вокруг проблемы снижения числа сперматозоидов в эякуляте, состоит в том, что отмечаемые в разных человеческих популяциях тенденции неодинаковы. Существенно различаться могут даже довольно близко расположенные страны, например Дания и Финляндия. Этот факт тоже указывает на то, что наблюдаемое явление вызвано факторами среды, такими как загрязнение, и некоторые данные действительно заставляют предположить, что снижение числа сперматозоидов в эякуляте определяется действием токсинов, с которыми сталкиваются жители разных районов планеты. В 2006 году акушерка Ребекка Сокол и ее коллеги опубликовали поразительные результаты исследования, проведенного в Лос-Анджелесе, жители которого шутят: «Мы не доверяем воздуху, если его не видно». Чтобы выявить возможную роль загрязнения среды, исследователи проанализировали хранящиеся в банке спермы образцы, собранные в течение трех лет у 48 доноров, неоднократно сдававших сперму. Анализ позволил установить одну отчетливую тенденцию: концентрация сперматозоидов в сперме снижалась по мере повышения уровня озона в загрязненном воздухе.

Известно и несколько других факторов среды, с которыми может быть связано снижение числа сперматозоидов в эякуляте. Например, некоторые данные указывают на то, что нарушение выработки спермы у мужчин может быть вызвано курением или злоупотреблением алкоголем их матерей во время беременности. Совсем недавно была выявлена еще одна группа возможных факторов – химикаты, широко используемые в производстве синтетических продуктов. В последнее время особое внимание привлек к себе бисфенол А (БФА) – органическое вещество, один из компонентов, применяемых в производстве поликарбонатных пласти-

ков и эпоксидных смол. БФА входит в состав многих предметов повседневного пользования, таких как DVD, солнцезащитные очки, медицинские приборы, детали автомобилей, спортивное снаряжение и различные лакированные изделия. Термостойкие поликарбонатные пластики широко используются в изготовлении упаковок для пищевых продуктов и в нанесении защитного слоя на внутреннюю поверхность консервных банок. В настоящее время БФА входит в число 50 наиболее интенсивно производимых химикатов: к 2008 году суммарный объем его производства во всем мире превысил 5 млн тонн в год. Но вред, который может причинять это вещество, привлек внимание общественности лишь недавно. Отчет, подготовленный в 2010 году Управлением пищевых продуктов и медикаментов США, заставил задуматься о последствиях воздействия этого химиката на зародыши и маленьких детей. Канада стала первой страной, где БФА был официально признан токсичным соединением. Тревожные данные о вреде БФА для здоровья поступают из разных источников и быстро накапливаются. В Евросоюзе по-прежнему официально считается, что соприкосновение БФА с пищевыми продуктами не представляет опасности, но в 2012 году была запущена новая программа по оцениванию рисков, связанных с использованием этого вещества. В одном можно быть уверенным: все жители промышленно развитых стран ежедневно сталкиваются с БФА, попадающим из упаковок в пищу, особенно при нагревании, и повсеместно отмечаемым в крови и моче. Особенно тревожно то, что дети в целом подвержены воздействию БФА вдвое больше, чем взрослые, а новорожденные, проходящие интенсивную терапию, – в десять раз больше. Примечательны результаты одного эксперимента, в ходе которого 77 добровольцев, студентов Гарварда, в течение всего одной недели пили холодные напитки из детских бутылочек, и концентрация БФА у них в моче выросла более чем на две трети.

В 2010 году группа китайских и американских ученых, которую возглавлял специалист по репродуктивной эпидемиологии Де-Кунь Ли, представила результаты исследования сексуальных проблем, на которые жаловались мужчины, подверженные воздействию БФА на рабочих местах. Исследователи опрашивали людей, работающих на китайских фабриках и сталкивающихся на производстве с исключительно высокими концентрациями БФА, и рабочих, не сталкивающихся на производстве с этим веществом. Тщательно проанализировав полученные данные и исключив несколько альтернативных объяснений, Ли и его коллеги установили, что работа, сопряженная с интенсивным воздействием БФА, в 4–7 раз увеличивает у мужчин риск развития нарушений в половой сфере. Эти нарушения затрагивают все аспекты мужской сексуальности: половое влечение, эрекцию, эякуляцию и половое удовлетворение. Более того, чем сильнее было суммарное воздействие БФА, которому подвергался работник, тем выше была вероятность развития у него подобных нарушений. Кроме того, мужчины, работающие на производствах с использованием БФА, уже в течение первого года работы чаще жаловались на половые расстройства, чем мужчины, работающие на других производствах. Следует подчеркнуть, что в данном случае было исследовано воздействие исключительно высоких концентраций БФА и уровень БФА в моче работников, имевших дело с этим веществом, примерно в 50 раз превышал уровень БФА в моче работников из контрольной группы.

Годом позже некоторые ученые из той же группы представили результаты другого исследования, посвященного непосредственному сравнению качества спермы, отмечаемого у испытуемых с разным уровнем БФА в моче. Были проанализированы образцы спермы двухсот с лишним мужчин, работавших и не работавших с БФА в четырех регионах Китая. Исследование позволило выявить достоверную связь снижения качества спермы с повышением уровня БФА в моче, причем эта связь, по-видимому, не могла объясняться никакими сопутствующими факторами, не имеющими отношения к БФА. Среди тех испытуемых, у кого в моче регистрировалось наличие БФА, пониженная подвижность сперматозоидов встречалась вдвое чаще, пониженная концентрация и жизнеспособность сперматозоидов – более чем втрое чаще, а пониженное число сперматозоидов в эякуляте – более чем в четыре раза чаще, чем у испы-

туемых, не подверженных воздействию БФА. Эти результаты были первыми данными о том, что БФА отрицательно сказывается на качестве спермы.

Хотя внимание исследователей было в основном сосредоточено на БФА, потребляемом с пищевыми продуктами, это вещество может попадать в организм и непосредственно через кожу. Вот в чем трудность. БФА часто добавляется в бумагу для различных устройств, используемых для печати по технологии термотрансфера. В кассовых аппаратах и банкоматах эта технология широко применяется с 1970-х годов. В результате БФА стал одной из основных примесей, содержащихся во вторичной бумаге. Термобумага не всегда содержит БФА, но это вещество нередко наносят в составе защитного покрытия на одну из сторон бумаги для чеков. В 2010 году в США по заказу Рабочей группы по исследованию окружающей среды (Environmental Working Group) было проведено масштабное лабораторное исследование, которое выявило содержание высоких концентраций БФА на четырех из каждых десяти чеков, печатаемых различными ведущими компаниями и службами. Как выяснилось, общее количество БФА на чеках может в тысячу раз превышать количество этого вещества, содержащееся в других предметах, чаще обсуждаемых в связи с проблемой вредного воздействия БФА, таких как пластиковые бутылки и консервные банки. Анализы смылов показали, что БФА легко переходит с чеков на другие поверхности, а значит, несомненно, может попадать и на руки людей, которые имеют дело с чеками. За кассовыми аппаратами работают миллионы продавцов, и каждый из них может ежедневно брать в руки сотни чеков, имеющих содержащее БФА покрытие. Результаты мониторинга, проводившегося Центрами по контролю и профилактике заболеваний США, показали, что у продавцов в организме содержится в среднем на 30 % больше БФА, чем у представителей других профессий.

Люди имеют дело с БФА довольно давно: впервые это вещество было синтезировано еще в 1891 году. Начать бить тревогу можно было уже в 1930-х годах, когда были проведены эксперименты с воздействием БФА на самок крыс с удаленными яичниками, показавшие, что БФА работает подобно стероидному гормону. Когда БФА (или любое другое из дюжины подобных веществ) скормливали крысам, лишенным яичников, это приводило к таким же изменениям в слизистой оболочке их влагалища, как когда таким же крысам скормливали эстрогены. Таким образом, уже более 70 лет известно, что БФА действует как эстроген. Однако чиновники утверждают, что действие БФА намного слабее, чем действие настоящих эстрогенов, и что это вещество быстро разлагается и выводится из человеческого организма, а значит, едва ли может представлять серьезную угрозу нашему здоровью. На сайте Всемирной группы по поликарбонатам и БФА (Polycarbonate/BPA Global Group) при Американском химическом совете утверждается, что БФА совершенно безопасен. В 2008 году этот же вывод был озвучен Управлением пищевых продуктов и медикаментов США, но конгресс благоразумно принял некоторые меры по ограничению использования БФА и обратился в Управление пищевых продуктов с просьбой рассмотреть данный вопрос повторно. Тем не менее пока никаких ощутимых мер в этом направлении принято не было. Однако нам крайне необходимо знать, как содержащиеся в окружающей среде токсины, в том числе БФА, воздействуют не только на сперматозоиды, но и на яйцеклетки и яичники, в которых яйцеклетки образуются. Чтобы в этом разобраться, для начала нужно понять, как женские половые органы и женские половые клетки сформировались в ходе эволюции. До сих пор мы говорили в этой главе преимущественно о мужской стороне размножения человека, но это была лишь прелюдия к обсуждению женской стороны, вклад которой в потомство у нас, как и у всех млекопитающих, намного больше, чем вклад мужской стороны.

Подобно мужским половым органам и сперматозоидам, женские половые органы и яйцеклетки у человека принципиально устроены так же, как и у всех других млекопитающих. С каждой стороны тела у женщин и у самок млекопитающих имеется по одному яичнику.

Как и яички у мужчин (семенники у самцов млекопитающих), яичники развиваются в тесной связи с прилегающими к ним почками, но размеры яичников меньше, чем размеры яичек. Человеческий яичник сравним по величине с миндалем, и его объем примерно в три раза меньше, чем яичко. Кроме того, яичники, в отличие от яичек, так и остаются в брюшной полости неподалеку от своего исходного положения.

Возле каждого яичника располагается воронка яйцевода – фаллопиевой (маточной) трубы, ведущей в матку. Когда яйцеклетка выходит из яичника (процесс ее выхода называют овуляцией), она попадает в воронку фаллопиевой трубы и начинает перемещаться вниз по трубе в направлении матки. Вначале яйцеклетка попадает в так называемую ампулу – отдел маточной трубы, внутренняя поверхность которого покрыта многочисленными складками. Чтобы попасть в матку, яйцеклетка должна пройти и следующий отдел маточной трубы – перешеек, внутренняя поверхность которого более гладкая. Каждую яйцеклетку может оплодотворить только один сперматозоид. Оплодотворение обычно происходит в районе границы ампулы и перешейка.

У большинства млекопитающих каждый яичник обернут особым кармашком из ткани – яичниковой сумкой. Это вместилище, из которого в брюшную полость ведет только одно небольшое отверстие, обеспечивает благополучное попадание яйцеклетки в воронку фаллопиевой трубы, откуда яйцеклетка начинает свой путь в матку. Поскольку яичниковая сумка имеется у лемуров, лори и большинства млекопитающих, не относящихся к приматам, она, вероятно, была и у общих предков всех млекопитающих. Но у долгопятов, обезьян и человека яичниковая сумка исчезла. На первый взгляд это может показаться загадочным, ведь ее утрата должна была повысить риск того, что яйцеклетка не попадет в фаллопиеву трубу и вместо этого окажется в брюшной полости.

Иногда случается, что человеческой яйцеклетке действительно не удается попасть в фаллопиеву трубу. Если оплодотворение такой яйцеклетки все-таки происходит, зародыш развивается в брюшной полости. Развитие зародыша вне матки, которое встречается у людей примерно в одном из ста случаев, называют внематочной беременностью. Чаще всего зародыш при этом развивается в фаллопиевой трубе. Развитие зародыша в брюшной полости, вызванное тем, что яйцеклетке не удается попасть в яйцевод, встречается намного реже, в одном из 10 000 случаев беременности. Без хирургического вмешательства это нарушение, как нетрудно догадаться, приводит к гибели и матери, и ребенка. Успешному попаданию яйцеклетки из яичника в яйцевод должно благоприятствовать сильное давление естественного отбора. Так почему же у предков долгопятов, обезьян и людей яичниковая сумка исчезла? Ее исчезновение наверняка должно было сопровождаться развитием какого-то особого механизма, функционально заменившего яичниковую сумку.

И такой механизм, судя по некоторым данным, действительно развился. Исследователи наблюдали за ходом овуляции у макак-резусов и у женщин с помощью лапароскопа – прибора, позволяющего врачам заглядывать непосредственно в брюшную полость пациентов. Наблюдения показали, что воронка яйцевода не только тесно прилегает к яичнику, но и активно движется по его поверхности, ощупывая ее в поисках участка, где готовится произойти овуляция. Возможно, именно такие движения воронки яйцевода и взяли на себя обеспечение успешного и своевременного попадания яйцеклетки из яичника в яйцевод. Поскольку яичниковая сумка отсутствует не только у людей и макак-резусов, но и у всех представителей той группы приматов, к которой они относятся, логично предположить, что шарящие движения воронки яйцевода тоже свойственны всем ее представителям. Причем этот механизм уместен лишь в том случае, если в каждом яичнике одновременно может произойти только одна овуляция. Если бы одновременно могло происходить несколько овуляций, это сильно увеличивало бы риск того, что одна из яйцеклеток попадет не туда, куда нужно. Таким образом, самки общего предка всех обезьян и людей были, по-видимому, приспособлены к тому, чтобы вынашивать

детенышей только по одному или по двое. Как мы убедимся из следующих глав, этот вывод подтверждается и рядом других данных.

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.