

Тема 5. Предупреждение возможного неблагополучия в психическом и личностном развитии обучающихся. Онтогенетика

Цели: - определить роль генотипа и фенотипа в онтогенезе;

- рассмотреть концепцию нормы реакции и развития;

- раскрыть морфогенез нервной системы и его основные этапы.

Основные вопросы:

1. Концепция нормы реакции и развитие
2. Понятие фенотипа на клеточном уровне
3. Среда внутри и вне организма и возможности ее взаимодействия с генотипом
4. Морфогенез нервной системы и его основные этапы
5. Наследственные и средовые факторы, влияющие процесс развития нервной системы

1. Концепция нормы реакции и развитие

Традиционным для отечественной психологии является представление об общественно-исторической обусловленности психического развития ребенка, в соответствии с которым обучение и воспитание рассматриваются как основные движущие силы развития психики. Весьма длительный процесс биологического созревания выступает при этом как необходимое условие, создающее морфофизиологические предпосылки для формирования новых видов психической деятельности, но не определяющее их содержания и структуры.

Однако признание детерминированности психического развития социальными факторами не отрицает особой логики этого развития, наличия в нем определенного самодвижения и предполагает анализ взаимодействия биологического и социального как «звеньев системной детерминации единого процесса развития человека».

С позиций системного подхода развитие понимается как процесс, протекающий на разных уровнях и включающий как макро- так и микрогенетические изменения, дифференциацию и интеграцию систем. В данном контексте особенно существенным представляется принцип антиципации развития, в соответствии с которым система одного уровня закладывает основы для развития следующего уровня.

Наследуется не признак, а норма реакции. В ряде исследований под нормой реакции понимают пределы, которые генотип ставит формированию фенотипа. Но мы уже определили норму реакции и как специфический характер реакции генотипа на изменения среды. Введение понятия предела объяснимо – в обычных стандартных условиях развития действительно генотипы ограничивают возможности развития фенотипов – люди с хорошими генетическими задатками для развития интеллекта при прочих равных всегда будут опережать людей с плохими задатками. Считается, что среда может сдвигать конечный результат развития [в пределах диапазона, который генетически детерминирован]. Но в действительности нельзя быть уверенными, что признак достиг максимального развития, возможного для данного генотипа. Характер фенотипических проявлений генотипа не может быть протестирован для всех возможных сред, поскольку они имеют практически бесконечное число вариантов. В отношении человека нет возможности не только произвольно контролировать параметры среды, в которой происходит развитие, но даже и выбрать те параметры, сведения о которых необходимо получить. Современная наука представляет данные о значительных возможностях среды: ранний опыт, в том числе, эмбриональный, влияет на активность генов, структурное и функциональное формирование нервной системы. Это значит, что, если в традиционной среде создается иллюзия существования пределов для формирования фенотипа, то все равно нет уверенности, что развитие, в процессе которого генотип будет подвергаться необычным, нетрадиционным воздействиям, не приведет к возникновению таких особенностей поведения, которые в обычных условиях при данном генотипе были бы невозможны. Отсюда: правильно, к сожалению, на нынешнем этапе развития науки считать, что пределы фенотипа непознаваемы.

Заметим: сегодня популярны различные нетрадиционные (и нередко шарлатанские) методы воспитания младенцев – выращивание музыкантов, когда мать обеспечивает своему ребенку во время вынашивания прослушивание музыки... Рождение в воде, динамическая гимнастика... В родильных домах нынче практикуется до перерезания пуповины класть ребенка на живот матери в целях обеспечения и достижения естественного контакта. Возможно, эти воздействия иногда и не лишены смысла, поскольку интенсивно формирующаяся нервная система, от которой в конечном счете и будет зависеть наше поведение и все высшие психические функции, податлива к воздействиям именно в ранний период онтогенеза.

Итак, мы уже неоднократно сказали: результат развития – фенотип – зависит от совместного действия генов и среды. Гены и признаки связаны сложной сетью путей развития. Все индивидуальные различия являются результатом обстоятельств развития конкретных индивидов в конкретных средах. Часто индивиды, воспитанные в явно различающихся средах, имеют много общего. И наоборот, сиблинги, воспитывающиеся в одной семье, при сходных обстоятельствах за счет тонких различий в условиях воспитания и развития реально будут испытывать весьма различные воздействия как физической, так и социальной среды. Это справедливо даже для генетически идентичных МЗ-близнецов. Таким образом, процесс взаимодействия со средой сложен и неоднозначен. Психологи и специалисты в области генетики часто пользуются термином взаимодействие в статистическом смысле, когда исследуется взаимодействие отдельных факторов в продуцировании какого-либо измеряемого эффекта. Но статистическое взаимодействие факторов и взаимодействие генов и среды в индивидуальном развитии – разные вещи.

Наш генотип, генетический аппарат, спрятан глубоко внутри клетки и отделен от внешней среды не только покровами тела, но и клеточной и ядерной оболочками. Гены и окружающий мир непосредственно не соприкасаются. С внешней средой взаимодействует организм в целом – гены взаимодействуют с различными биохимическими субстанциями внутри клетки. А вот различные клеточные субстанции могут испытывать влияние внешнего мира.

2. Понятие фенотипа на клеточном уровне

Феноменологически исследование формирования индивидуальных различий в онтогенезе упирается в необходимость предварительного определения их **устойчивости, или стабильности**.

Теоретическим основанием для выявления устойчивости индивидуально-психических особенностей ребенка служит представление о непрерывности развития.

Непрерывность развития в общем виде интерпретируется как преемственность процессов психического развития человека и формирования его индивидуальных особенностей. Она предполагает, что все структурно-функциональные изменения психики, возникшие в раннем онтогенезе, непосредственно связаны и, возможно, в определенной степени предопределяют более поздние эффекты развития.

В первом случае проводится сопоставление показателей наследуемости у аналогичных групп родственников в разных возрастах, т.е. используется вариант метода возрастных срезов, что обеспечивает выделение возрастных различий в наследуемости признаков. В силу того, что гены в развитии «включаются» и «выключаются», высокая наследуемость признака в разных возрастах ничего не говорит о том, разные или одни и те же гены обеспечивают этот эффект. Вот почему второй аспект предполагает лонгитюдное исследование, в котором определяется корреляция между генетическими компонентами дисперсии изучаемой характеристики, полученными в разных возрастах одной и той же группе испытуемых. Этот способ дает возможность оценить вклад генетических факторов в изменчивость возрастных преобразований, а также установить, насколько связаны между собой генетические и средовые компоненты межиндивидуальной вариативности признака в разные периоды. Иначе говоря, для того чтобы судить о преемственности или

стабильности генетических и средовых влияний, необходимо лонгитюдное исследование близнецов или сибсов, которое позволит установить степень связи между генетическими компонентами (межвозрастная генетическая корреляция) и средовыми компонентами (межвозрастная средовая корреляция) фенотипической дисперсии признака.

Интерпретации «стабильности» по Дж. Кэгану:

- 1) стабильность как временную устойчивость некоторой характеристики, т.е. отсутствие или минимальное изменение этой характеристики при повторных измерениях;
- 2) устойчивость соотношения между свойствами одного и того же индивида при изменении их абсолютных значений в ходе развития (внутрииндивидуальная стабильность);
- 3) сохранение рангового места в группе (онтогенетическая стабильность).

Главным понятием психогенетики развития является «генетическое изменение». Оно характеризует изменения в эффекте действия генов на разных стадиях онтогенеза. При этом выделяются два аспекта. Первый связан с оценкой в разных возрастах относительной доли генетической вариативности в общей вариативности признака, что позволяет оценить, как меняется наследуемость признака в ходе онтогенеза, второй - насколько связаны между собой генетические компоненты дисперсии признака в разных возрастах. В первом случае проводится сопоставление показателей наследуемости у аналогичных групп родственников в разных возрастах, т.е. используется вариант метода возрастных срезов, что обеспечивает выделение возрастных различий в наследуемости признаков. В силу того, что гены в развитии «включаются» и «выключаются», высокая наследуемость признака в разных возрастах ничего не говорит о том, разные или одни и те же гены обеспечивают этот эффект. Вот почему второй аспект предполагает лонгитюдное исследование, в котором определяется корреляция между генетическими компонентами дисперсии изучаемой характеристики, полученными в разных возрастах на одной и той же группе испытуемых. Этот способ дает возможность оценить вклад генетических факторов в изменчивость возрастных преобразований, а также установить, насколько связаны между собой генетические и средовые компоненты межиндивидуальной вариативности признака в разные периоды. Иначе говоря, для того чтобы судить о преемственности или стабильности генетических и средовых влияний, необходимо лонгитюдное исследование близнецов или сибсов, которое позволит установить степень связи между генетическими компонентами (межвозрастная генетическая корреляция) и средовыми компонентами (межвозрастная средовая корреляция) фенотипической дисперсии признака.

По представлениям Р. Пломина, эти две переменные - наследуемость и степень генетической общности, определяемая величиной генетической корреляции, - относительно независимы и могут образовывать разные варианты сочетаний), Модель А, например, предполагает, что наследуемость признака с возрастом может оставаться без изменений (левый столбик) или возрастать (правый), но независимо от этого генетической преемственности при этом не обнаруживается, т.е. генетические эффекты в раннем возрасте и зрелости абсолютно не связаны между собой. В моделях В и С, напротив, допускаются варианты частичной (В) или (С) полной генетически опосредованной преемственности в формировании признака. Последний вариант (с точки зрения Р. Пломина, наиболее вероятный) получил название амплификационной модели. Амплификационная модель реализации генетических влияний в онтогенезе предполагает, что с возрастом, по мере созревания ЦНС и формирования индивидуально устойчивых способов переработки информации, возрастает наследуемость признака, при этом сохраняется высокая межвозрастная генетическая корреляция, т.е. генетические эффекты, действовавшие в младенчестве, высоко коррелируют с генетическими эффектами в зрелости. Таким образом, полная схема исследования в психогенетике развития с необходимостью включает эмпирическое исследование и наследуемости, и генетических корреляций. Сама по себе высокая наследуемость признака, полученная в разных возрастах, ни в коей мере не свидетельствует о стабильности генетических влияний.

Луисвиллское близнецовое исследование посвящено изучению природы межиндивидуальной изменчивости показателей интеллекта. Начато в 1957г. Ф. Фолкнером и охватило 500 пар близнецов. Их развитие было прослежено от рождения до 15-летнего возраста. Близнецы тестировались по интеллекту, начиная с первого года жизни до 15 лет: каждые три месяца на протяжении первого года жизни, дважды в год – до 3 лет, ежегодно до 9 лет и последний раз – в 15 лет. Использовались шкала психического развития Н. Бейли в младенческом возрасте (измеряет: способность фиксировать и удерживать взгляд, мелкую моторику, шаги вперед-назад), шкалы Векслера – WPPSI в возрасте 4,5 и 6 лет и WISC в более старшем возрасте.

Анализ полученных оценок IQ в парах МЗ и ДЗ близнецов отчетливо демонстрирует увеличение показателя наследуемости с возрастом. Показатели наследуемости у детей в возрасте 1, 2, 3 лет составляют 10%, 17% и 18% соответственно. С 3 лет внутриспарное сходство МЗ близнецов сохраняется на очень высоком уровне, коэффициент корреляции – 0,83. У ДЗ близнецов сходство уменьшается с 0,79 в 3 года до 0,54 в 15 лет. Показатели наследуемости у детей в 4 года составляют 26% и далее увеличиваются до 55%.

Лонгитюдные исследования приемных детей. Наиболее известное Колорадское исследование приемных детей, которое было начато по инициативе Р. Пломина и Дж. Дефрiza в 1975г. В исследовании приняли участие 246 семей с детьми первого года жизни. У детей ежегодно диагностировали показатели физического и умственного развития по шкалам Н. Бейли. Сравнение IQ родителей и детей проводилось по трем вариантам: дети и их биологические родители, с которыми они были разлучены очень рано; дети и родители-усыновители; дети и биологические родители, с которыми они живут вместе. Результаты сравнения подтвердили значительную роль генетических факторов в опосредовании возрастной стабильности IQ. Чем старше становится ребенок, растущий в социальной семье, тем больше он становится похож по всем показателям (интеллект, темперамент) на биологическую мать. Вклад генотипа в индивидуальные различия интеллекта с возрастом увеличивается, причем генетические влияния в детском и взрослом возрасте преимущественно связаны.

Для психолога, психогенетика понятие **фенотип** обычно ассоциируется с понятием анатомического или поведенческого признака. Среда включает различные факторы вне организма. Это и физическая среда (различные виды энергии, материальные объекты), и социальная среда (социальное окружение). Для генетика среда – все внешнее по отношению к генам, или ДНК. В этом смысле среда в первую очередь включает различные химические субстанции, продуцируемые клеткой или ее окружением, а также продукты метаболизма переваренной пищи. Для молекулярной генетики понятие фенотип ассоциируется с фенотипом клетки, а именно ее белками. Но мы оставим все же эти вопросы для изучения будущим специалистам в области генетики... Процессы, происходящие при считывании генетической информации с ДНК и при последующем синтезе белка, являются многоступенчатыми, и на каждой ступени возможна регуляция. Это означает, что между генотипом и фенотипом клетки не существует однозначного соответствия, а конечный результат целой цепи превращений зависит от динамических событий внутри и вне клетки. Регуляция определяет, будет ли ген экспрессирован, когда, где и в какой степени, какой белок будет синтезирован на основе данного гена, как он будет модифицирован и где будет локализован. Регуляция может происходить на любой ступени экспрессии гена, но в основном она происходит при процессах транскрипции. Здесь определяется, будет ли вообще осуществляться транскрипция, и если да, то с какой скоростью она будет происходить и какова будет ее продолжительность. Таким образом, большинство регуляторов – это факторы транскрипции.

Из всех видов тканей наибольшее разнообразие клеток и клеточных продуктов представлено в нервной системе. Это может обеспечиваться двумя путями: либо каждая клетка экспрессирует лишь небольшую часть своего генома, либо она использует один и

тот же набор генов различным образом (альтернативный сплайсинг). Возможно, в нервной системе используются оба этих механизма, каждый из которых требует высоких уровней регуляции.

Как известно, впервые ранние гены были идентифицированы в культуре ткани при исследовании механизмов активации генома в ответ на добавление в среду факторов роста, приводящих к клеточной пролиферации (увеличению массы клеток путем митоза) и дифференцировке. Эти исследования привели к открытию класса генов, которые активируются в течение нескольких минут после воздействия на клетки факторов роста, причем эта индукция происходит даже в том случае, если в среду добавлены ингибиторы синтеза белка. Оказалось, что эти гены кодируют ядерные белки, которые являются транскрипционными факторами и регулируют экспрессию других генов. Ранние гены^[82] широко распространены в живых организмах, причем один и тот же ген встречается у далеких в эволюционном отношении организмов. Это указывает на их важную биологическую функцию в нормальных клетках. В условиях нормального функционирования ранние гены характеризуются быстрой, но преходящей экспрессией в ответ на различные сигналы из внеклеточного пространства. Считается, что ранние гены и их продукты могут быть одним из механизмов, посредством которых осуществляется координация между онтогенетическими событиями в нервной системе и во внешней среде. Посредством участия ранних генов некоторая генетическая активность может концентрироваться в определенных клетках и координироваться с другими процессами, происходящими в нервной системе или во внешней среде. К настоящему моменту накоплено очень много данных об экспрессии ранних генов в мозге животных при обучении.

3. Среда внутри и вне организма и возможности ее взаимодействия с генотипом.

Вообще, проблема соотношения между созреванием мозга, совершенствованием его структуры и функций, с одной стороны, и обучением ребенка, ведущим к формированию у него специфических человеческих психических свойств и способностей – с другой, является одной из важнейших при решении вопросов: когда следует начинать обучение ребенка, каким оно должно быть и пр. В детском возрасте психическое развитие и обеспечивающее его обучение невозможны без созревания и совершенствования морфофункциональных механизмов мозга – это вполне понятно. Но необходимо и понимание того, как происходит это созревание, что зависит от генетической программы, а что от условий, в которых происходит развитие. В настоящее время появилось и развивается такое научное направление, как онтогенетика, исследующая проблему формирования индивидуальности человека. Решение этой проблемы неразрывно связано с изучением таких принципиальных вопросов, как соотношение биологического и социального, врожденного и приобретенного, наследственного и средового в психике ребенка. Теоретические основы здесь, вероятно, идут к нам из работ Л. С. Выготского, в частности, признании культурно-исторической обусловленности высших психических функций. У ребенка освоение человеческой культуры совершается в переплетении с созреванием «натуральных» психических функций, т. е. биологических структур. Это проявляется в наличии сенситивных периодов развития – временных интервалов, на протяжении которых роль влияний внешней среды на развитие ребенка – как позитивных, так и негативных – существенно возрастает. В эти периоды ребенок особенно восприимчив к обучению, но в то же время интенсивно развивающиеся функции и более подвержены неблагоприятному воздействию и повреждению. В основе созревания лежат изменения в строении и функционировании центральной нервной системы. Созревание ЦНС выступает как важнейшая предпосылка психического развития, которое само имеет социальную детерминацию. Признание детерминированности психического развития социальными факторами не отрицает особой логики этого развития. Рассматривая психическое развитие ребенка с точки зрения диалектико-материалистического подхода

(что в основном и свойственно, например, отечественной психологии), можно увидеть подчеркивал спонтанность развития, наличия в нем определенного самодвижения. Каждая новая ступень следует за предыдущей, и переход от одной к другой обусловлен не только внешними, но и внутренними факторами. Известно, что созревание детского организма, его центральной нервной системы носит стадийный характер и, хотя не является движущей силой психического развития, выступает как необходимое условие возникновения всех новообразований в психике ребенка. В последние годы стало ясно, что интенсивное обогащение окружающей среды, целенаправленное воздействие и тренировка сенсорных и когнитивных функций могут ускорить темпы созревания организма, вызвать более зрелые паттерны реагирования мозговых структур.

Эксперименты на животных (морские свинки, белые мыши и др.), поставленные в условия получения искусственного опыта и воспитания определенных форм поведения с целью исследования влияния различных факторов среды – как депривация любых анализаторных систем, так и выращивание в обогащенной среде, показали, что опыт, приобретенный в раннем онтогенезе, существенно модифицирует биохимическое, морфологическое, физиологическое развитие мозга. Лишение мозга в раннем возрасте специфических раздражителей от периферических рецепторов вызывает деструктивные изменения соответствующих структур и функций мозга. Индивидуальный опыт, приобретенный после морфофункционального формирования мозговых систем, практически не приносит положительных результатов.

Кроме подтверждения зависимости биологического созревания организма и психического развития от влияния среды уже экспериментально доказано, что ребенок с серьезными нарушениями может прогрессировать благодаря соответствующему обучению. Глубокое проникновение в потребности и чувства ребенка и сегодня остаются ключевым аспектом оказания помощи «трудным» детям. Направленные воздействия среды, связанные с формированием специфического человеческого опыта, оказывают влияние на процессы развития и усложнения функциональной организации центральной нервной системы. Но помним, что наука доказала: функциональные изменения ограничиваются возрастными закономерностями созревания функций мозга в онтогенезе. Иначе говоря, у трехлетнего ребенка в результате обучения может значительно повыситься уровень умственного развития, но он не достигнет уровня развития ребенка более старшего возраста, т. е. развивающие воздействия ограничены некоторыми пределами. Вероятно, они носят парциальный (частичный, отдельный) характер, затрагивают отдельные свойства и не снимают проблемы спонтанности развития.

Психогенетика выдвинула и обосновала ряд важных положений:

- каждая стадия развития в онтогенезе наступает в результате актуализации различных участков генома человека;
- генотип может оказывать влияние на психологические признаки только через морфо-психофизиологические уровни;
- принцип временной организации генетических систем, развертывания генетической программы во времени;
- генетические факторы реализуют видовую программу развития, определяя на каждом этапе соответствующий уровень созревания ЦНС, который создает предпосылки для появления психических новообразований.

В современной психологии принято считать, что биологическое составляет источник, социальное – важнейшее условие, а активное взаимодействие с внешним миром – движущую силу психического развития. Иначе говоря, биологическая программа развития мозга реализуется всегда в конкретных условиях окружающей среды, которые могут способствовать его развитию, а могут мешать, приводя к «поломкам» или задержкам развития. В тех случаях, когда имеется «поломка» какого-либо механизма мозга, процесс развития и естественного обучения нарушается.

В настоящее время общепризнанно, что оплодотворенная яйцеклетка (зигота) человека содержит всю генетическую информацию, которая необходима для формирования соматических, физиологических и в определенной степени психологических особенностей человека. Было бы ошибочно усматривать в этой логике скрытый преформизм. Генотип человека содержит в себе не более, чем «план целого», который уточняется и модифицируется в ходе развития под влиянием окружающей среды. Только надо иметь в виду, что изменения возможны лишь в пределах нормы реакции, которая характеризует диапазон изменчивости данного генотипа в разных средах. Согласно современным представлениям, каждая стадия развития в онтогенезе наступает в результате актуализации различных участков генотипа, причем различные стадии контролируются разными генами – в результате взаимодействия генов и их продуктов на каждом новом этапе развития формируются структурные и функциональные особенности организма. В генетике сформулирован временной принцип организации генетических систем, контролирующей развитие, и выделена специальная область исследований – хроногенетика, ставящая своей целью изучение закономерностей развертывания генетической программы развития.

Напомним – схематично взаимодействие развивающегося организма (его генотипа) и условий среды, в которой осуществляется развитие, наиболее полно представлено в концепции эпигенеза, о которой мы говорили выше. Э. Майер связал развитие поведения с концепцией генетической программы, выделив две ее части. Одна часть, не претерпевающая значительных модификаций в процессе ее трансформации в фенотип, называется закрытой. Другая в процессе становления фенотипа под влиянием внешних воздействий претерпевает модификации, она содержит приобретенную компоненту и ее можно назвать открытой программой. Поскольку ЦНС выступает как звено, опосредующее взаимовлияния генотипа и среды, в ее морфофункциональной организации должны существовать структурные образования, комплексы или каналы, которые осуществляют реализацию двух генетических программ: одной – обеспечивающей видоспецифические закономерности развития и функционирования ЦНС, и другой – ответственной за индивидуальные варианты этих закономерностей. Именно поэтому гипотезы программирования и селективной стабилизации синапсов не являются альтернативными. Скорее всего они отражают реально существующие механизмы функциональной специализации нейронов, относящиеся к разным сторонам развития: видоспецифическим нормативным закономерностям – первая и приобретению индивидуального опыта – вторая. Это положение находит свое отражение в целом ряде понятий и представлений. Так, широкое распространение получили представления о существовании в ЦНС жестких стабильных и гибких лабильных звеньев. Стабильная структура представляет жесткий скелет системы, который обеспечивает ее устойчивость и инвариантность к различным колебаниям окружающей среды. Именно такие жесткие звенья лежат в основе врожденных функциональных систем и безусловных рефлексов, присущих разным классам животных и обеспечивающих их приспособленность в процессе эволюции. Напротив, гибкие звенья приобретают функциональную специализацию под влиянием непрерывно варьирующих условий внешней среды. Главным фактором, детерминирующим направление специализации, является индивидуальный опыт.

Наряду с этим в ЦНС существуют гибкие динамические системы, связи в которых образуются за счет селективной стабилизации синапсов под влиянием особенностей среды. Это структуры и процессы, «зависящие от опыта». Они отличаются выраженным диапазоном изменчивости, возникающей под влиянием внешних воздействий, допускают интенсивное овладение индивидуальным опытом в широком диапазоне возможностей. Именно они формируют широкий спектр индивидуальных различий, столь характерный для популяций не только человека, но и животных. Они обеспечивают формирование приобретаемых в онтогенезе функциональных систем, условных рефлексов и других

возможностей обучения. В конечном счете именно они формируют онтогенетическую память индивида. В своем созревании они тоже переживают периоды повышенной чувствительности к внешним воздействиям, но эти периоды по своей сути являются скорее сенситивными, чем критическими. Многообразие индивидуальных различий, которые возникают на основе созревания структур, «зависящих от опыта», позволяет ставить вопрос о том, какую роль в этих процессах играют индивидуальные особенности опыта, а какую генетический полиморфизм.

Нас много, да, и каждый из нас – «уникальный генетический эксперимент», по словам Р. Пломина. И при анализе генетической детерминации развития человека следует различать два относительно независимых аспекта: формирование нормативных (универсальных, общевидовых) закономерностей и формирование межиндивидуальной вариативности в реализации этих закономерностей, т. е. формирование индивидуальных различий. Да, формирование индивидуально-психологических различий может быть связано с двумя источниками детерминации: генотипом и средой. Однако в этом случае речь идет о взаимодействии уникальной части генотипа и индивидуально-специфической среды (вариативность последней не должна выходить за пределы, допускаемые нормативным развитием). Таким образом, своеобразный в каждом конкретном случае вариант развития (фенотип) любого индивидуального (в том числе, и психологического) признака может являться результатом как уникальной генетической конституции, так и уникального жизненного опыта.

4. Морфогенез нервной системы и его основные этапы

За последние годы получены прямые доказательства участия ранних генов в механизмах обучения и формирования памяти. Ранние гены очень чувствительно реагируют на изменения во внешней среде и являют собой критическое звено в механизме воздействия среды и приобретаемого в результате этого индивидуального опыта над геном нервных клеток. Благодаря ранним генам даже краткие средовые сигналы могут быть преобразованы в каскад продолжительных событий, приводящих к изменениям внутри клеток и к межклеточным взаимодействиям – ранние гены могут участвовать как в закладке нервной системы в эмбриогенезе, так и в ее пластических изменениях после рождения.

Помимо ранних генов, в регуляцию генной активности и межклеточного взаимодействия включены и другие продукты. Одними из них являются гормоны.

Гормоны – биологически активные соединения, которые тоже вполне способны принимать участие в регуляции дифференциации и активности нервных клеток на генетическом уровне. Стероидные гормоны (эстроген, тестостерон, прогестерон и некоторые другие) являются жирорастворимыми молекулами, благодаря чему они могут свободно проникать через клеточные мембраны в цитоплазму и ядро клетки. Для регуляции клеточной активности гормон должен не просто проникнуть внутрь клетки, но еще связаться со специфическим внутриклеточным рецептором. Рецептор представляет собой молекулярный комплекс, имеющий область связывания с ДНК, область связывания с гормоном и область, отвечающую за регуляцию транскрипции. После связывания гормона со своим рецептором результирующий комплекс способен прикрепиться к акцепторным участкам на хроматине и регулировать транскрипцию. Регуляция может выражаться в том, будет ли происходить транскрипция, какова будет ее скорость и с какого участка, или сайта (сайту соответствует участок ДНК, представляющий одну пару нуклеотидов), она начнется. Хотя стероидные гормоны и могут проникать во все клетки, но не все клетки, а только клетки-мишени имеют для них соответствующие рецепторы. Гормоны могут управлять и собственной активностью посредством процессов с обратной связью, которые регулируют число рецепторов в клетках-мишенях в сторону понижения или повышения. На продукцию и секрецию гормонов влияет средовая стимуляция, и поэтому на генетическую активность в клетках-мишенях может влиять средовой опыт, который приводит к изменению содержания гормонов в организме.

То, о чем мы сейчас говорили – аспекты современной молекулярной генетики – показывает, насколько велики возможности регуляции генетической активности [нервных] клеток, причем не только со стороны внутриклеточных агентов, но и таких событий в межклеточных взаимодействиях, которые непосредственно связаны со средой вне организма. Внешние средовые факторы могут влиять на активность ДНК и клетки в целом только через внутреннюю химическую среду организма. Это происходит благодаря существованию специальных, созданных эволюцией приспособлений, которые способны трансформировать факторы внешней среды в биохимические субстанции. Это специальные биологические преобразователи, которые превращают энергию внешней среды в химические компоненты.

Центральная нервная система состоит из огромного числа клеток, отличающихся высочайшей степенью дифференциации по сравнению со всеми другими тканями организма. Эти клетки образуют сложные функционально значимые связи между собой и с остальными органами и тканями. Клетки образуют скопления, популяции, обладающие специфической морфологией и функциями. То есть по мере развития складывается сложнейшая функциональная система организма. И вместе с тем все клетки, составляющие эту систему, обладают одним и тем же набором генов. Эволюционное усложнение мозга не сопровождается скорей всего параллельным усложнением организации генома. Но что позволяет формировать сложнейший орган человека – его мозг? На этот вопрос пытается ответить интенсивно развивающаяся область науки – нейробиология развития, однако пока она еще очень далека от того, чтобы дать полное объяснение процессам морфогенеза нервной системы. Анатомические изменения в нервной системе координированы с подобными изменениями в остальном теле и с появлением функции. В основе развития нервной системы лежат динамические процессы, идущие при участии внутренних и внешних по отношению к нейрону или нейронной популяции событий. События, связанные с развитием отдельной клетки, включают в себя рождение клетки, миграцию, дифференциацию, образование связей и возможную гибель на ранних этапах онтогенеза. Нервная система создается преимущественно в период эмбриональной жизни из клеток с одинаковым генетическим потенциалом, которые делятся, мигрируют, дифференцируются, образуют связи и выживают или погибают в период естественной гибели клеток. Нервная система способна перестраивать связи в течение жизни под влиянием опыта. Синапсы могут исчезать и появляться, а аксоны и дендриты способны образовывать и убирать свои отростки в течение своей жизни. Это следствие пластичности нервной системы. Непрерывно происходящие структурные и функциональные изменения в нервной системе отражают события, происходящие в остальных частях организма и во внешней среде. В результате возникает адаптивное соответствие между нервной системой и другими частями организма, в особенности сенсорной и двигательной системами, через которые осуществляется взаимодействие с внешней средой, поэтому и повреждения мозга, возникающие в ранние периоды онтогенеза, по всей видимости, вызывают изменения, принципиально отличные от тех, что имеют место у взрослых людей. И это отличие обусловлено не просто разным уровнем пластичности – вероятно, это ответ на раннее повреждение, когда может произойти установление необычных нервных связей путем компенсаторного аксонального роста, разрастания дендритов и образования синапсов. В результате происходят изменения в функциональной и структурной организации оставшейся ткани. Происходит как бы формирование нового мозга, обладающего иной функциональной организацией.

Развитие – процесс непрерывный. И рождение, т. е. переход из внутриутробной среды во внеутробную – лишь условная точка отсчета (несмотря на всю радикальность рождения). Непрерывность развития подтверждается тем, что неонатальное поведение (после появления на свет) младенца поначалу во многом напоминает поведение плода внутри матки. Так, например, поза новорожденного

представляет собой продолжение той позы, которая была приобретена в матке в последний триместр беременности. Известно, что движения плода начинаются очень рано. Сердцебиения возникают примерно на 3–4-й неделе после оплодотворения, первые спонтанные движения туловища и конечностей – на 10-й неделе [но мать начинает ощущать их примерно на семь недель позже]. Некоторые особенности двигательной активности являются реакцией на специфику внутриутробной или ранней постнатальной среды. Сенсорная обратная связь от движений, ограниченных маткой, может модифицировать нервную систему и управлять двигательной активностью. Учитывая чувствительность нервной системы к влиянию сенсорного опыта, можно предполагать, что ее модификация (через обратную связь) может вызывать изменения, сохраняющиеся и после рождения. Спонтанная активность плода человека является сложно организованной деятельностью, в которой представлены различные комплексы движений, однако окончательное значение ее не ясно: например, у плодов часто наблюдается сопряженная активность головы и кисти и сосание большого пальца – возможно, это облегчает постнатальную координацию этой деятельности, характерной для младенцев, находящихся в состоянии дискомфорта.

Наблюдаются и эпизодические спонтанные дыхательные движения, которые могут быть важными для адекватной дифференциации ткани легких и правильной иннервации межреберных мышц. Глотательные движения могут служить как для сиюминутных нужд плода, так и в качестве перехода к заглатыванию молока и сосанию. Протекание жидкости через вкусовые и обонятельные рецепторы обеспечивает химические стимулы, которые могут играть важную роль в идентификации пищи. Любопытны и результаты наблюдения за слуховым опытом плода. Слышание голоса матери является обычным ранним опытом плода. Голос легко проникает через ее ткани, к тому же сопровождается кинестетической и тактильной стимуляцией плода в результате движений диафрагмы матери при разговоре. Таким образом, речь родного человека дает плоду слуховой опыт в сочетании с вестибулярной и тактильной стимуляцией. Плод, кстати, особенно восприимчив к тоническим оттенкам речи матери, которые несут информацию и об эмоциональном состоянии. Именно благодаря этим характеристикам двухдневные младенцы способны узнавать голос матери. На слуховую систему плода воздействуют многие звуки, генерируемые матерью – так она обеспечивает плоду разнообразный слуховой опыт, который очень важен для появления многих когнитивных, эмоциональных и социальных способностей новорожденного.

Итак, понятно, что многие поведенческие паттерны закладываются в эмбриональный период и имеют непосредственное отношение к событиям, связанным с внутриутробным опытом плода. Будем считать, что часть поведения плода является адаптацией к внутриутробным условиям, тогда как многие элементы поведения служат подготовительным этапом для дальнейшего развития. Можно сказать, что генотип ребенка (т. е. состав генов) не испытывает влияния таких факторов, как возраст, количество предыдущих родов или состояние здоровья родителей. Наиболее чувствительными к физиологическому состоянию родителей являются два генетических процесса – это мутации и кроссинговер. Но существуют различные мутагенные факторы (радиация, химические агенты), и, если они имели место в период гаметогенеза, оплодотворения и эмбрионального развития, могут возникать различные аномалии, причиной которых являются произошедшие мутации. Не так давно (1984, 1989) в генетике было открыто явление, получившее название генетического импринтинга. Термин, возможно, не совсем удачный, так как он никакого отношения к поведенческому явлению импринтинга не имеет. Генетический импринтинг проявляется в разной экспрессии одного и того же гена в зависимости от того, получен ли этот ген от отца (через спермин) или от матери (через яйцеклетку). Если все хромосомы получены от отца, то возникают аномалии самого эмбриона; если все хромосомы получены от матери, то возникают нарушения в развитии плаценты. Типичным примером генетического импринтинга

является время начала заболевания при хорее Гентингтона: если патологический аллель передан отцом, симптомы болезни появляются в юности, а если матерью, то не ранее 40 лет. Таким образом, гены, находящиеся в хромосомах, несут на себе печать происхождения (из яйцеклетки или из сперматозоида), и для нормального развития нужны не просто нормальные гены, а обязательно гены, полученные от каждого из родителей. Механизм генетического импринтинга неясен. По-видимому, в процессе образования гамет происходит модификация генов, которая идет по-разному при гаметогенезе яйцеклеток и спермы. И эти модификации не передаются через поколения.

Особое место в родительских влияниях на развитие занимает так называемый материнский эффект. Влияние матери на фенотип потомства обнаруживается гораздо чаще, чем влияние отца. Эти влияния связаны с цитоплазматическими эффектами яйцеклетки, внутриутробными событиями и постнатальными влияниями, связанными со вскармливанием и уходом за потомством. Любопытны наблюдения за развитием недоношенных детей, которых после рождения помещали в инкубатор – дети, которых время от времени встряхивали и тормозили, быстрее набирали вес и были выписаны из больниц раньше контрольных. У человека (как и у других млекопитающих) тесная физиологическая близость матери и ребенка возникает в момент зачатия и сохраняется вплоть до отнятия от груди. При этом не только ребенок испытывает влияния со стороны физиологического и психического состояния матери, но и в организме и поведении матери происходят ответные изменения, связанные с вынашиванием, рождением, вскармливанием и воспитанием ребенка. Говорят, что мать и дитя находятся в реципрокных отношениях. Через мать осуществляется регуляция среды плода и новорожденного, которая обеспечивает поддержание систем гомеостаза. Внутриутробная среда поддерживает уровни температуры, кислорода, воды, электролитов и питательных веществ. После рождения наиболее универсальным регулирующим веществом является молоко матери, которое поставляет организму ребенка питательные вещества, электролиты, воду, гормоны и иммунные факторы. Помимо вскармливания с материнским уходом связаны и другие регуляторные процессы – в первые же дни после рождения в результате реципрокных отношений у матери и ребенка устанавливается специфический режим взаимодействия. Мать и дитя приспособляются друг к другу. Такое установление взаимовлияний происходит уже в первые две недели жизни ребенка. Те дети, которые после рождения попадают в больничные условия (особенно если они находятся в инкубаторе, и матери не позволено ухаживать за ребенком), и в этот период не имеют тесных контактов с матерью, могут иметь проблемы в психическом развитии. Этого не происходит в тех случаях, когда мать допускается к уходу за ребенком. То есть нам совершенно ясно: ранние реципрокные взаимодействия матери и ребенка имеют принципиальное значение для адекватного психологического развития ребенка. И вообще системы родительской заботы на ранних этапах развития имеют некоторые стабильные особенности, которые формируют часть негенетической наследственности потомства. Некоторые из них являются видоспецифическими, другие присущи отдельным семьям (традиции, передаваемые из поколения в поколение). Существуют и специфические влияния, связанные с гормональными сдвигами, которые прослеживаются между поколениями. Эти влияния возникают благодаря системе материнских гормонов, которые проникают через плацентарный барьер и оказывают воздействие на развивающийся плод. Социальные средовые факторы, которые приводят к возникновению стресса, бурно переживаемых эмоций, фрустрации, могут влиять на эндокринную систему матери и приводить к изменению пропорций определенных гормонов. Многие из этих гормонов могут проникать через плацентарный барьер в кровеносную систему плода и влиять на нервную и нейроэндокринную систему плода. В результате поведение новорожденного и его дальнейшее развитие могут отражать последствия тех социальных средовых влияний, которые испытывала мать в период беременности. Есть основания полагать, что стрессогенные факторы и недостаточное питание в пренатальный и постнатальный

период могут отрицательным образом сказываться на развитии ребенка, и если это девочка, то необратимые изменения, происходящие в организме в период раннего онтогенеза, могут неблагоприятным образом повлиять на ее потомство, даже если в последующие периоды среда будет благополучной.

О том, что существует поразительное несоответствие между относительно небольшим количеством генов в клеточном ядре и колоссальным разнообразием клеточных элементов в нервной системе, было уже сказано. В гистологических исследованиях мозга человека наряду со сходством основных принципов клеточного строения (видоспецифических особенностей) наблюдается значительная межиндивидуальная вариабельность. Но, чтобы, например, сравнить морфологическое строение нервных клеток у близнецов, необходимо в коре мозга каждого из них отыскать идентичные по своему происхождению клетки и сравнить их фенотипы, т. е. детали строения – форму тела, характер отростков, количество синапсов и т. д. – такая процедура, конечно, практически неосуществима для человека. Но у нас сейчас есть теория эпигенеза. Развитие не является прямым следствием развертывания генетической программы. Процессы взаимодействия различных субстанций внутри и вне клетки сложны и неоднозначны, тесно связаны со всеми событиями, которые происходят внутри и вне организма – отсюда и трудность понимания того, что в последовательности нуклеотидов могла бы быть записана вся программа развития. Эпигенез представляет развитие как системный динамический процесс, в котором гены могут играть роль своеобразных триггеров (своего рода спусковых крючков) в процессах дифференцировки клеток, направляющих развитие клеток по тому или иному пути, но при этом существует множество негенетических факторов (клеточное окружение, поступление различных сигналов от других клеточных систем и из внешней среды, различные случайности развития и т. д.), которые модифицируют развитие.

Скажем, мутация альбинизма, генетика которой хорошо изучена: частота встречаемости этой мутации составляет один на 17 000 человек. Болезнь передается как рецессивный признак по простым законам Менделя. Мутация приводит к потере кожного пигмента меланина и, казалось бы, не должна затрагивать нервную систему. Однако тщательные анатомические исследования показывают, что у альбиносов имеются сильные изменения в строении латерального коленчатого тела и зрительного нерва. Здесь мы имеем дело с типичным плеiotропным эффектом действия гена. Мутации, затрагивающие центральную нервную систему, чаще всего плеiotропны. Альбинизм – одна из них. Мы знаем, что альбиносы имеют красные глаза. Объясняется это тем, что сетчатка не содержит пигмента меланина, так же, как и прочие клетки. Слой пигментных клеток в сетчатке появляется на ранних стадиях развития эмбриона, когда нейроны сетчатки еще продолжают делиться, а зрительный нерв еще не начал формироваться. В этот период эмбриональные нейроны сетчатки и пигментные клетки тесно соприкасаются. Вполне вероятно, что между этими слоями клеток происходит обмен сигналами. При этом, если пигмент присутствует, нейроны посылают свои аксоны в правильном направлении, и происходит нормальное формирование всего зрительного пути. Если пигмента нет, нервные волокна в зрительном нерве теряют упорядоченную организацию, беспорядочно перемешиваются и не дают того характерного перекреста, который существует в зрительном пути – происходит реорганизация латерального коленчатого ядра и всего зрительного пути вплоть до коры мозга. Таким образом, в данной эмбриональной системе нарушение взаимодействия между двумя элементами в сети клеточных взаимодействий вызывает целый каскад изменений, затрагивающих другие элементы системы. В этом проявляется плеiotропный эффект мутаций и вообще эффект единичного гена в развивающейся системе.

Одним из важнейших этапов морфогенеза нервной системы является установление функциональных связей между клетками (как между самими нейронами, так и между

нейронами и клетками тех органов и тканей, которые они иннервируют). От характера нейронных сетей во многом будет зависеть и поведение индивида.

Одной из наиболее известных теорий эпигенеза нервных связей является теория селективной стабилизации синапсов Ж.-П. Шанже (1997).

Согласно его теории, сохранение основных принципов организации центральной нервной системы из поколения в поколение, т. е. сохранение видоспецифических характеристик, обеспечивается набором генов, которые контролируют деление, миграцию и дифференциацию нервных клеток; поведение конуса роста; взаимное узнавание клеточных категорий; образование широко распространенных связей и начало спонтанной активности. Фенотипическая вариабельность, характерная даже для генетически идентичных организмов, особенно у высших форм млекопитающих, включая человека, возникает в процессе развития. Как только эмбриональные нейроны заканчивают процесс деления, начинается бурный и избыточный рост нейритов (аксонов и дендритов) и их активное ветвление. На этой критической стадии наблюдается максимум избыточности и разнообразия связей, устанавливаемых в образующихся нейронных сетях. Эта избыточность является временной. Вскоре вступают в силу обратные процессы: начинается гибель нейронов, значительная часть нервных отростков исчезает, исчезают и многие до того активные синапсы. Импульсы начинают циркулировать в развивающихся нервных сетях очень рано, с началом их формирования. Сначала они возникают спонтанно, но затем могут быть вызваны взаимодействием растущего организма со средой. В тот период, когда наблюдается максимальная избыточность, эмбриональные синапсы могут существовать в трех состояниях: лабильном, стабильном порождающемся. Нервные импульсы передаются только двумя первыми типами синапсов. Синапсы могут переходить из одного состояния в другое. Если лабильный синапс переходит из лабильного состояния в стабильное, то этот процесс называется стабилизацией. Лабильный синапс может дегенерировать (регрессия), а стабильный вновь стать лабильным (лабилизация). По мере созревания в процессе формирования функциональных систем организма происходит постоянное взаимодействие между всеми элементами системы и внешней средой. В результате функционально значимые связи остаются, происходит стабилизация синапсов, остальные (избыточные) связи исчезают. Процессы регрессии, избыточности являются типичными для всех уровней развития нервной системы, в том числе и поведенческого. Ж.-П. Шанже предположил, что процессы избирательной элиминации (гибели отдельных особей или целых групп организмов (популяций, видов) в результате различных естественных причин) на основе изначальной избыточности лежат в основе обучения. В качестве примеров на поведенческом уровне он приводит процессы становления речи. В доречевой период ребенок продуцирует значительное количество самых разнообразных звуков, из которых только немногие представлены в речи взрослого. Отсюда: основы фенотипической вариабельности закладываются изначальное, благодаря существованию механизмов, создающих избыточность в нервной системе (деление, миграция, дифференцировка, избыточный рост и ветвление нейритов). Последующие процессы регрессии и селективной стабилизации зависят от множества случайных событий развития, от опыта конкретного индивида, который не может быть абсолютно идентичным даже для изогенных организмов. В результате конечный фенотип будет определяться в значительной степени процессами взаимодействия элементов системы с различными факторами, находящимися как внутри, так и вне ее, т. е. будет зависеть от всей истории развития индивида.

5. Вариабельность феноменов развития зависит от многих причин. Наследственность имеет тенденцию уменьшать вариабельность развития, тогда как условия, не связанные с наследственностью, имеют тенденцию ее повышать. Иногда выделяются случайные факторы, которые влияют на вариабельность развития:

- случайности в подборе родительских пар, гены которых слагают генотип

индивида;

- случайности эпигенетических (т. е. внешних по отношению к генотипу) процессов в пределах индивидуального онтогенеза;
- случайности материнской среды, в которой развивается индивид;
- случайности нематеринской среды, в которой развивается индивид.

Хотя это и случайные события – все они имеют элемент наследственности. Генотип наследуется от родителей, у потомка с родителями имеются общие гены, которые влияют на ход индивидуального развития. Эпигенетические процессы внутри организма представляют собой влияния других клеток или их продуктов на активность генотипа данной клетки. Поскольку все клетки организма имеют один и тот же генотип, естественно, что эпигенетические влияния связаны с наследственностью. Однако эпигенетические процессы являются стохастическими (здесь – случайными), открытыми влиянию факторов среды организма и, следовательно, любым историческим случайностям. Вот: материнская среда млекопитающих является очень важным элементом внешней среды. Матери обеспечивают внутриутробную и постнатальную (уход за младенцем и воспитание) среду ребенка – на эти условия действует генотип матери. Частично гены матери являются общими с потомком, поэтому материнская среда может наследоваться, но и она чувствительна к историческим случайностям. Нематеринские средовые эффекты тоже влияют на вариабельность развития – факторы, которые выбираются самим индивидом или формируются окружающими людьми, в том числе родственниками, с которыми имеются общие гены. Поэтому и эти средовые эффекты в какой-то мере также находятся не только под влиянием случайных средовых событий, но и под влиянием генов, и также наследуются (генотип-средовая ковариация). Таким образом, во всех описанных элементах внешней по отношению к данному индивиду среды имеются механизмы для наследования как генетического, так и негенетического (различные традиции и т. п.). Конечно, как мы знаем, на развитие действуют и ненаследуемые факторы – те особенности среды, которые не связаны с изменениями, вызываемыми самим развивающимся индивидом или его родственным окружением. Они могут быть как случайными, так и закономерными (смена дня и ночи, смена времен года, гравитация, температура, давление). Ненаследуемые факторы присутствуют также и в материнской, и в другой социальной среде (качество питания матери, уровень стресса матери, число и пол сиблингов и др.). Случайно или систематически изменяющиеся средовые события способствуют вариативности развития. Все внешние по отношению к генам события, которые имеют место в процессе онтогенеза, в совокупности с генетическими факторами создают тот фон, на котором протекает развитие. Благодаря воздействию огромного разнообразия закономерных и случайных событий в онтогенезе, развивающиеся системы могут организовываться и реорганизовываться. Гены делают развитие возможным (но и другие компоненты, влияющие на развитие системы, являются не менее важными участниками процесса развития).

Охарактеризовать индивидуальные особенности человека, описав все характерные черты его фенотипа (биохимические, морфологические, физиологические, поведенческие), раз и навсегда нельзя – нет ни одной системы организма, которая не находилась бы на протяжении жизни в процессе постоянного развития и обновления. Это относится ко всем уровням функционирования, начиная с генного и кончая поведенческим. Каждый индивид в любой конкретный момент его жизни представляет собой результат всех событий, происходивших в истории его развития. Лишь проследив и описав историю всех изменений, произошедших в организме человека и в его поведении в течение всей его жизни, можно получить достаточно полное описание данного индивида. Все изменения, происходящие в процессе развития, зависят от текущего состояния организма и условий среды, в которых он находится. Невозможно предсказать, каким будет организм в определенный момент времени, зная лишь одну переменную (скажем, параметры среды), необходимо иметь сведения и о второй переменной (состояние систем

организма). Отсюда — одно и то же средовое воздействие может вызвать разные последствия в зависимости от стадии онтогенеза, на которой оно было осуществлено. Известно, например, что алкоголь и некоторые лекарственные препараты, действующие на человеческий плод на ранних этапах развития, могут привести к тяжелым и необратимым последствиям, тогда как для взрослого организма они относительно безопасны. Кроме того, важным следствием историзма развития является то, что реакция на воздействие конкретной среды в каждый конкретный момент времени определяется не просто текущим состоянием индивида, но зависит от истории всех средовых воздействий, которым индивид подвергался на протяжении предыдущего периода. Каждое новое средовое воздействие накладывается не на чистый генотип, а на результат предыдущих взаимодействий, которые уже «прописаны» во всех системах организма. Развитие зависит не просто от условий среды, а от истории смены этих условий. В этом суть детерминированности сегодняшнего состояния организма и его возможного будущего прошлым опытом. Информация о прошлом опыте может храниться в различных системах «памяти» организма (на уровне генов, на уровне иммунной системы, в памяти нервной системы).