

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА АЛЬТРУИЗМА

Борис Фукс

Гены социального поведения

Парадокс альтруистического поведения людей, животных и насекомых – тема нашей статьи. Это поведение выходит за пределы, например, родственного отбора Гамильтона (*Hamilton's inclusive fitness, kin selection, 1964, Journal of Theoretical Biology, 7: 1-16, 17-32*)[1], то есть за пределы помощи данной семьи в сохранении генов в потомстве и за пределы групп реципрокного альтруизма («ты – мне, я – тебе, *Tit-for-Tat*», *Trivers R. L., 1971, Quarterly Review of Biology, 46: 35–57*)[2]. Наблюдаемый феномен шире. Этот «широкий» альтруизм кодируется генетически, и к этому кодированию имеют отношение гены рецепторов гормонов вазопрессина и окситоцина и гены допаминергической системы мозга. Полагают, что два варианта генов рецепторов допамина в синапсе – D4.4 и D4.7 – определяют два варианта поведения человека: альтруистический – D4.4 и эгоистический (асоциальный) D4.7 (*R. Ebstein et al. Molecular Psychiatry, 2006, 1–3*) [3].

Исключения из теории родственного отбора Гамильтона объясняются просто тем, что гены альтруизма, например, гены рецептора вазопрессина «заботятся» не только о сохранении генов в пределах данной семьи, но и за её пределами. Члены данной семьи нередко помогают «сохранить гены» членов какой-то другой семьи.

Возможно ли, что позитивная селекция индивидуумов по позитивным генам альтруизма сопровождается селекцией и даже экспансией познавательной способности (*Robert K. Logan, 2003: Altruism and the origin of language and culture*)[4]? Возможно ли, что «альтруизм – это социальная кооперация, необходимая для возникновения и эволюции языка и культуры»?

Необходимое углубление в предмет оставляет читателя перед рядом принципиальных вопросов. Ранее («ВД» № 24, «Как происходит эволюция» [5]) речь уже шла об основном элементе системы (ген с его промотором и усилителем), о «кирпичиках», из которых построено здание генома, «помещённое» природой в ядро каждой клетки. В структуре этого здания уже есть ответ на вопрос, как строится тело животных и человека при развитии из двух зародышевых клеток (отцовской и материнской), и имеется приближение к ответу на вопрос, как осуществляется эволюция жизни.

В статье «Как происходит эволюция» мы стремились схематически описать устройство, т.е. анатомию этого здания. Сделав это, мы хотим вернуться к схеме, касающейся функции поведения, чтобы попытаться понять, почему два не одинаковых по строению регуляторных участка гена (см. ниже), кодирующего один и тот же белок-рецептор вазопрессина, действуют противоположно на поведение человека.

Какова структурно-функциональная подоплека?

Новейшие исследования генов альтруизма и эгоизма

Недавно группа Р. Эбстайна (*Knafo A. et al, Genes Brain Behav. 2008, Apr.; 7(3):266-75*) [6] опубликовала фундаментальное исследование связи варианта регуляторного участка гена белка-рецептора гормона вазопрессина (*AVPR1a*) с альтруистическим поведением и другого по строению варианта регуляторного участка того же гена – рецептора с эгоистическим поведением. Авторы показали, что более длинный вариант (*327-343bp*) регуляторного участка гена рецептора вазопрессина определяет альтруистическое, а короткий вариант того же гена рецептора (*308-325bp*) – эгоистическое поведение.

Необходимо уточнение. На самом деле речь должна идти не только о длине, а и о разнице в последовательностях букв-нуклеотидов и их повторов в регуляторных областях двух упомянутых генов. Пока это не сделано. Промотор и усилитель, как описано ранее, – регуляторная часть гена, т.е. она никак не представлена в виде последовательности аминокислот в белке - рецепторе вазопрессина, который кодирует данный ген. Промотор – это регуляторный участок ДНК, с которого начинается активация гена. К регуляторному участку ДНК относятся также нуклеотидные последовательности (усилители), которые распознаются регуляторными белками-факторами транскрипции. Упомянутые белки присоединяются к усилителю и через промотор активируют фермент РНК – полимеразу. Фермент начинает читать самый белковый ген, образуя мРНК-реплику. Это называется транскрипцией гена.

Психологи разработали тест «Диктатор» (*Dictator game*), который даёт хорошую воспроизводимость в работах разных авторов. Взаимодействуют два человека: диктатор, с одной стороны, и получатель денег – реципиент – с другой. Диктатору дают некоторую сумму денег и предлагают поделиться с реципиентом, которого он не знает и не видел. Если он захочет, то выделит реципиенту столько денег, сколько пожелает. Стандартный результат игры в работах ряда авторов такой: 80 % диктаторов, если делились, то отдавали небольшие суммы, но 20 % диктаторов делили свои деньги поровну с реципиентом (*Forsythe et al. 1994; Eckel a.Grossman, 1996*) [7]. Парадокс такого поведения заключается в том, что при этом падает приспособленность индивидуума-альтруиста к условиям его материальной жизни.

Какова генетическая подоплека такого альтруистического поведения?

Группа *R. Ebstein (A. Knafo et al)* [6], как сказано выше, избрала в качестве объекта исследования у человека аналог регуляторного участка гена *AVPR1a* у мышей - полевков из прерий (*prairie vole*). Самцы этих полевков отличаются выраженным альтруистическим и просоциальным поведением, включая заботу о семье и потомстве. Ранее уже было установлено, что это поведение коррелирует с наличием регуляторного гена, который активирует ген рецептора вазопрессина, и в результате синтезируется белковый рецептор, распознающий гормон вазопрессин. Элегантные исследования, выполненные на диких мышах, заслуживают особого внимания.

Показано, что предпочтение при выборе сексуального партнера у не моногамных луговых мышей увеличивается, после того как плотность промотора гена *AVPR1a* в соответствующих областях мозга нарастает после переноса им гена *AVPR1a* с помощью вирусного вектора.

Хотя нет больших различий в последовательности букв-нуклеотидов в гене *AVPR1a* между тремя видами мышей из прерий, лугов и гор, мыши из прерий имеют отрезок ДНК из 428 пар букв-нуклеотидов в 5' *flanking* области в ДНК этого гена. Его нет у луговых и горных мышей. Когда этот отрезок трансгенно переносят мышам-эгоистам, они начинают вести себя как мыши прерий – просоциально и, в частности, моногамно (*Young, L.J., et al. Increased affiliative response to vasopressin in mice expressing the V1a receptor from a monogamous vole. Nature. 1999;400:766–768*)[8]. Именно этот отрезок в 5' области в ДНК у мышей из прерий влияет на экспрессию гена рецептора в мозге и на предпочтение в выборе сексуального партнера (*Hammock, EA; Young, L.J. Variation in the vasopressin V1a receptor promoter and expression: Implications for inter - and intraspecific variation in social behavior. Eur. J. Neurosci. 2002;16:399–402*) [9].

Человеческий *AVPR1A* расположен на хромосоме *12q14–15*. Нет сходства упомянутых регуляторных участков ДНК у человека и полевков из прерий. У человека он стал другим в течение 100 млн. лет эволюции. У человека здесь расположены полиморфные повторы нуклеотидов: (GT)₂₅, (CT)₄-TT-(CT)₈-(GT)₂₄, (ген *RS3*), (GATA)₁₄ (ген *RS1*). Исследование выявило связь между аллелями гена *RS3* и вариантами

социального поведения людей: альтруистическим и эгоистическим. Аллели – это гены, расположенные симметрично, в гомологичных материнской и отцовской хромосомах.

Итак, что экспериментально установлено? У мышей из прерий и у человека имеется практически одинаковый белок-рецептор гормона вазопрессина, но регуляторные гены этого рецептора различны по последовательности букв-нуклеотидов у мышей и человека. Однако и у человека, и мыши именно варианты этих регуляторных генов ответственны за социальное поведение, в частности, за альтруистическое или эгоистическое. Различия в последовательности букв-нуклеотидов в регуляторных участках у мыши и человека не должны удивлять читателя. В статье «Как происходит эволюция» [5] обосновано утверждение, что содержанием эволюции является изменчивость и наследуемость именно регуляторных участков генов. Это и произошло в течение 100 миллионов лет развития от мыши до человека.

Особенно впечатляет то, что перенос гена альтруизма от «альтруистической» мыши к «эгоистической» мыши меняет эгоистическое поведение на альтруистическое. Ген альтруизма у мыши имеет определенную локализацию в мозге.

Строение (последовательность букв-нуклеотидов) вариантов регуляторных генов рецепторов вазопрессина и их локализация в мозге определяют варианты социального поведения человека.

Пара одинаковых регуляторных генов рецептора вазопрессина или пара разных есть во всех клетках данного человека и, естественно, во всех клетках мозга. Как будет показано далее, по присутствию этих двух генов человеческая популяция подразделяется на три группы. Одна из групп содержит оба разных гена. Две других группы содержат по два одинаковых гена. Нервная клетка, содержащая оба разных аллельных гена, делает выбор, какой ген экспрессировать в процессе индивидуального развития мозга.

Группа *R. Ebstein* исследовала молодых здоровых людей – 102-х мужчин и 101 женщину. Средний возраст – 26 лет. Оценивали наличие в их геноме двух вариантов регуляторных участков гена *AVPR1a* – *RS-3*, короткого и длинного. Короткий вариант: 308-327bp. Длинный: 329-343bp. Цифры означают число букв-нуклеотидов в этих отрезках.

В диплоидных клетках содержится два набора гомологичных (материнских и отцовских) хромосом. Поэтому участники исследования были представлены тремя вариантами исследованных регуляторных участков: короткий + короткий, короткий + длинный и длинный + длинный, т.е. испытуемых подразделили на три группы с разными наборами двух этих регуляторных участков. Заметим здесь, что доля альтруистов в этой работе оказалась выше, чем стандартные 20 % в работах других психологов. 14,9 % участников теста «диктатор» ничего не отдавали реципиенту. 34,6 % отдавали половину денег и 6,7 % отдавали всю сумму реципиентам. В совокупности альтруистов оказалось много – 41,3 %. Отнесемся критически к этим цифрам. Сумма, которую получали «диктаторы», была небольшой – \$12. Она не могла оказать какого-либо существенного влияния на жизненные потребности и возможности «диктатора», хотя речь шла о студентах колледжа. Представим себе, что сумма была бы в 10 раз большей – \$120. Распределение *donations* было бы другим и, наверное, более близким к 20 %, приведенным в некоторых литературных источниках. Наряду с использованием описанного психологического теста («Диктатор»), авторы смогли поставить на тех же испытуемых другие тесты, которые существенно расширили диапазон их психологических утверждений.

Итак, впервые было представлено доказательство, что длинная регуляторная область гена *RS-3* ответственна за альтруистическое поведение индивидуума, что выразилось в дарении денег в тесте-игре «диктатор» и в других тестах.

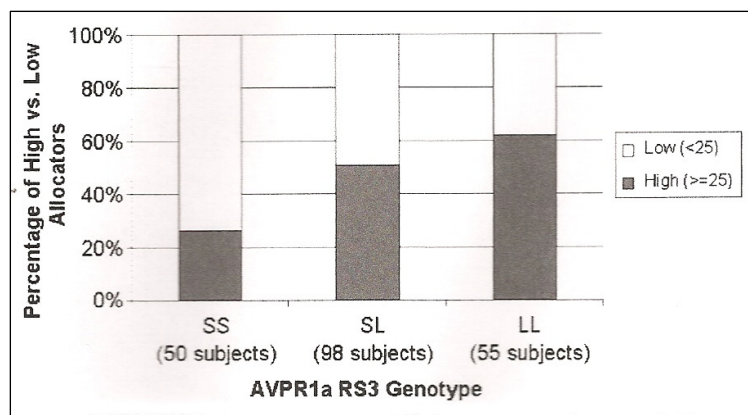


Рис 1. По вертикали: проценты, показывающие отношение числа щедрых «диктаторов» к числу скупых «диктаторов». По горизонтали: генотип «диктаторов»: короткий + короткий (SS) 24%, короткий + длинный (SL) 48 %, длинный + длинный (LL) 27 %.

Видно, что гетерозиготные индивидуумы, т.е. содержащие

оба гена – короткий и длинный – ближе по альтруистическому поведению к LL людям. Это может иметь место, если у некоторых из них альтруистический ген преобладает (доминантен), а эгоистический ген функционально слаб (рецессивен). Это противоречит мнению И.Г. Лаверычевой [19] (см. далее), что ген эгоизма у гетерозиготных людей всегда доминантен.

В SL группе возможен вариант кодоминантности, т.е. равной функциональной выраженности S и L генов у индивидуума. Важно, как ведут себя гетерозиготные нервные клетки мозга: каково в них соотношение функциональной активности длинного и короткого генов у разных людей.

У людей и животных этот ген ответственен за несколько черт социального поведения и социальной памяти. (Hammock et al. *Genes Brain Behav.* 4, 289-301, 2005)[10] путем молекулярно-генетического анализа трех областей мозга 20 взрослых полевок (*accessory olfactory bulbs, amygdala u thalamus*) установили корреляцию вариантов связывания рецепторами гормона вазопрессина с их социальным поведением.

Человека и полевок, как мы говорили, отделяют друг от друга многие миллионы лет эволюционного времени. Тем не менее, у них работает сходный механизм контроля над альтруистическим поведением. Группа Р. Эбстайна провела анализ уровня синтеза информационной РНК (*mRNA*), кодирующей белок-рецептор вазопрессина, в гипокампе мозга 15 человек посмертно. Оказалось, что он достоверно выше у людей с длинным регуляторным геном (длинный + длинный). Это аргумент в пользу того, что альтруистическое действие реализуется через усиление синтеза рецепторов вазопрессина.

Чем больше рецепторов в данном участке мозга, тем больше гормона вазопрессина будет связано. Тем более выражено альтруистическое действие.

Авторы сопоставили три варианта гена у испытуемых (короткий + короткий, короткий + длинный и длинный + длинный) с двумя результатами опроса участников исследования о доминирующем стиле их поведения в реальной повседневной жизни.

Первый опрос производили по универсальной шкале (Bardi and Schwartz, 2003, *Pers. Soc. Psychol. Bull.* 29,1207-1220)[11]. Универсализм включает понимание, оценку, толерантность и протекцию благосостояния для всех людей и даже природы (либерализм, здравый смысл, социальная справедливость, равенство, единство с природой, защита окружающей среды).

Второй опрос относится к сохранению и увеличению помощи людям, с которыми имеет место личная дружба.

Значительная корреляция наблюдалась между наличием у индивидуума длинных регуляторных участков в RS3 гене и позитивными результатами (альтруизм) обоих опросов.

Ранее *Knafo and Plomin, (2006, J. Pers. Soc. Psychol. 90,147-164)[12]* представили доказательства умеренной наследуемости просоциального поведения у людей.

Итак, различия, найденные авторами между двумя генами альтруизма-эгоизма, лежат именно в регуляторной зоне и заключаются, в частности, в длине регуляторной зоны. Строение ДНК внутри двух регуляторных генов должно быть различным. Имеется в виду разная последовательность букв-нуклеотидов в них. Буквы-нуклеотиды внутри длинных регуляторных генов должны создавать уникальное слово, которое распознается уникальным белком - фактором транскрипции. Это должно вести к активации гена, кодирующего рецептор вазопрессина, и к синтезу белка рецептора. Короткий регуляторный ген должен распознаваться другим фактором транскрипции, что ведет к синтезу того же белка рецептора. Но в другой области мозга. **Особенности нейронно-сетевой структуры мозга определяют конечный эффект: альтруизм или эгоизм.**

Недавно была найдена зависимость между одним аллелем гена *RS3* у человека и прочностью брачных связей и просто совместной жизни в течение, по меньшей мере, пяти лет (*Hasse Walum et al, Genetic variation in the vasopressin receptor 1a gene (AVPR1A) associates with pair-bonding behavior in humans (Proc. Natl. Acad. Sci. U S A. 2008 September 16; 105(37): 14153–14156)[13]*).

Длинный аллель гена *RS3*, как показала группа Р. Эбстайна, связан с альтруистическим поведением людей. Но оказывается, что брачные и прочные любовные связи также кодируются аллелем этого гена. Возможно ли, что именно эти отношения являются эволюционным предшественником альтруистического поведения?

Группа Эбстайна опубликовала в мае 2009 года аналогичное пионерское исследование по гену рецептора гормона окситоцина (*The Oxytocin Receptor (OXTR) Contributes to Prosocial Fund Allocations in the Dictator Game and the Social Value Orientations Task*).

Salomon Israel, Elad Lerer, Idan Shalev, Florina Uzefovsky, Mathias Riebold, Efrat Laiba, Rachel Bachner-Melman, Anat Maril, Gary Bornstein, Ariel Knafo, and Richard P. Ebstein. PLoS ONE. 2009; 4(5): e5535 [14].

Были обследованы 102 мужчины и 101 женщина (средний возраст 26 лет) и отдельно 98 женщин, имеющих детей (средний возраст 34 года).

Исследовали полиморфизм (замены) одиночных нуклеотидов (*SNPs*) в регуляторной области гена рецептора окситоцина в соотношении с поведением участников в вышеописанной игре «Диктатор» (*DG*) и в ценностной социальной ориентации (*SVO*).

Рецептор окситоцина участвовал в социальном поведении членов всех групп.

Именно три *SNPs* (*rs2268490, rs237887 and rs1042778*) были четко ассоциированы с двумя просоциальными экономическими решениями участников исследования. Наиболее сильная зависимость была найдена для *SNP rs1042778* ($p=0.001$). Возможно, именно этот *SNP* играет важную регуляторную роль в транскрипции и трансляции рецептора окситоцина.

Имеется значительное подобие между индивидуальным дарением денег в игре «диктатор» и в *SVO*. 64,7 % респондентов в *SVO* были также активными дарителями в игре «диктатор».

Авторы заключают, что нуклеотидные варианты в двух генах рецепторов окситоцина и вазопрессина дают совместный вклад в комплексный фенотип человеческого поведения и что это – правило, а не исключение. Авторы пишут о своей заинтересованности в анализе других элементов системы вазопрессина-окситоцина в контексте генно-нейрональной сети, чтобы понять, как эти два нейрогормона формируют социальное поведение нашего вида.

Хотелось бы отметить акцентировку авторов вышеописанных исследований. Они полагают, что наука уже имеет дело с основными компонентами системы, определяющими социальное поведение человека. В пользу справедливости такого мнения

косвенно свидетельствует факт, полученный на мышах-полевках. Перенос одного «альтруистического» гена рецептора вазопрессина мышам-эгоистам менял их поведение на альтруистическое. Предстоит большая работа по дорисовке уже найденных закономерностей.

Мозг – особый орган. Скорее, даже сумма органов, не имеющих чёткого структурного разграничения. В литературе сделано утверждение, что окружающая среда может вызывать химические изменения в генах, имеющих какое-то отношение к социальному поведению. Речь идет о присоединении метильных групп к ДНК промоторов. Это ведет к усилению экспрессии некоторых рецепторов, имеющих отношение к поведению (глюкокортикоидный рецептор, рецептор эстрогена и др.), на поверхности нервных клеток, например, в таламусе и гиппокампе (*G.E. Robinson et al, Genes and Social Behavior, Science, 2008, v322, no 5903, pp. 896-900*) [15].

Выше показано, что разное расположение в мозге одних и тех же генов, кодирующих белок рецепторов, сопровождается различным социальным поведением. Независимо от строения регуляторных частей гена рецептора вазопрессина продуцируется один и тот же рецептор, который распознаёт один и тот же гормон вазопрессин, т.е. физико-химически связывает его. Генерируется сигнал. От чего зависит конечный эффект – альтруистическое или эгоистическое действие? Продукция белка рецептора вазопрессина должна происходить по стандартной схеме. В результате присоединения фактора транскрипции к длинному регуляторному участку ДНК рецептора вазопрессина индуцируется синтез рецептора. Сигналы от рецепторов, связавших вазопрессин, генерируются в данных нервных клетках головного мозга, затем по отросткам этих нервных клеток – нейритам – поступают к каким-то другим нервным клеткам, которые и осуществляют «предуготованное» (т.е. уже представленное в мозгу специализированной нейрональной структурой) альтруистическое действие. У других индивидуумов другой специфический фактор транскрипции присоединяется к короткому регуляторному участку гена вазопрессина в других нервных клетках. За этим следует синтез белка рецептора вазопрессина и его соединение с гормоном. Сигнал из этих клеток по отросткам-нейритам поступает уже в другие нервные структуры, которые осуществляют «предуготованное» эгоистическое действие. Важно подчеркнуть, что должны быть два ключевых момента, определяющих место активации в мозгу каждого из двух вариантов регуляторных генов одного и того же рецептора вазопрессина: наличие одного из двух специфических факторов транскрипции и наличие одного из двух специфических регуляторных участков гена рецептора вазопрессина.

Об особом значении рецепторов гормонов вазопрессина и окситоцина говорит уже то, что уровень этих гормонов в крови повышается при усилении позитивного социального взаимодействия.

В *Science News (December, 2008)* [16] появилось следующее сообщение. Некоторые женатые пары через 20 лет после медового месяца испытывают такую же головокружительную страсть по отношению друг к другу, как тинейджеры во время медового месяца. Функциональный *MRI (fMRI)* показал, что этому соответствует активация вентральной *tegmental* области мозга. Ранее установлено, что именно эта область активизируется во время интенсивной горячей стадии ранней любви. *J. Thomas Curtis* считает возникновение таких «долгоживущих» пар эволюционным достижением. Это у людей. Он исследовал и полевки прерий и показал, что они образуют «долгоживущие» моногамные пары. Если у полевок удалить вентральную *tegmental* область мозга, они не образуют «долгоживущих» моногамных пар. Возможно, есть связь между этими фактами и тем, что именно у этих полевок прерий, в отличие от горных и луговых полевок, развито альтруистическое поведение, связанное с определенной локализацией рецепторов вазопрессина и окситоцина в мозгу. У не моногамных горных полевок показано иное распределение в мозгу рецепторов этих гормонов. Недавно

аналогичная закономерность найдена у людей. Оказалось, что описанный выше ген *RS-3* контролирует образование и прочность семейных пар у людей (*HasseWalum et al*) [17]. Если моногамия – это эволюционное генетическое достижение, то как отнестись к рассуждениям некоторых социологов об отмирании института семьи в современном человеческом обществе?

Разница в социальном поведении полевых прерии и горных полевых обусловлена локализацией генов рецепторов вазопрессина и окситоцина в мозге. У полевых из прерии рецепторы окситоцина располагаются в среднем мозге.

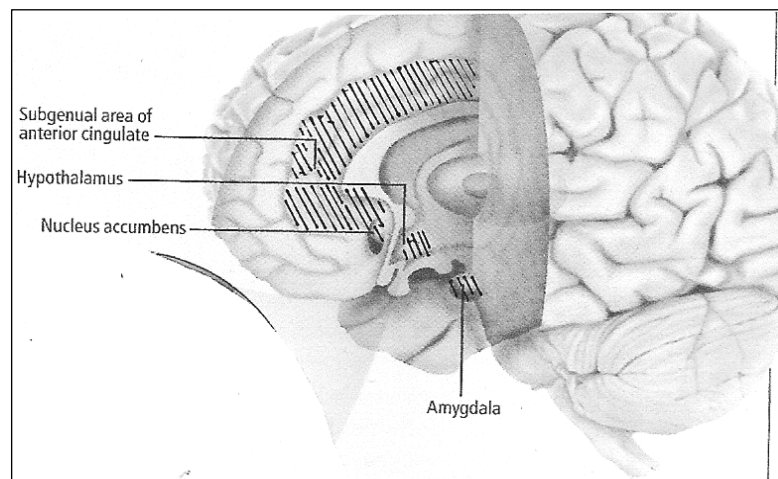


Рис. 2. Штриховкой показано расположение рецепторов окситоцина в среднем мозгу.

У человека рецепторы окситоцина экспрессируются во многих участках головного и спинного мозга, включая *amygdala, ventromedial hypothalamus, septum u brainstem*. Рецепторы вазопрессина локализуются в *lateral septum, thalamus, basal*

amygdaloid nucleus, brainstem, но не в *cortex*.

Показанные на рисунке 2 области отличаются некоторыми чертами. Они характеризуются плотным расположением рецепторов окситоцина, которые генерируют сигнал в нервных клетках. Они, кроме того, регулируют выделение дофамина, что вознаграждает (принцип самовознаграждения) индивидуума за позитивное социальное поведение, в особенности, за увеличение уровня доверия.

По-видимому, небольшие дозы окситоцина, введенные ингалятором в полость носа, могут индуцировать доверие и щедрость (*Tori DeAngelis, Monitor on Psychology, Volume 39, No. 2 February 2008*)[18].

Возможно, что теория реципрокного альтруизма, предложенная Р. Трайверсом в 1971 году («ты – мне, я – тебе») и являющаяся одной из трех базисных концепций неodarвинизма, покоится, в основном, на этой молекулярно-генетической базе – на генетике и функции рецепторов окситоцина. Именно эти гены и рецепторы считают сегодня ответственными за повышение уровня доверия (в том числе, в денежных делах) между людьми в бизнесе. Как отмечено выше, в этот процесс вовлечены также рецепторы дофамина. Человек буквально чувствует себя хорошо, когда партнер верит ему, и это вызывает с его стороны позитивную ответную – реципрокную – реакцию. Все это следует иметь в виду, когда мы думаем о природе и следствиях глобализации.

Гены альтруизма и социальное поведение

Необходимое углубление в предмет оставляет читателя перед рядом принципиальных вопросов. Выше речь уже шла об основном элементе системы (ген с его промотором и усилителем), т.е. о «кирпичиках», из которых построено здание генома, «помещённое» природой в ядро каждой клетки. Исходя из схемы, намеченной нами ранее, необходимо попытаться понять, почему два не одинаковых по строению регуляторных участков гена, кодирующего один и тот же белок – рецептор вазопрессина – действуют противоположно на поведение человека, какова структурно-функциональная подоплека. Повторим вопросы, заданные ранее. Почему у одних индивидуумов доминирует один ген,

а у других – второй? Как и в какой последовательности они возникли в эволюции? Почему гены альтруизма побеждают, определяя поведение одних индивидуумов и их групп, и проигрывают, уступая генам эгоизма в определении поведения других индивидуумов и их групп?

Ответ на первый вопрос мы находим в работе группы *R. Ebstein* и других авторов. Люди не одинаковы по наличию вариантов генов. Разные комбинации генов имеют разную локализацию в мозгу. По длинному и короткому генам рецептора вазопрессина люди относятся к трем группам: короткий + короткий (*SS*), короткий + длинный (*SL*), длинный + длинный (*LL*). Первая группа – эгоисты, третья – альтруисты. Вторая, судя по графикам, – сложная комбинация вариантов эгоистов и вариантов альтруистов. Можно думать, что в этой группе у одних индивидуумов один из двух генов доминантен, а другой – рецессивен, а у других – наоборот. Почему гены альтруизма побеждают, определяя поведение одних индивидуумов и их групп, или проигрывают? Формально, чем больше в популяции гомозиготных альтруистов, чем выше их влияние на гетерозиготную массу, тем более вероятно развитие всей группы в благоприятном направлении. В результате Второй мировой войны державы-победители подавили деятельность людей и организаций (по-видимому, в основном, гомозиготных эгоистов) в направлении зла и агрессии. Через 2-3 поколения немецкий и японский народы стали другими. Мы полагаем, что произошло перепрограммирование генов альтруизма и эгоизма в нервных клетках мозга массы гетерозиготных индивидуумов. Доминантные и рецессивные аллельные гены в соматических клетках мозга поменяли функциональную активность на противоположную. Если допустить, что в мозгу гетерозиготных людей есть два варианта генно-нейрональных структур (альтруистической и эгоистической), расположенных не одинаково, то функциональная тренировка любой из них может вести к соответствующей настройке (перепрограммированию) аллельных генов альтруизма и эгоизма. В других соматических клетках уже описаны механизмы, занятые настройкой соотношения активности аллельных генов. Сказанное выше – предположение, нуждающееся в экспериментальном подтверждении.

Цифру 6-7 % (доля альтруистов в популяции) называют российские психологи, исследовавшие популяции на базе модели Менделя (И.Г. Лаверычева, Диалог в образовании. Сборник материалов конференции. Серия “*Symposium*”, выпуск 22. С.-Пб.: Санкт-Петербургское философское общество, 2002) [19]. Автор этих материалов считает, что альтруистов в популяции людей в 16 раз меньше, чем эгоистов (т.е. 6 %), а среди женщин их в 3 раза больше, чем среди мужчин. В качестве теоретической основы автор привлекает к объяснению менделевскую модель дигибридного расщепления признаков, на основании которой делает вывод о постоянном скрытом характере носительства генов альтруизма у 88 % популяции людей. Это значит, что на 88 % люди или их дети являются гибридами по признакам эгоизм/альтруизм и, в силу доминантности гена эгоизма, являются эгоистами. Но с определенной частотой (1/16, т.е. 6 %) от них могут рождаться дети-альтруисты. По мнению цитируемого автора, этот механизм наследования признаков объясняет достаточно редкий (т.е. 6 %), но общепопуляционный, характер встречаемости альтруистов, который не зависит от воспитания и условий среды. Судя по вышесказанному, речь идет о гомозиготных альтруистах. На рис. 1 видно, что в популяции, изученной группой Р. Эбстайна, доля людей, имеющих два позитивных гена альтруизма, составляет 27 %, т.е. они также должны были бы быть абсолютными альтруистами. Эта цифра намного выше 6 %.

В противоположность выводу И.Г. Лаверычевой, следует принять, что разные группы людей в человеческой популяции варьируют по соотношению гомозиготных эгоистов, гомозиготных альтруистов и гетерозиготных индивидуумов. Но наибольший вклад в варибельность поведения основной массы людей может вносить перепрограммирование генов в клетках мозга гетерозиготных индивидуумов в

позитивном или негативном направлении за время одной генерации. Речь в совокупности идет об особо важной социологической проблеме.

Ответ на второй вопрос очевиден. Сегодня мы знаем о двух точках в пределах млекопитающих – о мышши-полёвке и человеке, имеющих по два регуляторных (позитивный и негативный) гена рецептора вазопрессина *RS-3*. Эволюционное расстояние между ними – порядка 100 млн. лет. Так что эти гены пришли к нам издалека. Предшественник генов вазопрессина и окситоцина найден уже у рыб. Пока мы всё же не знаем, насколько издалека эти гены пришли к нам. Однако можем уверенно предположить, что это очень древний признак, имевший принципиальное значение в эволюции жизни для сохранения самой жизни.

Можно сделать следующее обобщающее предположение. Гены эгоизма, наряду со многими другими генами, «обслуживают» закон естественной селекции Дарвина. Гены альтруизма «обслуживают» закон позитивной селекции групп организмов – закон неodarвинизма. Например, гены эгоизма позволяют выжить наиболее сильным и жизнеспособным животным в стае в условиях острой нехватки пищи. При этом погибают менее жизнеспособные и больные животные. Происходит естественная селекция по Дарвину. Описаны примеры альтруистического поведения, способствующие выживанию и преимущественному положению групп существ.

Те и другие гены необходимы для успешной эволюции жизни, но, видимо, по-разному на различных этапах эволюции. Чем больше эмансипация генома от внегеномных и внеорганизменных условий и факторов на разных ступенях эволюции, тем большую роль, вероятно, играют гены альтруизма и вообще альтруистическое поведение. Это выглядит как правило возрастания роли альтруизма в эволюции. Считается, что альтруистическое, т.е. просоциальное, поведение выражено у людей. Гены альтруизма должны были быть «мотором» возникновения и эволюции языка и культуры в самом широком смысле слова.

Недавно функциональный ядерный магнитный резонанс (*fMRI*) показал, что увеличенная активность в задней верхней височной борозде предсказывает вероятность альтруистического поведения (*Nature Neuroscience, February, 2007*) [20].

Не углубляясь в затронутые авторами психологические проблемы, выделим основной факт: расширение сосудов в задней верхней височной борозде, зарегистрированное с помощью *fMRI*, предшествует альтруистическому действию. **Поставлен вопрос о существовании в мозгу целых областей, ответственных за альтруистическое поведение личности.**

Несмотря на беспримерный прогресс науки – в том числе биологических наук – современный человек остается в плену многочисленных противоречивых мнений, формирующих его индивидуальное мировоззрение и поведение. Даже приблизительное овладение основами биологии и генетики – вот та ниточка в лабиринте семейных и социальных событий, которая может позволить современному человеку, личности, рационально влиять на эти события.

Мы стремились ответить на вопрос, может ли быть в генофонде человечества генетическое распоряжение, способствующее более благополучному развитию общества? Могут ли выступить в этой роли реальные гены альтруизма?

В статье *Jay A. Tischfield (Somatic Genetics '97; Loss of Heterozygosity or: How I Learned to Stop Worrying and Love Mitotic Recombination)* [21] рассмотрены варианты потери функционального аллеля в гетерозиготном локусе, т.е., например, в приложении к нашему случаю одного из двух генов, описанных группой Р. Эбстайна (регуляторных генов рецептора гормона вазопрессина). Это может быть результатом делеции (потери) участка хромосомы, следствием конверсии гена или же точечной мутации или даже результатом эпигенетической инактивации аллеля (*Cappione et al. Am. J. Hum. Genet. 60, 1997, pp. 305–312*)[22]. Таким образом, инактивируемый ген может оставаться геном в

смысле сохранения определённой последовательности букв-нуклеотидов, но частично или полностью переставать функционировать.

Daisuke Kobayashi et al (DMD 33:94-101, 2005)[23] сообщают, что доминантный аллель исследуемого ими гена в плаценте экспрессируется как биаллельный ген, т.е. доминантны оба аллеля, причем мутация одного из них не является собственно мутацией, а является результатом блокады прочтения информационной РНК на рибосоме, т.е. уже в цитоплазме клетки.

Takeshi Hirota et al (Human Molecular Genetics, 2004, 13(23): 2959-2969) [24] сообщили, что существует корреляция между суммарным уровнем информационной РНК – продукте определённого гена в нормальной печеночной клетке – и соотношением экспрессии двух аллелей этого гена. Таким образом, речь идет о регуляции прочтения – транскрипции – двух аллелей на уровне ДНК. Из этого следует, что в соматической клетке и, очевидно, в нервной клетке, существуют механизмы, регулирующие соотношение активности аллельных генов.

Мы ссылаемся на эти работы, чтобы предположить, что существует возможность внешнего влияния (со стороны общества?) на то, какой из двух регуляторных генов рецепторов вазопрессина будет работать в нервных клетках мозга данного человека.

Важность ответа на поднятый вопрос для социальной жизни трудно преувеличить. Достаточно представить себе:

- что существует принципиальная возможность путем внешнего, например педагогического, воздействия на индивидуума перепрограммировать нервную клетку гетерозиготного эгоиста в нервную клетку гетерозиготного альтруиста;
- что можно было бы позитивно влиять буквально в направлении «воспитания альтруизма» в соответствующих клетках мозга на их генетическом уровне. Речь идет о большой массе людей (например, 48 % популяции у R. Ebstein), гетерозиготных по альтруистическому и эгоистическому аллельным генам, в частности, по генам рецептора вазопрессина.

В противоположность выводу И.Г. Лавёрычевой о подавляющей доминантности генов эгоизма и рецессивности генов альтруизма, автор настоящего анализа рассматривает возможность того, что разные группы людей в человеческой популяции не только варьируют по соотношению гомозиготных эгоистов, гомозиготных альтруистов и гетерозиготных индивидуумов. Наибольший вклад в вариабельность поведения большинства людей может вносить перепрограммирование гетерозиготных индивидуумов в позитивном или негативном направлении за время одной генерации. Мы уже говорили, что речь идет об особо важной социологической проблеме.

В индивидуальном развитии и функционировании организма человека возможна обратная связь организм-ДНК. В предыдущей статье («Как происходит эволюция») был приведён пример гипертрофии сердца, при которой усиление транскрипции рибосомных генов в ДНК, т.е. синтеза рибосомной РНК, происходило при увеличении нагрузки на сердце и гипертрофии мышечных волокон сердца. Нельзя ли представить себе, что «гипертрофия альтруистической функции» у данного гетерозиготного человека под влиянием социальной среды приводит к перепрограммированию аллельных генов в направлении доминирования «длинного» гена рецептора вазопрессина, т.е. гена альтруизма. Пока это гипотеза. Мы обсудили её на примере очевидной позитивной динамики социального поведения народов Японии и Германии после Второй мировой войны.

Наряду с генами, контролирующими поведение, существует механизм самовознаграждения за альтруистическое поведение. Есть вариант «самовознаграждения», связанный с выработкой в мозгу морфиноподобных веществ – эндорфинов. Термин «внутренняя система самовознаграждения» (*internal reward system*) в приложении к

эндорфинам мы встречаем у Роутенберга (*Routtenberg A. 1978, Sci. Am., Nov. v. 239, 5: 154–164*) [25]. Речь идет о мозговом механизме, который «создает чувство благополучия». Его прямо связывают с альтруистическим поведением. Вознаграждение может прийти не только в виде продукции допамина, но и в виде продукции эндорфинов.

Праведники народов мира: что заставляло помогать?

Одной из самых известных работ в этой области является труд известной польской исследовательницы Нехамы Тек. В своей работе «Когда свет пронзит тьму» («*When light pierced the darkness*») Тек обращается к рассмотрению альтруизма, который определяется как саморазрушающее (самодеструктивное) поведение, осуществляемое для выгоды других. Так, действия христиан, которые спасали евреев, сознательно рискуя своими жизнями, содержали этот саморазрушающий элемент. «Изучение альтруизма является комплексной областью, и до сих пор не представлено каких бы то ни было теоретических объяснений в этой области». Это написано, в общем, недавно, но молекулярная генетика сегодня уже даёт ответ.

Самым ярким и наиболее интересным и профессиональным, с точки зрения психологии, является исследование мотивов спасавших, предпринятое супругами Олинер, которые во время Холокоста были сами спасены добрыми людьми. Несмотря на то, что их работа «Альтруистическая личность» («*The Altruistic Personality*») вышла ещё в 1988 году, она до сих пор остаётся актуальной. Итак, обратимся к их подходу.

В поисках своих ответов Олинеры взяли интервью у 682 человек, проживавших во время Второй мировой войны в нескольких европейских странах, оккупированных нацистами. Из них 406 человек были люди, спасавшие евреев, 126 – не спасавшие, и 150 – выжившие евреи.

Основной упор в их исследовании делался на мотивы альтруизма, и именно определение спасателей как альтруистов легло в основу их работы. Что же Олинеры имели в виду под определением «альтруистическое поведение»? Они характеризовали поведение как альтруистическое, когда оно направлено на другого; оно влечёт за собой высокую степень риска или жертву совершающего такое действие; оно не сопровождается внешней наградой; это добровольное поведение.

«Любая попытка идентифицировать причины поведения человека проблематична. Единственно вероятными могут быть многогранные «причины»; в некоторых случаях, никакой доминирующий мотив не может быть определён. Существует непреодолимая тайна человеческого поведения».

Читатель уже из этой главы знает, что тайна человеческого поведения раскрывается на наших глазах. То, что праведники были альтруистами, является сильнейшим аргументом в пользу того, что их смертельно опасное поведение наследуемо и что, наверное, они были гомозиготными альтруистами. Читатель имеет возможность ознакомиться с оригиналами этих исследований:

Tec Nechama. When Light Pierced the Darkness (christian Rescue of Jews in Nazi-Occupied Poland) – New York, 1986, p. 135. Oliner Samuel P., Oliner Pearl M. The Altruistic Personality: Rescuers of the Jews in Nazi Europe. – New York, 1988. – P. 2. Cooper Leo. In the Shadow of the Polish Eagle: The Poles, the Holocaust and Beyond. – New York, 2000. P. 166. Ringelblum Emmanuel. Polish-Jewish Relations during the Second World War. – Jerusalem, 1974. – P. 248. Paulsson Gunnar S. Secret City: the Hidden Jews of Warsaw 1940-1945. – Warszawa, 2002. –P. 247. Gushee David P. The Righteous Gentiles of the Holocaust (a christian interpretation). – New York, 1994. – P. 16.

Заключение

Реальные гены альтруизма, то есть специфические участки ДНК, обнаружены и описаны в ряде исследовательских работ буквально только что, в последние годы. Ранее сложилось мнение, что высшая нервная деятельность у многих людей устроена таким образом, что в ней срабатывает механизм «самовознаграждения». Иными словами, считается, что усиление продукции определённых биологических веществ в мозгу, например, допамина и эндорфинов, оказывается вознаграждением для данного организма за «добрый поступок». В действительности вопрос сложнее.

В сообществах людей, животных и насекомых перед индивидуумом встают две наиважнейшие задачи: самовыживание и способствование выживанию сообщества. В выполнении второй задачи первостепенная роль отведена генам альтруизма. Зная, что в любой группе людей существуют абсолютные альтруисты, с одной стороны, и абсолютные эгоисты – с другой, очевидно, что в каждой группе существует распределение индивидуумов по генам альтруизма и эгоизма. Это распределение впервые продемонстрировано группой Эбстайна. В центральной части этого распределения представлены гетерозиготные индивидуумы, т.е. содержащие оба гена. Смещение этой категории индивидуумов в сторону абсолютных альтруистов или эгоистов может зависеть от степени доминирования альтруистической или эгоистической концепции в данной группе. Мы предполагаем, что это смещение может быть связано с перепрограммированием аллельных генов нервных клеток у гетерозиготных людей (т.е. унаследовавших позитивный и негативный гены), когда гены альтруизма в специализированных гетерозиготных нервных клетках головного мозга становятся доминантными, а гены эгоизма – рецессивными (воспитание альтруизма?). Естественно, это возможно только в категории людей, гетерозиготных по таким генам.

Обратимся к трем социальным экспериментам за период времени после Второй мировой войны – к истории Германии, Японии и СССР-России. В первых двух экспериментах элиты, в которые, по-видимому, были включены – если не преобладали – гомозиготные эгоисты, были отстранены от власти и наказаны в многочисленных судебных процессах. Поток негативной информации от них был погашен, доминанта агрессивного альтруизма в обществе исчезла. Достаточно быстро, не без участия гомозиготных альтруистов, произошло перепрограммирование массы гетерозиготных личностей в альтруистическом направлении.

В СССР-России этого не произошло. От власти не был отстранён КГБ. Более того, он признал, что является правопреемником всех аналогичных организаций, начиная с 1917 года. Отсюда, наверное, и российские данные И.Г. Лаверычевой о 88% гетерозиготных личностей с доминантными генами эгоизма. Впрочем, её анализ ещё не мог быть проведён на молекулярно-генетическом уровне, поэтому остается неизвестным сегодняшнее соотношение трех групп в популяции (гомозиготных эгоистов, гомозиготных альтруистов и гетерозиготных личностей). Возможно, здесь нас ждут сюрпризы. Многие сотни лет угнетения народа могли сильно сказаться на этом соотношении. Полное ужесточение крепостного права произошло в 1649 году ещё при Борисе Годунове. Этот вопрос – предмет важнейших будущих исследований.

Наиболее труден вопрос о соотношении групп в мусульманском мире после 15 веков ислама. Метод «лечения», использованный для Германии и Японии в прошлом веке, вряд ли будет эффективным в случае ислама. Этот вопрос остается открытым.

Источники приведены по тексту