Контрольная работа

Психогенетика мозга

Содержание

1. Психогенетические исследования биоэлектрической активности мозга человека

. Психогенетические исследования вызванных потенциалов

Литература

1. Психогенетические исследования биоэлектрической активности мозга человека

Индивидуальные паттерны ЭЭГ являются высоко наследственно обусловленными, что было показано в работах как отечественных, так и зарубежных авторов.

Фенотипические различия в объеме мозга, по-видимому, в значительной степени связаны с генотипической вариативностью. Об этом свидетельствует исследование, выполненное недавно в Нидерландах (Baare W.F.C. et al., 2001). Исследовались близнецы и их сибсы - 54 пары МЗ и 58 пар ДЗ близнецов, а также их 34 сибса. Был применен метод магнитно-резонансного сканирования мозга (MRI) с высокой разрешающей способностью. Это первое исследование такого рода, выполненное на должном методическом уровне. Ранее проводились либо исследования посмертного материала на очень небольших выборках, либо применялись методы компьютерной томографии и MRI in vivo лишь на группах МЗ близнецов (без контрольной группы ДЗ), что не позволяло разделить наследственные и средовые компоненты наблюдаемого сходства. Для количественной оценки вклада наследственных и средовых компонентов в вариативность таких показателей, как общий объем мозга, объем серого и белого вещества и некоторых других характеристик, в нидерландском исследовании были применены методы структурного моделирования. Результаты показали, что вклад аддитивного генетического компонента в вариативность характеристик объема и размеров мозга очень высок и составляет от 82 до 90%. Остальная вариативность возникает за счет индивидуальной среды. Роль общей среды оказалась незначимой. Единственным показателем, который описывался чисто средовой моделью, оказался объем латерального желудочка мозга (58% составил вклад общей среды и 42% - вклад индивидуальной среды). Авторы считают, что параметры объема мозга можно рассматривать как промежуточный фенотип между генами и поведением в психогенетических исследованиях.

Помимо морфологического разнообразия наблюдается значительная вариативность и в функционировании мозга человека, что проявляется в специфике биоэлектрической активности. Наиболее распространенными методами исследования биоэлектрической активности мозга являются регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и связанных с событиями потенциалов мозга, или вызванных потенциалов (слуховых, зрительных, соматосенсорных и связанных с движениями). Как ЭЭГ, так и вызванные потенциалы (ВП) характеризуются своеобразным рисунком, отличающимся у разных индивидов, но, в то же время, сохраняющим индивидуальную специфику, что выявляется при повторной регистрации этих видов активности у одних и тех же людей. Такие особенности биоэлектрических паттернов мозга позволили предположить, что в индивидуальных особенностях функционирования мозга проявляются наследственные черты.

Методы регистрации ЭЭГ и ВП начали применяться достаточно давно - еще в первой половине ХХ в. В 1929 г. Г. Бергер зарегистрировал волновую активность мозга у человека. Достаточно регулярные волны с частотой около 10 колебаний в секунду, доминирующие в ЭЭГ большинства людей в состоянии покоя, были названы им "альфа-ритмом" (ритм Бергера). В 1939 г. Дэвис, регистрируя ЭЭГ, обнаружил большую негативную волну, появляющуюся через 100-200 мс после подачи звукового стимула. С тех пор методы регистрации ЭЭГ и ВП мозга стали неотъемлемой частью нейрофизиологических исследований. (Более подробно с этими методами можно познакомиться в руководствах по нейро- и психофизиологии) Примерно в те же годы возник вопрос о происхождении устойчивых индивидуальных различий в биоэлектрической активности мозга. Можно было предположить, что различные индивидуальные варианты паттернов ЭЭГ и ВП имеют наследственную природу. Чтобы проверить это предположение, исследователи обратились к методу близнецов.

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) - есть результат регистрации разности электрических потенциалов между различными точками кожного покрова головы. Она представляет собой сумму ритмических колебаний различной частоты. В зависимости от частоты выделяют различные ритмические составляющие ЭЭГ: дельта-волны с частотой до 4 Гц, тета-волны с частотой 4-8 Гц, альфа-волны с частотой 8-13 Гц, бета-волны с частотой 15-50 Гц. В состоянии покоя в темноте с закрытыми глазами в ЭЭГ человека, как правило, преобладают альфа-волны, хотя встречаются индивиды, у которых альфа-ритм почти не регистрируется.

Общий рисунок, или паттерн, ЭЭГ каждого человека индивидуально специфичен. Его индивидуально-специфический характер, сложившись к 15-18 годам, сохраняется на протяжении длительного периода жизни, почти не меняясь. Эта особенность ЭЭГ побудила исследователей уже на первых этапах развития электроэнцефалографии искать наследственные причины наблюдающихся индивидуальных различий. Первое такое исследование было выполнено на 8 парах МЗ близнецов в 1936 г. (Davis H., Davis P., 1936). Авторы отметили поразительное сходство рисунков ЭЭГ у идентичных близнецов. Казалось, что у МЗ близнецов энцефалограммы отличаются не более чем у одного человека. Даже у МЗ близнецов, разлученных с самого раннего детства, паттерны ЭЭГ были удивительно похожими (Juel-Nielsen N., Harvald B., 1958). ЭЭГ-паттерн, как одна из надежных характеристик фенотипа, может быть использован для определения зиготности близнецов. Генетические исследования ЭЭГ можно проводить, используя два разных подхода. Первый из них предполагает работу с целостным паттерном ЭЭГ. В этом случае ЭЭГ выступает как качественный признак. Сходство родственников при этом оценивается по принципу конкордантности. Исследователи пользуются при этом так называемым методом "слепой классификации". Это напоминает игру в парные картинки. После регистрации ЭЭГ у группы родственников (например, близнецов) приглашается независимый эксперт, который получает в свое распоряжение множество анонимных записей биоэлектрической активности. Его задача - подобрать пары по принципу сходства общего рисунка ЭЭГ. Те "картинки", которые он сочтет сходными, будут означать конкордантные пары, остальные - дискордантные. Таким способом выполнялись первые исследования. Наиболее последовательно это направление представлено в работах Ф. Фогеля и его коллег (Vogel F., 1970; Vogel F. et al., 1979). На этих исследованиях стоит остановиться подробнее.

Для выяснения роли наследственности в вариативности ЭЭГ авторы пользовались близнецовым, семейным и популяционным методами. На больших контингентах испытуемых было выявлено 6 своеобразных паттернов ЭЭГ, которые довольно редко встречаются в популяции (до 5 %). При исследовании более 200 семей пробандов, т.е. лиц, обладающих этими вариантами ЭЭГ, оказалось, что почти все эти ЭЭГ-паттерны наследуются по аутосомно-доминантному типу. Три из них были впоследствии внесены в каталог "Наследственные признаки человека".

Таблица 1. Наследуемые ЭЭГ-варианты по Фогелю

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Варианты ЭЭГ | Количество сибсов | Частота встречаемости в популяции (%) | Типы наследования |
| Низковольтная Низковольтная (пограничный вариант) | 117 | 4,2-4,62,1-2,3 | Аутосомно-доминантный. |
| Затылочные медленные бета-волны | 94 | 0,4-0,6 | В основном аутосомно-доминантный |
| Монотонные альфа волны | 87 | 3,8-4,3 | В основном аутосомно-доминантный. |
| Фронто-прецентальные бета-группы | 65 | 0,4-1,5 | Аутосомно-доминантный. |
| Диффузные бета-волны | 103 | 3,3-4,0 | Полигенный (с пороговым эффектом); у женщин более обычен, чем у мужчин; частота встречаемости увеличивается с возрастом |

Еще одним интересным моментом в исследованиях Ф. Фогеля является сопоставление психологических типов пробандов, обладающих описанными вариантами ЭЭГ. Психологическое обследование пробандов включало стандартные тесты, измеряющие интеллект, концентрацию внимания, особенности сенсорной и моторной сферы, а также стандартные личностные опросники. В дальнейших исследованиях пробандов, обладающих этими крайними вариантами ЭЭГ (Vogel F., Propping, 1981), были получены доказательства существования и биохимических различий. Изучалась активность фермента допамин-бета-гидроксилазы (ДБГ), причастного к синтезу одного из переносчиков нервного возбуждения в нервной системе. Средняя активность ДБГ у обладателей монотонных альфа-волн была почти вдвое выше, чем у обладателей противоположного типа (низковольтной ЭЭГ). Таким образом, наследственные различия в ЭЭГ оказались связанными и с различиями более высокого уровня (психологическими), и с различиями в биохимических процессах, которые ближе всего отстоят от уровня действия генов. Исследования такого рода демонстрируют важность изучения наследуемости не только психологических характеристик, но и сопоставления их с психофизиологическими и биохимическими показателями, являющимися промежуточными характеристиками фенотипа на пути от гена к поведению.

Рассматривать ЭЭГ как качественный признак, естественно, можно, но вряд ли это достаточно перспективно, поскольку между выделенными Ф. Фогелем крайними вариантами паттернов существует множество переходных, не поддающихся четкой классификации. Случай с наследованием паттернов ЭЭГ является, по-видимому, довольно типичным для генетики поведения явлением. Сложный мультифакториальный признак варьирует столь значительно, что его можно рассматривать как результат проявления различных сочетаний множества генов. Возможно, существуют главные гены, определяющие какие-то крайние варианты признака, и тогда индивиды, у которых модифицирующие влияния других генов выражены слабее, будут демонстрировать наследование по Менделю, тогда как в остальных случаях мы будем иметь более сложное наследование. Ряд наследственных мультифакториальных заболеваний демонстрируют похожую картину. Например, для болезни Альцгеймера с ранним началом заболевания уже удалось обнаружить главные гены-кандидаты, тогда как все другие варианты заболевания пока еще исследуются.

Исследования Ф. Фогеля представляют один из подходов к изучению генетики ЭЭГ. Здесь ЭЭГ рассматривается как качественный признак. Второй, более распространенный, подход связан с представлением ЭЭГ в виде ряда количественных показателей. В зависимости от своих возможностей исследователи измеряют различные параметры - частоты и амплитуды отдельных ритмических составляющих, спектральные характеристики, латентные периоды реакций, параметры синхронности ритмов в отдельных областях регистрации и т.д.

Познакомиться с методами количественного анализа ЭЭГ можно в специальных руководствах по электроэнцефалографии. Набор таких количественных показателей характеризует каждую конкретную энцефалограмму. Соответственно, по каждому из параметров можно сравнивать родственников (близнецов, сибсов) и получать корреляции и оценки наследуемости. Задача изучения наследственности ЭЭГ напоминает задачу изучения наследственности почерка человека. Можно сопоставлять почерки на глаз, делая субъективные заключения о конкордантности и дискордантности родственников, а можно подойти более научно: разработать систему количественных оценок и проводить, например, измерения размеров букв, их наклона, количества букв в строке, расстояния между строками и т.д. В этом случае почерк каждого человека будет представлен в виде ряда количественных характеристик, по которым можно проводить сравнение родственников. Большинство исследователей, изучающих наследственность ЭЭГ, используют именно такой количественный подход. Кстати, в работах Ф. Фогеля такой способ оценки также представлен. Вклад общей среды (VC) имеет место только в отведениях ЭЭГ с височных, теменных и центральных отделов мозга, во всех отведениях наблюдается больший или меньший вклад различающейся среды (VW).

Таблица 2. Коэффициенты внутриклассовой корреляции и разложение (в %) фенотипической дисперсии амплитуды альфа-ритма

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отведения | rМЗ | rДЗ | VA | VD | VW | VC | x2 | p |
| T4 | 0,85 | 0,44 | 78 | - | 15 | 7 | 6,8 | <0,01 |
| T3 | 0,64 | 0,50 | 57 | - | 19 | 24 | 1,11 | 0,25-0,50 |
| F4 | 0,95 | 0,45 | 95 | - | 5 | - | 4,06 | 0,10-0,20 |
| F3 | 0,96 | 0,39 | 96 | - | 4 | - | 3,1 | 0,10-0,25 |
| P4 | 0,92 | 0,61 | 60 | - | 7,5 | 32,5 | 0,62 | 0,25-0,50 |
| P3 | 0,95 | 0,51 | 85 | - | 4,5 | 10,5 | 0,91 | 0,25-0,50 |
| O2 | 0,96 | 0,33 | 95 | - | 5 | - | 1,94 | 0,25-0,50 |
| O1 | 0,97 | 0,34 | 96 | - | 4 | - | 3,40 | 0,1-0,25 |
| C4 | 0,88 | 0,49 | 60 | - | 19 | 21 | 0,98 | 0,25-0,50 |
| C3 | 0,82 | 0,40 | 82 | - | 16,5 | 1,5 | 0,56 | 0,25-0,50 |

Исследователи из Нидерландов (Beijsterveldt van C.E.M., Baal van G.C.M., 2002) подвели итог результатам работ по генетике ЭЭГ, выполненных в разные годы в различных странах. Во всех этих работах (всего их более 40) использовался количественный подход к анализу ЭЭГ (в основном спектральный анализ). Подавляющее большинство исследований, вошедших в обзор, были выполнены методом близнецов, хотя представлен и семейный метод. Авторами была применена процедура мета-анализа. Мета-анализ - это метод статистического анализа, позволяющий объединять результаты многочисленных самостоятельных исследований. Исходя из результатов 11 близнецовых исследований, выполненных в разных странах, авторы подсчитали, что в среднем показатель наследуемости спектральной мощности альфа-ритма составляет 79%. Это весьма высокий показатель. Для частоты альфа-ритма по результатам 5 близнецовых исследований "мета" -наследуемость частоты альфа-ритма оказалась также чрезвычайно высокой - 81%. Исследования наследуемости электроэнцефалограммы представляют интерес как своеобразный промежуточный этап к познанию механизмов наследуемости психологических признаков и различных психических заболеваний. Благодаря высокой наследуемости ЭЭГ может рассматриваться как один из перспективных маркеров для проведения анализа сцепления и анализа ассоциаций при изучении поведенческих фенотипов более высокого уровня.

В настоящее время уже удалось локализовать ген, ответственный за низкоамплитудный вариант ЭЭГ. Он оказался связан с маркером дистальной части длинного плеча хромосомы 20.

Общий рисунок или паттерн ЭЭГ каждого человека обладает индивидуальной специфичностью и после достижения зрелости практически не меняется, данное обстоятельство побудило исследователей искать наследственные причины наблюдающихся индивидуальных различий.

Ф. Фогель и его коллеги выявили шесть своеобразных паттернов ЭЭГ, редко встречающихся в популяции (до 5%). Оказалось, что эти ЭЭГ-паттерны наследуются по аутосомно-доминантному типу. В работах Ф. Фогеля проводилось сопоставление психологических типов пробандов, обладающих описанными вариантами ЭЭГ. Психологическое обследование пробандов включало тесты на интеллект, концентрацию внимания, особенности сенсорной и моторной сферы, а также стандартные личностные опросники. Было установлено, например, что для паттерна ЭЭГ, названного «монотонные альфа-волны» характерны такие психологические особенности, как активность, стеничность, эмоциональная стабильность, хороший самоконтроль и устойчивость к стрессу, высокая концентрация внимания, кратковременная память выше среднего и невысокая скорость работы. Исследователи предположили, что нейрофизиологической основой перечисленных психологических особенностей является возможность значительной модуляции и селективного усиления афферентных стимулов благодаря особой регулярности альфа-ритма. Для «низковольтного» паттерна ЭЭГ характерны расслабленность и беззаботность, экстраверсия, ориентация на группу, малоинициативность, общий интеллект и пространственные способности выше среднего, низкая концентрация внимания. Нейрофизиологически такой паттерн ЭЭГ, по предположению Ф. Фогеля, связан со слабой модуляцией и селективным усилением афферентных стимулов.В исследованиях пробандов, обладающих данными вариантами ЭЭГ, были получены доказательства существования и биохимических различий. Изучалась активность фермента допамин-бета-гидроксилазы (ДБГ), причастного к синтезу одного из переносчиков нервного возбуждения в нервной системе. Средняя активность ДБГ у людей с преобладанием монотонных альфа-волн была почти вдвое выше, чем с низковольтной ЭЭГ. Вклад общей среды (c²) имеет место только в отведениях ЭЭГ височных, теменных и центральных отделов мозга, во всех отведениях наблюдается больший или меньший вклад различающейся среды (e²).

Исследователи из Нидерландов (C. van Beijsterveldt, G. van Baal, 2002) подвели итог результатам работ по генетике ЭЭГ, выполненных в разные годы в различных странах. Во всех этих работах (всего их более 40) использовался количественный подход к анализу ЭЭГ (в основном спектральный анализ). Показатель наследуемости спектральной мощности альфа-ритма составляет 79%. Наследуемость частоты альфа-ритма - 81%.

Влияние наследственности и среды на электроэнцефалограмму в ситуации визуального внимания и при закрытых глазах у близнецов изучалось, в частности в работе E.V. Orekhova, T. Stroganova, I.N. Posikera.

В исследовании ЭЭГ у близнецов, проведенном Т.А. Мешковой, были обнаружены межполушарные различия в коэффициентах наследуемости, особенно выраженные в височных зонах коры. Коэффициенты наследуемости количественных параметров ЭЭГ оказались заметно более низкими в левом височном отведении по сравнению с правым. Интерпретация полученных фактов связывается с тем, что речевые функции и моторика ведущей руки, локализация которых у большинства людей связана с левым полушарием, являются филогенетически молодыми функциями, а значит, меньше наследственно обусловлены, чем, например, зрительная функция. Средовые воздействия, испытываемые в онтогенезе, могут оказывать большее влияние на структуры левого полушария, поскольку в процессе развития ребенка происходит интенсивное становление речи и праворукости.

В обзорном исследовании, выполненном в Нидерландах (van Beijsterveldt C., van Baal G., 2002), помимо данных по ЭЭГ, авторы обобщили результаты генетических исследований вызванных потенциалов. Наследуемость Р300 (по результатам пяти близнецовых исследований) оказалась равной в среднем 60% для амплитуды и 51% - для латентности.

Топографические различия в коэффициентах наследуемости ВП были продемонстрированы в работе О'Коннера с соавторами. Схема эксперимента строилась по oddball-парадигме.

В исследование зрительных ВП, проведенном на взрослых близнецах Т.М. Марютиной, использовалось семь вариантов зрительных стимулов: вспышка, симметричная геометрическая фигура, комбинация букв «ДМО», хаотический набор элементов, из которых складывалось изображение дома, слово «ДОМ», рисунок дома, шахматное поле. Максимум наследственных влияний обнаружился в реакциях на вспышку и шахматное поле (60 и 62% соответственно), минимум - в ответах на семантические стимулы (рисунок дома и слово «ДОМ» - 31 и 29%). При разложении фенотипической дисперсии на наследственные и средовые компоненты, оказалось, что в реакциях на семантические стимулы значительный вклад в изменчивость вносит общая среда.

С.Б. Малых осуществлял регистрацию у близнецов потенциалов мозга, связанных с движением (ПМСД), в трех экспериментальных ситуациях. В первой ситуации от обследуемого требовалось нажимать на кнопку в произвольном порядке. Во второй и третьей ситуациях нажатием на кнопку обследуемый сообщал о прогнозируемом событии. Сигналами служили звуки, подаваемые в наушники справа и слева, с разной вероятностью (1,0 и 0,5). Обследуемый нажатием на кнопку должен был предсказывать появление очередного звука в правом или левом наушнике. Регистрировались ПМСД, сопутствующие нажатию на кнопку. Оказалось, что вклад наследственных и средовых компонентов в вариативность показателей ПМСД, зарегистрированных в ответ на однотипное движение (нажатие на кнопку) существенно различается в зависимости от ситуации эксперимента. Чаще всего влияние генотипа обнаруживалось в ситуации прогноза равновероятностных событий (54% всех анализируемых показателей) и реже всего - при простых произвольных движениях (20% показателей). При произвольном нажатии на кнопку движение являлось целью деятельности обследуемого, а в ситуации прогноза целью был сам прогноз, а то же самое движение служило лишь средством для осуществления этой цели.

Зависимость между альфа-ритмом и IQ рассматривалась в работе Д. Посдума и др., в которой участвовали близнецы из Нидерландского близнецового регистра, а также их сиблинги. Все обследуемые были разделены на две возрастные группы: младшая возрастная группа (средний возраст 26,2 года) и старшая возрастная группа (средний возраст 50,4 лет). IQ тестировался с помощью датской адаптации теста WAISIII-R (WAISIII, 1997). В исследовании были получены показатели внутриклассовых корреляций по параметрам индивидуального альфа-ритма, вербального понимания, рабочей памяти, скорости мыслительных процессов, перцептивной организации. В таблице 1 приведены значения коэффициентов внутриклассовой корреляции у МЗ и ДЗ близнецов.

Таблица 3. Корреляции у близнецов по параметрам альфа-ритма и показателями IQ (Д. Посдума и др., 2011)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Средний возраст | | Альфа-ритм | Вербальное понимание | Рабочая память | Скорость мыслительных процессов | Перцептивная организация |
| 26 лет | МЗ ДЗ | 0,73 0,26 | 0,84 0,46 | 0,70 0,16 | 0,62 0,24 | 0,69 0,34 |
| 50 лет | МЗ ДЗ | 0,83 0,17 | 0,82 0,45 | 0,67 0,34 | 0,70 0,23 | 0,69 0,25 |

Согласно полученным в этом исследовании психогенетическим данным в младшей возрастной группе 71% общей вариативности по альфа-ритму обусловлено наследственными влияниями, а в старшей возрастной группе - 83%. Для вербального интеллекта показатель наследственной обусловленности остается стабильным с возрастом - 74%. В данной работе была показана высокая наследственная обусловленность как индивидуальных различий по альфа-ритму, так и вербального интеллекта.

Анализ биоэлектрических характеристик мозга показал, что для 5-летнего возраста корреляция между когерентностью тета-ритма во фронтальных отведениях и вербальным IQ равна 0,13 и полностью объясняется общими генетическими факторами, влияющими на оба признака. Для 7-летнего возраста были найдены значимые корреляции между когерентностью фронтального тета-ритма и вербальным IQ (0,13), когерентностью тета-ритма фронтальных отделов и невербальным IQ (0,10). Данные корреляции полностью определяются генетическими влияниями.

Проведенные лонгитюдные исследования по нахождению генетических и средовых влияний на кортико-кортикальные связи показали, что для коротких и длинных связей внутриполушарной когерентности, значительная часть изменений объясняется генетическими влияниями. Среднее значение наследуемости всех кортико-кортикальных связей составило 49% для группы 5-летних близнецов (van Baal et al., 1998). В другом исследовании 5-летних и 7-летних близнецов были обнаружены следующие показатели наследуемости когерентности ЭЭГ. Так, в возрасте пяти лет наблюдается среднее значение наследуемости 61% для левого полушария и 49% для правого; в возрасте семи лет - 59% для левого и 62% для правого полушария. Данные результаты объясняются тем, что генетические воздействия на когерентность могут принимать различные формы. Так, генетические факторы могут влиять посредством воздействия на диаметр аксона, плотность ионного канала и миелинизацию, или посредством белков, влияющих на различные составляющие синаптических связей, таких как синаптогенез.

Многомерный анализ, проведенный L.A. Baker, P.A. Vernon, H-Z. Ho, позволил установить наличие общей генетической основы в индивидуальных особенностях сенсомоторных реакций, параметрах биоэлектрической активности мозга и интеллекте. Показатель наследуемости общего фактора скорости реакции, основанного на тестировании по восьми тестам времени реакции, равен 49%. Оказалось также, что по тестам на скорость реакции, в выполнении которых участвуют более сложные интеллектуальные операции, показатель наследуемости выше. Двумерный анализ этих данных и данных по интеллекту показал, что фенотипические корреляции как вербального, так и невербального интеллекта с общей скоростью реакции составили 0,59, при этом они целиком опосредовались генетическими факторами. Генетические корреляции составили 0,92 и 1,00.

В исследованиях, проведенных М. Лучиано с соавторами и Д. Постдума с соавторами изучалось, чем опосредуется отношение между временем распознавания и интеллектом - общими генетическими или общими средовыми факторами. Данные, полученные на выборке из 166 монозиготных и 190 дизиготных пар близнецов М. Лучиано и соавторами [387; 389], свидетельствуют о высокой наследуемости времени распознава-ния (79-90%) и интеллекта (89%), фенотипические корреляции находятся в пределах от 0,31 до 0,56, а генотипические корреляции - от 0,45 до 0,70. Таким образом, общие генетические влияния объясняют около 70% наблюдаемой фенотипической корреляции между временем распознавания и IQ. В целом исследования показали, что существует устойчивая и воспроизводимая связь между временем распознавания и интеллектом. Межиндивидуальная изменчивость по времени распознавания объясняет около 10-30% изменчивости по тестам интеллекта и 65-100% этой ковариации объясняется скрытыми общими генетическими механизмами. М. Лучиано и соавторы получили показатель наследуемости времени распознавания, равный 36%. Корреляция времени распознавания с невербальным интеллектом составляет 0,35, с вербальным - -0,26. Генетическая корреляция между временем распозавания и невербальным IQ составила 0,65, а между временем распознавания и вербальным IQ -0,47.

В работе Д. Постдума и соавторов был получен более высокий показатель наследуемости времени распознавания, составляющий 46%. Корреляция времени распознавания с невербальным IQ составила 0,35, а с вербальным - -0,26. Генетическая корреляция между временем распозавания и невербальным IQ составила 0,47, а с вербальным IQ 0,31. Генетические факторы, связанные с временем распознавания, объясняют, таким образом, от 10 до 42% генетической вариативности IQ.

Дж. Кранцлер и А. Дженсен провели анализ большинства исследований, проведенных до 1989 года, в которых изучались связи между временем распознавания и интеллектом; было показано, что корреляция между временем распознавания и интеллектом составляет около 0,5. Чем меньше времени необходимо человеку для точного распознавания простого стимула, тем выше его интеллект. I. Deary и C. Stough указывают, что время распознавания объясняет около 20% фенотипической вариативности интеллекта. Время распознавания считается характеристикой процесса переработки информации в центральной нервной системе, отражающей скорость понимания (перцептивную скорость) и определяется как минимальное время предъявления простого стимула, которое требуется обследуемому для его точного перцептивного распознавания.

В работе F. Rijsdijk и соавторов измерялась скорость передачи импульсов в локтевом сегменте срединного нерва правой руки. В работе участвовали 213 пар близнецов. Полученный показатель наследуемости скорости передачи импульсов для 16 лет составил 76%, для 18 лет - 66%. Для 16 лет скорость передачи импульсов и IQ по Дж. Равену не коррелировали, а в 18 лет корреляция составила 0,15, причем данная корреляция была полностью опосредована общими генетическими факторами.

Р. Пломин считает, что интеллект является хорошим объектом молекулярно-генетического анализа, т.к. гены осуществляют общее воздействие на когнитивные процессы. В настоящее время ведутся молекулярно-генетические исследования в когнитивной сфере с применением стратегии геномного сканирования хромосом на наличие локусов количественных признаков (ЛКП), связанных с IQ. По-мнению Р.Пломина, в данной сфере прогнозируются скорейшие научные успехи. В результате одной из таких попыток были выявлены воспроизводимые ЛКП-связи для ДНК-маркера, расположенного в гене инсулиноподобного фактора роста длинного плеча 6 хромосомы. Было показано, что данный ген оказывает сильное воздействие на те отделы мозга, которые активно задействованы в процессах научения и запоминания.

2. Психогенетические исследования вызванных потенциалов

Принципиальное значение имеет представление об электрогенезе электрических потенциалов мозга. Основной в настоящее время является теория постсинаптической сомадендритной природы суммарной медленной активности мозга.

В работе Т.Ф. Базылевич моторные вызванные потенциалы головного мозга человека (МВП) рассматриваются как методика изучения как готовности к действию и антиципации (ранние компоненты МВП), так и принятия решения (поздние компоненты). Вызванными потенциалами (ВП) обычно называют колебания потенциала в любом отделе нервной системы, возникающие под влиянием внешнего воздействия и находящиеся в относительно строгой связи с ним.

Классификация вызванных потенциалов, предложенная Вогеном, объединяет в понятие «событийно связанные потенциалы» (ССП) МВП, сенсорные ВП, поздние ВП, возникающие с большой латентностью, медленные изменения потенциалов, а также внечерепные потенциалы. МВП обычно подразделяются на вызванные ответы, сопровождающие пассивные (непроизвольные) движения (МВПП), и на потенциалы, связанные с активными (произвольными) действиями (МВПА). К МВПП относятся ВП мозга, возникающие во время пассивных движений, когда индивид не имеет сознательной цели совершать двигательные акты (при механическом перемещении конечности, при электрическом раздражении мышцы). При этом момент начала движения выбирается экспериментатором и является неожиданным для обследуемого. К этой же группе некоторые авторы относят и соматосенсорные ВП (ССВП) - корковые вызванные ответы на электрическую стимуляцию какого-либо периферического нерва. На выраженность МВП влияют: мотивация обследуемых к участию в исследовании, специфика готовности действовать, характер ожиданий, степень психического напряжения, интенсивность стимуляции и характеристика движений. В.Д. Небылицыным и Т.Ф. Базылевич для ряда экспериментальных условий было установлено фронтальное происхождение МВП.

Потенциалы мозга, связанные с событиями, представляют собой изменения электрической активности мозга в ответ на действие внешних или внутренних стимулов в отличие от спонтанной ЭЭГ; а по форме - сложную кривую, характер которой зависит, прежде всего, от модальности стимула, его физических параметров, значимости стимула, ситуативного контекста, места отведения и, конечно, от индивидуальных особенностей человека. Выделение ответа в условиях распознания стимулов, отличающихся от других по каким-либо параметрам, может быть сделано на любую модальность стимула: слуховую, зрительную на паттерн и на вспышку, на соматосенсорную стимуляцию. Более надежное выделение этих ответов происходит при использовании слуховых тоновых щелчков с отличающимся тоном. Наибольший интерес для психофизиологов представляют компоненты, которые регистрируются после 60 мс, поскольку они отражают активность коры больших полушарий и в большей степени связаны с психологическими особенностями индивида. Экзогенные компоненты (N100 и P200) отражают физические свойства стимула и связаны с автоматической переработкой информации, тогда как более поздние, эндогенные, компоненты (N200 и P300) связаны с индивидуальными психологическими особенностями и отражают процессы приема и переработки значимой информации (принятие решения, снятие неопределенности, когнитивная оценка и т.д.). В ответе на значимый стимул проявляется ответ на воспринимаемый стимул (стимульный ответ), представляющий собой также V - волну P1-N1-P2 и более позднюю волну N2-P3-N3 - собственно комплекс, связанный с опознанием, дифференцировкой, запоминанием и принятием решения, т.е. когнитивной составляющей ответа на значимый стимул. Разность между ответом на значимый стимул и незначимый стимул дает собственно когнитивную составляющую ВП.

В настоящее время имеется несколько теорий, пытающихся объяснить происхождение Р300. Согласно теории E. Donchin, M. Coles, Р300 является электрофизиологическим коррелятом постоянной проверки представления об окружающей среде в оперативной памяти, причем Р300 исчезает при переоценке внутренней модели окружающего мира. Согласно A. Kok, латентность Р300 соответствует скорости когнитивной переработки, а амплитуда показывает размещение мозговых энергетических ресурсов. Исследованиями C. Wickens и др., R. Johnson и др., M.T. Carrillo-de-la-Peña и др. показано, что амплитуда Р300 также зависит от ожидания стимула, от релевантности задачи, от избирательности внимания и от эмоционального подкрепления и мотивации. Латентность удлиняется с увеличением трудности задания, а также с возрастом. Первый из двух компонентов, Р300а, имеет свое максимальное значение во фронтальной области и раньше на 50 мсек., чем собственно волна Р300. Р300а предположительно отражает когнитивный процесс, связанный с определением стимула как значимого. Компонент Р300b связан с процессом запоминания.

Вызванные потенциалы отражают процессы переработки информации в нервной системе. Условно выделяют "экзогенные" и "эндогенные" компоненты. Экзогенные компоненты регистрируются сразу же после подачи стимула и отражают активность специфических проводящих путей, по которым поступают афферентные сигналы, и зон мозга, в которых они обрабатываются. Эндогенные компоненты связывают с активностью неспецифических ассоциативных областей коры. ВП, связанные с разными сенсорными системами (зрительные, слуховые, соматосенсорные, связанные с движениями) отличаются своими характеристиками (рис. 10.10). Для психофизиологии наибольший интерес представляют те колебания биоэлектрической активности, которые регистрируются позже 60 мсек, поскольку они отражают активность коры головного мозга и связаны с психологическими особенностями человека.

Вызванные потенциалы, так же как ЭЭГ, отличаются индивидуальным своеобразием. Индивидуальный рисунок ВП также характеризуется устойчивостью, т.е. мало варьирует при повторных регистрациях у одного и того же человека, хотя его устойчивость меньше, чем ЭЭГ. Чтобы проверить, не отражает ли индивидуальная специфика ВП влияния наследственных факторов, были проведены исследования близнецов и других родственников. По многочисленности эти исследования сильно уступают психогенетическим исследованиям интеллекта и других психологических характеристик, но все же их достаточно, чтобы можно было на сегодняшний день сделать некоторые обобщающие заключения. Регистрация вызванных потенциалов у близнецов демонстрирует сходство волновой формы у МЗ и меньшее совпадение у ДЗ. В каждой паре ВП одного близнеца представлен сплошной линией, второго - пунктирной. Отметьте сходство латентностей пиков, волновой формы и изменений по мере роста интенсивности стимула. В паре 1 - слева - компонент P100N140 заметно возрастает по мере роста интенсивности стимула (augmenting) в паре 2 тот же компонент уменьшается (reducing). Как правило, в исследованиях ВП применяют количественный подход и сходство родственников оценивают по параметрам латентных периодов и амплитуд отдельных компонентов, хотя в первых исследованиях оценивалось в основном общее сходство волновой формы. В уже упоминавшемся обзорном исследовании, выполненном недавно в Нидерландах (Beijsterveldt van C.E.M., Baal van G.C.M., 2002), помимо данных по ЭЭГ, авторы обобщили результаты генетических исследований вызванных потенциалов (около 30 работ). Среди всех характеристик ВП авторы выбрали для мета-анализа амплитуды и латентности эндогенного компонента Р300, поскольку в большинстве близнецовых исследований показатели наследуемости именно этого компонента варьируют от умеренных до высоких значений. Мета-наследуемость Р300 (по результатам пяти близнецовых исследований) оказалась равной в среднем 60% для амплитуды и 51% - для латентности. Как ЭЭГ, так и ВП позволяют изучать различия в биоэлектрической активности отдельных областей коры головного мозга, поскольку отведение биопотенциалов может осуществляться с различных точек поверхности головы. Это еще одно из преимуществ таких "эндофенотипов", как ЭЭГ и ВП. При изучении наследуемости биоэлектрических параметров часто отмечаются межзональные различия в коэффициентах кореляций между родственниками (в основном это близнецы) и в коэффициентах наследуемости. Приведем два примера.

В исследовании ЭЭГ у близнецов, проведенном Т.А. Мешковой (1988), были обнаружены межполушарные различия в коэффициентах наследуемости, особенно характерные для височных зон коры. Коэффициенты наследуемости некоторых количественных параметров ЭЭГ оказались заметно более низкими в левом височном отведении по сравнению с правым. Возможно, это может объясняться более высокой пластичностью левого полушария, в котором у большинства людей локализуются речевые функции и моторика ведущей руки. Средовые воздействия, испытываемые в онтогенезе, могут оказывать большее влияние на структуры левого полушария, поскольку в процессе развития ребенка происходит интенсивное становление речи и праворукости. Топографические различия в коэффициентах наследуемости ВП были продемонстрированы в работе О'Коннера с соавторами (O'Conner S. et al., 1994; цит. по: Равич-Щербо И.В. с соавт., 1999). Схема эксперимента, которой в настоящее время широко пользуются нейрофизиологи, носит название oddball paradigm. От испытуемого требуется нажимать на кнопку при появлении редко встречающегося звука и игнорировать часто встречающийся. Такая схема позволяет исследовать избирательное (селективное) внимание. По современным представлениям процессы переработки информации и принятия решения при селективном внимании отражаются в компонентах N1 и Р300. Их амплитуды и латентности отличаются индивидуальной специфичностью и стабильностью. Психогенетические исследования, проводимые с помощью метода вызванных потенциалов, позволяют взглянуть на особенности переработки информации в нервной системе в несколько ином ракурсе, чем это обычно делается в работах нейрофизиологов, когда не стоит задача оценки наследуемости. В качестве примера рассмотрим исследование зрительных ВП, проведенное на взрослых близнецах Т.М. Марютиной и Т.Г. Ивошиной (1984). Исследование интересно тем, что в нем использовалось семь вариантов зрительных стимулов: вспышка, симметричная геометрическая фигура, комбинация букв ДМО, хаотический набор элементов, из которых складывалось изображение дома, слово ДОМ, рисунок дома, шахматное поле. Следует обратить внимание на то, что ряд стимулов несли в себе семантическую нагрузку. Авторам удалось получить интересные результаты: максимум наследственных влияний обнаружился в реакциях на вспышку и шахматное поле (60 и 62% соответственно), минимум - в ответах на семантические стимулы (рисунок дома и слово ДОМ - 31 и 29%).

При разложении фенотипической дисперсии на наследственные и средовые компоненты, оказалось, что в реакциях на семантические стимулы значительный вклад в изменчивость вносит общая среда. Это исследование демонстрирует зависимость коэффициента наследуемости от условий эксперимента: наследственные различия ярче всего проявляются в физиологических реакциях на элементарные стимулы, не несущие смыслового содержания. При переработке смысловой информации на первый план выдвигаются средовые компоненты, за счет действия которых, по-видимому, формируется основная часть изменчивости зрительных вызванных потенциалов.Еще одно интересное психогенетическое исследование также связано с использованием метода вызванных потенциалов. С.Б. Малых (1986) регистрировал у близнецов потенциалы мозга, связанные с движением (ПМСД), в трех экспериментальных ситуациях. Первая ситуация требовала от испытуемого произвольно время от времени нажимать на кнопку. Во второй и третьей ситуациях то же самое движение испытуемого использовалось для сообщения о прогнозируемом событии.

Сигналами служили звуки, подаваемые в наушники справа и слева, с разной вероятностью (1,0 и 0,5). Испытуемый нажатием на кнопку должен был предсказывать появление очередного звука в правом или левом наушнике. Регистрировались ПМСД, сопутствующие нажатию на кнопку. Оказалось, что вклад наследственных и средовых компонентов в вариативность показателей ПМСД, зарегистрированных в ответ на однотипное движение (нажатие на кнопку) существенно различается в зависимости от ситуации эксперимента. Чаще всего влияние генотипа обнаруживалось в ситуации прогноза равновероятностных событий (54% всех анализируемых показателей) и реже всего - при простых произвольных движениях (20% показателей). Поразительно, что при регистрации биоэлектрических реакций мозга, сопутствующих одному и тому же движению, мы наблюдаем разные причины межиндивидуальной вариативности. В первом случае гораздо больше вклад генетической составляющей, а во втором случае - средовой. По-видимому, как считает автор, все дело в том, что одно и то же движение оказалось в разном психологическом контексте. При произвольном нажатии на кнопку движение являлось целью деятельности испытуемого, а в ситуации прогноза целью был сам прогноз, а то же самое движение служило лишь средством для осуществления этой цели.

психогенетический мозг биоэлектрический интеллект

Литература

1. Александров, А.А. Психогенетика [Текст]: учебное пособие / А.А. Александров. - СПб.: Питер, 2008. - 192 с.

. Атраментова, Л.А. Введение в психогенетику [Текст]: учебное пособие /Л.А. Атраментова, О.В. Филипцова. - М.: Флинта: МПСИ, 2004. - 472 с.

. Беляев, Д.К. Общая биология [Текст] / Д.К. Беляев, А.О. Рувинский. - М.: Просвещение, 2011. - 280 с.

. Бирюков, С.Д. Психогенетическое исследование пластичности как черты темперамента [Текст] / С.Д. Бирюков // Психологический журнал. - 1992. - №5. - С. 64.

. Бочков, Н.П. Клиническая генетика [Текст] / Н.П. Бочков. - М.: Гэотар-Мед, 2011. - 448 с.

. Бумсма, Д. Лонгитюдное генетическое исследование показателей интеллекта у близнецов 5-7 лет [Текст] / Д. Бумсма, Ван Баал К. // Вопросы психологии. - 1997. - №4. - С. 117-127.

. Воробьева, Е.В. Исследование интеллекта и мотивации достижения близнецов [Текст] / Е.В. Воробьева, В.А. Попова // Российский психологический журнал. - 2009. - №1. - С. 46-53.

. Гайсинович, А.Е. Зарождение и развитие генетики [Текст] / А.Е. Гайсинович. - М.: Наука, 1988. - 424 с.

. Григоренко, Е.Л. Генетический метод. Изучение роли наследственности и среды в рамках квазиэксперимента [Текст] / Е.Л. Григоренко // Методы исследования в психологии: квазиэксперимент / под ред. Т.В. Корниловой. - М., 2008. - С. 76-108.

. Дубинин, Н.П. Генетика, поведение, ответственность [Текст] / Н.П. Дубинин, И.И. Карпец, В.Н. Кудрявцев. - М.: Политиздат, 2009. - 350 с.