



Ермаков П.Н., Воробьева Е.В.

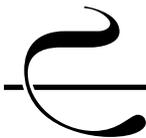
**Индивидуальная профильная асимметрия у близнецов
и спектральные характеристики ЭЭГ при выполнении
арифметического счета и вербально-ассоциативной деятельности**

Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)» («Особенности взаимодействия больших полушарий при решении когнитивных задач разного уровня»).

В работе ставилась цель выполнения оценки вклада генотип-средовых факторов в межиндивидуальной вариативности профильной асимметрии, а также экспериментального изучения ЭЭГ-коррелятов вербального интеллекта (на примере выполнения вербально-ассоциативной деятельности и арифметического счета) у близнецов с различными особенностями индивидуальной профильной асимметрии. Оценка наследуемости типа функциональной асимметрии составила 0,26, при этом существенный вклад в фенотипическую вариативность данного показателя вносит индивидуальная среда ($e^2 = 0,74$). Обнаружено, что степень выраженности у испытуемых асимметрии сенсорных и моторных и психических функций (профиль латеральной организации) оказывает влияние на мощность биопотенциалов при выполнении арифметических операций преимущественно правого полушария.

Ключевые слова: индивидуальная профильная асимметрия, ЭЭГ, спектральная мощность, близнецы, вербально-ассоциативная деятельность, арифметический счет.

Для многих исследователей сегодня весьма актуален вопрос о том, как гены влияют на поведение, при этом на основании современных работ можно с уверенностью сказать, что такое влияние осуществляется через воздействие на мозговые процессы (Апоkhin A.P., 2009 и др.). Последние выступают в качестве эндофенотипов (промежуточных фенотипов) психических функций, что позволяет связать гены и поведение [7]. В работах Ю.И. Александра показано, что при изменении алгоритма научения изменяется нейронное обеспечение данного поведения. При этом формирование нового опыта (научение) проявляется в процессах нейронального, поведенческого и молекулярного уровней. Так, на нейрональном уровне научение выражается в модификации импульсной активности нейронов. Изменения генетической экспрессии в нейронах непосредственно обеспечивают их специализацию относительно элементов индивидуального опыта [1].



Изучение частотно-пространственных характеристик спектров электрической активности мозга является современным и актуальным методом исследования эндофенотипов когнитивных функций, в частности, интеллекта. Интересным является подход, позволяющий совместить оценку функциональной межполушарной асимметрии в работе мозга и выявление латеральных профилей асимметрии моторных, сенсорных и психических функций. При этом выполнение подобной работы с применением близнецовой выборки делает ее особенно актуальной, позволяя прогнозировать возможности и ограничения психокоррекционного и психоразвивающего воздействия. Цель данной работы – оценка вклада генотип-средовых факторов в межиндивидуальную вариативность профильной асимметрии, а также экспериментальное изучение ЭЭГ-коррелятов вербального интеллекта (на примере выполнения вербально-ассоциативной деятельности и арифметического счета) у близнецов с различными особенностями индивидуальной профильной асимметрии.

Методика. Для записи ЭЭГ использовался сертифицированный электроэнцефалограф «Энцефалан», версия «Элитная-М» 5.4–10-2.0 (13.02.2004) производства МТБ «Медиком» г. Таганрог. Регистрация осуществлялась в изолированной комнате. Запись ЭЭГ проводилась по международному стандарту установки электродов по схеме 10%-20%. Для регистрации электрической активности мозга устанавливался 21 электрод (Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz, Fp1, Fp2, F7, F3, F4, F8, T3, C3, C4, T4, T5, P3, P4, T6, O1, O2), применялась монополярная схема с ипсилатеральными ушными референтами. Сопротивление электродов не превышало 10 кОм. Фильтрация ЭЭГ осуществлялась в диапазоне 0,5–70 Гц. Анализировалась фоновая ЭЭГ, а также регистрируемая в экспериментальных пробах. Последовательность функциональных проб при записи ЭЭГ: «фон», «открыть глаза» (ОГ), «закрыть глаза» (ЗГ), проба «вербальные ассоциации» (придумывание слов на букву «а»), проба «счет в уме» (последовательное сложение цифры 7). Для отслеживания и подавления артефактов использовались регистрация электромиограммы (ЭМГ), электроокулограммы (ЭОГ), электрокардиограммы (ЭКГ), кожно-гальванической реакции (КГР) и фотоплетизмограммы (ФПГ). Анализ спектра абсолютной мощности осуществлялся путем сравнения показателей фоновой пробы с функциональной в тех же частотных диапазонах (дельта (0,5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), бета-1 (13–24 Гц), бета-2 (24–35 Гц) диапазонах. Для оценки профиля латеральной организации использовалась компьютерная программа «Профиль» (НИИ Валеологии, Россия), позволяющая оценить моторную, сенсорную и общую функциональную асимметрию. Математическая обработка данных осуществлялась с помощью дисперсионного анализа ANOVA. Компьютерная обработка результатов проводилась по программе Statistica 6.0.

Объект исследования – монозиготные и дизиготные однополые близнецы в количестве 87 пар МЗ близнецов в возрасте от 14 до 26 лет (из них мужского пола – 43 пары, женского – 44 пары), 86 пар ДЗ близнецов (мужского пола – 40 пар, женского – 46 пар). Средний возраст испытуемых – 18,9 лет. Все испытуемые без отклонений в состоянии здоровья, участвовали в исследовании добровольно.



Для определения зиготности близнецов использовался метод полисимптомного сходства [6], пары с неясной диагностикой в исследование не включались.

Результаты. В таблице 1 приведены статистические данные по выраженности функциональных асимметрий в выборке близнецов.

Таблица 1
Распределение профилей латеральной организации в группе близнецов (в %)

| Оцениваемые параметры | Доминирование | | |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| | Справа (левое полушарие) | Слева (правое полушарие) | Амбидекстр (равенство полушарий) |
| Моторика руки | 71,1 | 0 | 28,9 |
| Моторика ноги | 78,9 | 5,3 | 15,8 |
| Зрительное восприятие | 50,0 | 10,5 | 39,5 |
| Слуховое восприятие | 60,5 | 18,4 | 21,1 |
| Мышление | 86,8 | 13,2 | 0 |

В таблице 2 представлены результаты корреляционного анализа внутриварного сходства МЗ и ДЗ близнецов по показателям функциональной асимметрии, полученным с использованием компьютерной программы «Профиль» и оценка компонентов фенотипической дисперсии.

Таблица 2
Внутрипарные корреляции показателей функциональной асимметрии у МЗ и ДЗ близнецов (по программе «Профиль»), вклад генетической (h^2), общесемейной (c^2) и индивидуально-средовой (e^2) составляющих фенотипической дисперсии (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$) *

| Показатели | R(МЗ) | t(N-2) | p-level | R(ДЗ) | t(N-2) | p-level | h^2 | c^2 | e^2 |
|-----------------------------|--------|----------|---------|--------|----------|---------|-------|-------|-------|
| Тест Аннет | -0,05 | -0,14908 | 0,88 | 0,03 | 0,08443 | 0,93 | - | - | - |
| Теплинг тест (правая рука) | 0,55* | 1,10629 | 0,04 | -0,12 | -0,39699 | 0,70 | 0,55 | 0 | 0,45 |
| Теплинг тест (левая рука) | 0,61** | 1,51006 | 0,009 | 0,50* | 1,83001 | 0,03 | 0,22 | 0,39 | 0,39 |
| Трек тест (правая рука) | 0,35* | 1,04335 | 0,04 | 0,53* | 1,97234 | 0,03 | 0 | 0,35 | 0,65 |
| Трек тест (левая рука) | 0,79** | 3,64789 | 0,01 | 0,21 | 0,66915 | 0,05 | 0,79 | 0 | 0,21 |
| Ведущая рука | 0,76** | 3,34664 | 0,01 | 0,52* | 1,93649 | 0,03 | 0,48 | 0,28 | 0,24 |
| Ведущая нога | - | - | - | -0,09 | -0,29319 | 0,77 | - | - | - |
| Ведущий глаз | 0,46* | 1,45095 | 0,03 | -0,54* | -2,03370 | 0,03 | 0,46 | 0 | 0,54 |
| Ведущее ухо | 0,32* | 0,96449 | 0,04 | 0,11 | 0,36507 | 0,72 | 0,32 | 0 | 0,68 |
| Тест на образное мышление | -0,16 | -0,45689 | 0,55 | 0,08 | 0,25105 | 0,81 | - | - | - |
| Тест на вербальное мышление | -0,12 | -0,35279 | 0,56 | 0,43* | 1,50086 | 0,03 | - | - | - |
| Коэффициент асимметрии | 0,29 | 0,84650 | 0,05 | -0,15 | -0,49074 | 0,63 | 0,29 | 0 | 0,71 |
| Тип ПЛО | 0,26 | 0,75827 | 0,05 | 0,05 | 0,16290 | 0,87 | 0,26 | 0 | 0,74 |

* **Примечание:** если $r(ДЗ) < 0$ или $r(МЗ) > 2r(ДЗ)$, h^2 приравнивается $r(МЗ)$; если $r(МЗ) < r(ДЗ)$, $h^2 = 0$; если $r(МЗ) < 0$, h^2 не вычисляется [1, с. 288].



Анализ таблицы 2 позволяет сделать вывод о том, что существенный вклад факторов генотипа обнаруживается для моторной асимметрии (рукость) ($h^2 = 0,48$), сенсорной асимметрии (асимметрия зрения $h^2 = 0,46$, асимметрия слуха $h^2 = 0,32$). Оценка наследуемости типа функциональной асимметрии составила 0,26, при этом существенный вклад в фенотипическую вариативность данного показателя вносит индивидуальная среда ($e^2 = 0,74$).

Проведен дисперсионный анализ ANOVA для выявления частотно-пространственных особенностей фоновой ЭЭГ у лиц с разными типами латерализации.

Фоновая ЭЭГ. В таблице 3 приведены результаты однофакторного дисперсионного анализа влияния выраженности мануальной асимметрии по тесту М. Аннет у испытуемых на параметры мощности биопотенциалов основных анализируемых частотных диапазонов (приведены только значимые результаты).

Таблица 3

**Результаты дисперсионного анализа (независимая переменная:
выраженность мануальной асимметрии по тесту Аннет,
зависимая переменная – мощность биопотенциалов в фоновой ЭЭГ, мкв.)**

| Мощность ритмических составляющих ЭЭГ в отведениях | SS | MS | F | p |
|--|----------|---------|---------|----------|
| Тета1 O2 | 4122,855 | 242,521 | 5,66523 | 0,000013 |
| Тета2 O2 | 4280,326 | 251,784 | 6,49617 | 0,000003 |
| Бета1 O2 | 6842,505 | 402,500 | 24,1335 | 0,000000 |
| Альфа2 O2 | 38695,57 | 2276,21 | 2,67201 | 0,008032 |
| Альфа1 O1 | 35428,40 | 2084,02 | 2,20736 | 0,026053 |
| Альфа2 O1 | 104350,5 | 6138,27 | 9,55971 | 0,000000 |
| Бета 1 O1 | 1080,496 | 63,559 | 3,1561 | 0,002463 |
| Тета1 P4 | 3543,455 | 208,439 | 6,6805 | 0,000002 |

Из таблицы 3 видно, что для степень выраженности у испытуемых асимметрии сенсорных и моторных функций (профиль латеральной организации) оказывает достоверное влияние на оценки мощности биопотенциалов в фоне в тета1 и тета2, альфа1 и альфа2 и бета1 частотных диапазонах в обеих гемисферах.

На рисунке 1 представлены распределения значений коэффициента асимметрии (по данным программы «Профиль») и мощности биопотенциалов в затылочных отведениях при регистрации фоновой ЭЭГ. На рисунке 1 видно, что мощность биопотенциалов в альфа2 диапазоне в затылочных областях наиболее высока при левосторонней латерализации признаков у испытуемых.

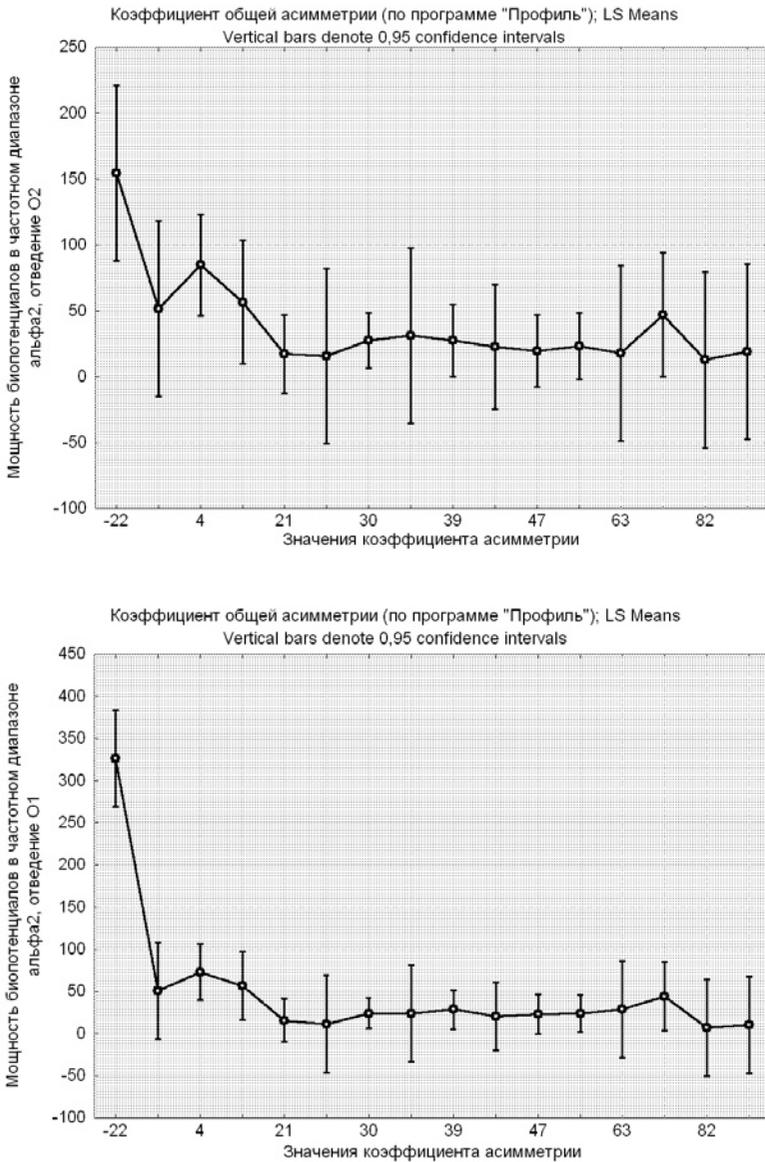


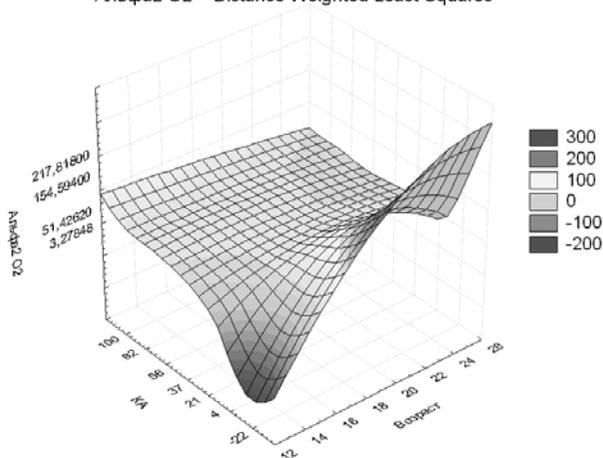
Рисунок 1. Распределение значений абсолютной мощности альфа1 ритма ЭЭГ (фоновая проба, мкв₂) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии



На рисунке 2 наглядно представлено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биопотенциалов в альфа2 диапазоне в правом и левом окципитальных отведениях (рис. 2).

Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне альфа2 в правом окципитальном отведении

Альфа2 O2 = Distance Weighted Least Squares



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне альфа2 в левом окципитальном отведении

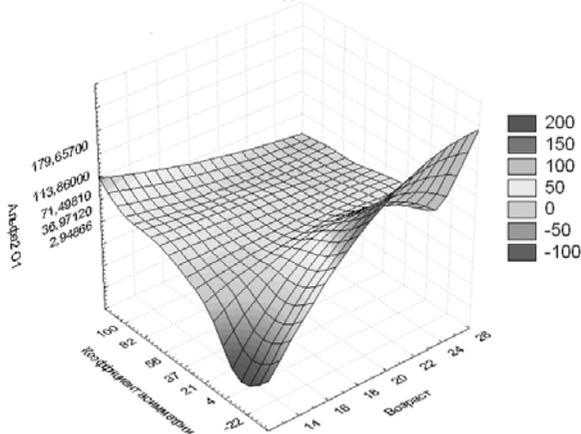


Рисунок 2. Распределение значений мощности альфа2 ритма ЭЭГ (фоновая проба, окципитальные отведения, мкВ₂) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых



На рисунке 2 видно, что мощность альфа2 ритма в затылочных отведениях наиболее высока у испытуемых старше 20 лет с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биоопотенциалов фоновой ЭЭГ в затылочных отведениях.

ЭЭГ в пробе «Ассоциации». Результаты проведенного дисперсионного анализа влияния показателя мануальной асимметрии по тесту М. Аннет на параметры мощности биоопотенциалов основных анализируемых частотных диапазонов в пробе «Ассоциации» свидетельствуют о том, что при выполнении вербально-ассоциативной деятельности степень выраженности у испытуемых асимметрии сенсорных и моторных функций (профиль латеральной организации) оказывает достоверное влияние на оценки мощности биоопотенциалов в тета1 и тета2, альфа1 и альфа2 и бета1 и бета2 частотных диапазонах в обеих гемисферах (кроме затылочных и право-париетальных отведений). Далее рассмотрим характеристики абсолютной мощности тех частотных отведений и ритмических составляющих ЭЭГ, для которых ранее на основании применения Т-критерия Стьюдента было установлено достоверное изменение по сравнению с фоном.

На рисунке 3 наглядно представлено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биоопотенциалов в тета2 диапазоне в правом и левом передне-лобных отведениях.

На рисунке 3 видно, что мощность тета2 ритма в передне-лобных отведениях наиболее высока у испытуемых старше 20 лет с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биоопотенциалов передне-лобных отведений при выполнении вербально-ассоциативной деятельности. При этом наблюдается большая синхронизация тета2 ритма в левой передне-лобной области по сравнению с правой.

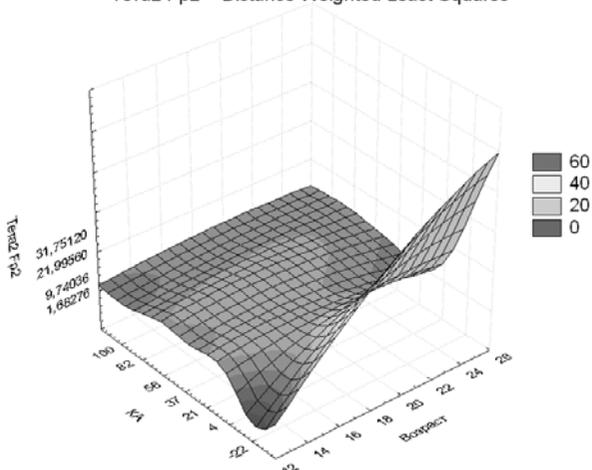
На рисунке 4 отражено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биоопотенциалов в бета1 диапазоне в левом и правом задне-височных отведениях.

Анализ рисунка 4 свидетельствует о том, что мощность бета1 ритма в задне-височных отведениях наиболее высока у испытуемых старше 20 лет с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биоопотенциалов задне-височных отведений при выполнении вербально-ассоциативной деятельности. На рисунке 4 также видно, что при высокой степени выраженности «правосторонних» признаков в профиле латеральной организации в возрасте 13–16 лет наблюдается более выраженная синхронизация в бета1 диапазоне в левой задне-височной области по сравнению с правой.



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне тета2 в правом передне-лобном отведении

Teta2 Fp2 = Distance Weighted Least Squares



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне тета2 в левом передне-лобном отведении

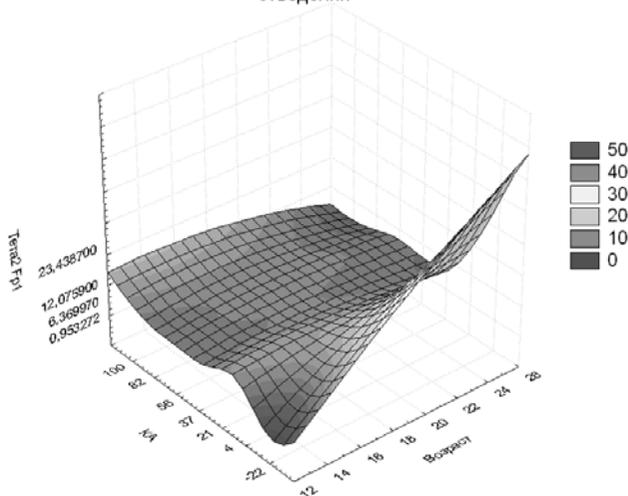
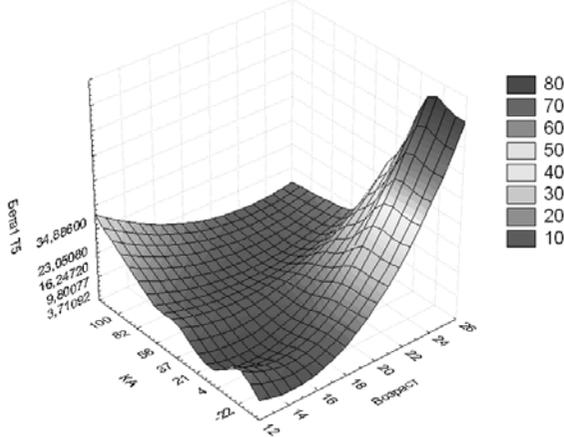


Рисунок 3. Распределение значений мощности тета2 ритма ЭЭГ (проба «Ассоциации», передне-фронтальные отведения, мкв₂) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне бета1 в левом задне-височном отведении



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне бета1 в правом задне-височном отведении

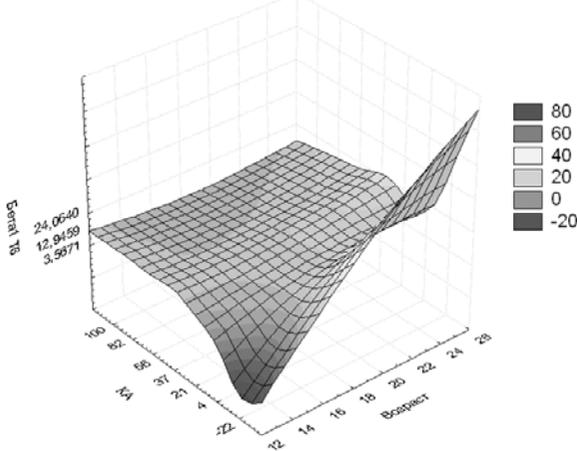
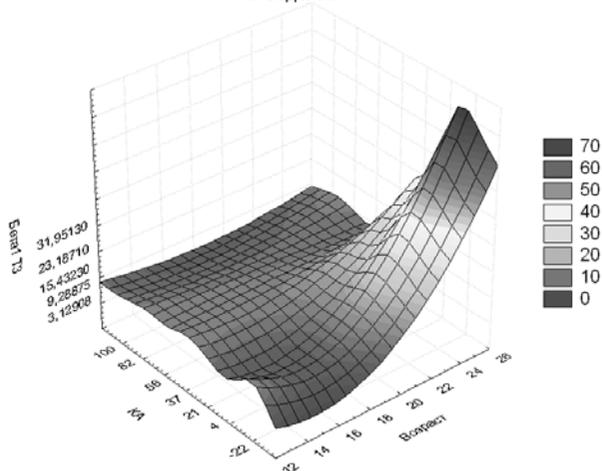


Рисунок 4. Распределение значений мощности бета1 ритма ЭЭГ (проба «Ассоциации», задне-височные отведения, мкв₂) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых

На рисунке 5 отражено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биопотенциалов в бета1 диапазоне в левом и правом передне-височных отведениях.



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне бета1 в левом передне-височном отведении



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне бета1 в правом передне-височном отведении

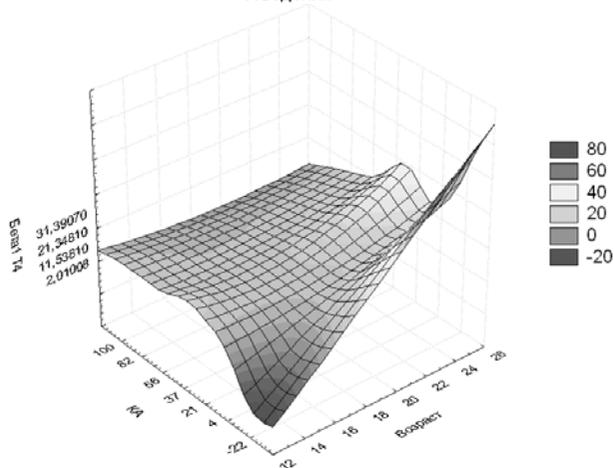


Рисунок 5. Распределение значений мощности бета1 ритма ЭЭГ (проба «Ассоциации», передне-височные отведения, $\mu\text{В}_2$) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых

Анализ рисунка 5 позволяет заключить, что мощность бета1 ритма в передне-височных отведениях наиболее высока у испытуемых старше 20 лет



с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биопотенциалов передне-височных отведений при выполнении вербально-ассоциативной деятельности.

ЭЭГ в пробе «Арифметический счет». Результаты проведенного дисперсионного анализа влияния выраженности мануальной асимметрии по тесту М. Аннет у испытуемых на параметры мощности биопотенциалов основных анализируемых частотных диапазонов в пробе «Арифметический счет» свидетельствуют о том, что степень выраженности у испытуемых асимметрии сенсорных и моторных функций (профиль латеральной организации) оказывает достоверное влияние на оценки мощности биопотенциалов преимущественно правого полушария (правые затылочное и париетальное отведения). На рисунке 6 наглядно представлено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биопотенциалов в тета2 и бета1 диапазонах в правом затылочном отведении.

Анализ рисунка 6 позволяет сделать заключение о том, что мощность тета2 и бета1 ритмов в правом затылочном отведении наиболее высока у испытуемых старше 20 лет с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биопотенциалов затылочных отведений при выполнении арифметических операций.

На рисунке 7 представлено взаимодействие выраженности факторов общей асимметрии (по результатам целостного обследования моторных, сенсорных и психической асимметрий по программе «Профиль»), возраста и мощности биопотенциалов в тета2 диапазоне в левом париетальном отведении.

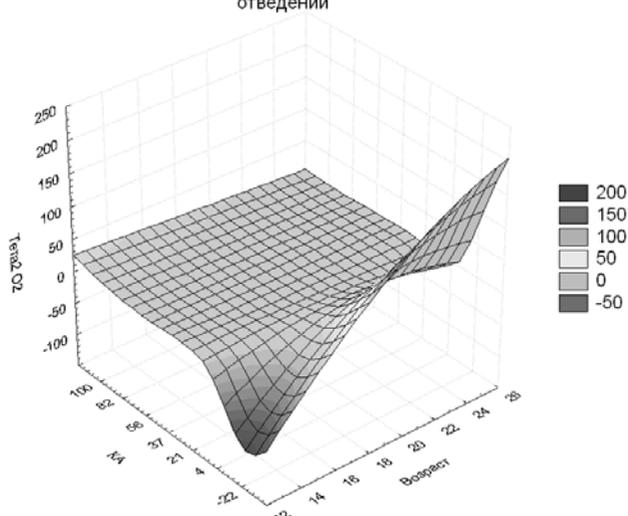
Анализ рисунка 7 позволяет сделать вывод о том, что, как и в предыдущих случаях, мощность тета2 ритма в левом париетальном отведении наиболее высока у испытуемых старше 20 лет с выраженной левосторонней латерализацией. При выраженной правосторонней латерализации с увеличением возраста обследуемых не происходит значимых изменений мощности биопотенциалов затылочных отведений при выполнении арифметических операций.

Далее был проведен дисперсионный анализ влияния факторов пола, возраста, порядка рождения близнецов (первороденный, второроденный), типа близнецов (монозиготные, дизиготные) и их взаимодействия на показатели асимметрии моторных, сенсорных и психических функций, полученные с применением программы «Профиль».

В результате было установлено, что факторы пола и порядка рождения близнецов не оказывают значимого влияния на показатели асимметрии моторных, сенсорных и психических функций, полученные с применением программы «Профиль».



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне тета2 в правом окципитальном отведении



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне бета1 в правом окципитальном отведении

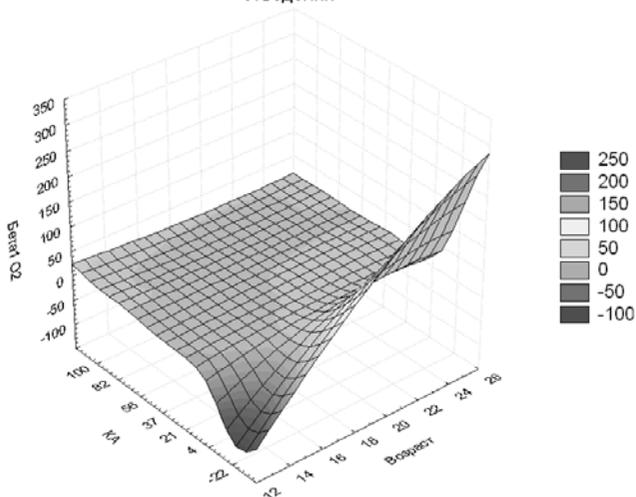


Рисунок 6. Распределение значений мощности тета2 и бета1 ритмов ЭЭГ (проба «Арифметические операции», правое затылочное отведение, мкв₂) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых



Взаимодействие факторов возраста, выраженности общей асимметрии (по программе "Профиль") и мощности биопотенциалов в диапазоне тета2 в левом парietальном отведении

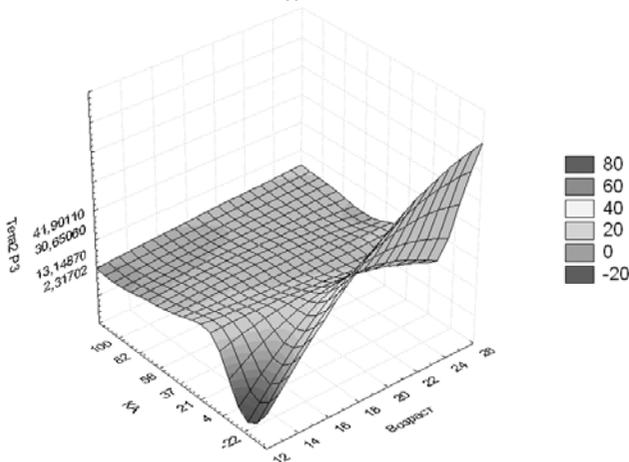


Рисунок 7. Распределение значений мощности тета2 ритма ЭЭГ (проба «Арифметические операции», левое парietальное отведение) в зависимости от значения коэффициента общей асимметрии и возраста обследуемых

В таблице 4 приведены результаты дисперсионного анализа влияния фактора возраста обследуемых близнецов на показатели асимметрии моторных, сенсорных и психических функций, полученные с применением программы «Профиль».

Таблица 4
Результаты дисперсионного анализа (независимая переменная: возраст, зависимая переменная – показатели функциональной асимметрии, полученные с применением программы «Профиль»)

| Показатели | SS | df | MS | F | p |
|------------------------|----------|----|----------|-----------|----------|
| Тест Аннет | 3267,87 | 40 | 81,6969 | 0,446944 | 0,900676 |
| Образное мышление | 209,00 | 40 | 5,2250 | 1,511536 | 0,177257 |
| Вербальное мышление | 181,00 | 40 | 4,5250 | 2,095028 | 0,053153 |
| Коэффициент асимметрии | 15884,88 | 40 | 397,1219 | 2,240931* | 0,039061 |
| Тип ФМА | 54,96 | 40 | 1,3740 | 0,991593 | 0,462182 |

Из таблицы 4 видно, что фактор возраста оказывает значимое воздействие на общий показатель выраженности функциональной асимметрии ($F = 2,24^*$, $p < 0,05$).

Взаимодействие факторов Возраст x Порядок рождения близнецов оказывает значимое воздействие на показатель «Вербальное мышление» по программе



«Профиль» ($F = 2,24^{**}$, $p < 0,01$). Специальное рассмотрение полученных данных позволило установить, что у перворожденных близнецов с увеличением возраста близнецовой пары показатели вербального интеллекта увеличиваются.

Также был проведен дисперсионный анализ влияния факторов пола, возраста, порядка рождения близнецов (первороденный, второрожденный), типа близнецов (монозиготные, дизиготные) и их взаимодействия на показатели абсолютной мощности биоэлектрических потенциалов. В таблице 5 приведены результаты дисперсионного анализа влияния фактора пола обследуемых близнецов на показатели абсолютной мощности биоэлектрических потенциалов (даны только значимые оценки).

Таблица 5
Результаты дисперсионного анализа (независимая переменная: пол, зависимая переменная – показатели абсолютной мощности биоэлектрических потенциалов,

| Частотный диапазон, отведение | SS | df | MS | F | p |
|-------------------------------|--------|-----|---------|----------|--------|
| Альфа1 O2 | 952363 | 262 | 3634,97 | 10,03** | 0,001 |
| Альфа2 O2 | 951162 | 262 | 3630,39 | 11,80*** | 0,0006 |
| Тета1 O1 | 18992 | 262 | 72,49 | 4,18* | 0,042 |
| Альфа2 O1 | 965892 | 262 | 3686,61 | 5,20* | 0,023 |

Анализ таблицы 5 позволяет заключить, что фактор пола оказывает значимое воздействие на показатели абсолютной мощности биоэлектрических потенциалов затылочных отведений справа и слева в диапазоне тета и альфа частот. Специальное рассмотрение полученных данных показало, что у женщин мощность альфа и тета частот выше, чем у мужчин, как в фоновой ЭЭГ, так и при когнитивных нагрузках.

Обсуждение

В работе Medland S.E. et al. (2009) проведен мета-анализ результатов близнецовых исследований рукописности у австралийских и голландских близнецов, а также их сиблингов. В результате применения метода структурного моделирования была подтверждена эффективность модели, включающей аддитивный генетический компонент (23,64 %) и компонент неразделенной среды (76,36 %) [8]. Согласно полученным в нашей работе данным вклад аддитивной генетической составляющей в различия по мануальной асимметрии составил 48 %, что превышает полученный Medland S.E. et al. показатель. Однако, известны различия распространения того или иного типа мануальной асимметрии в разных популяциях. Так, например, в работе Sommer I.E., A. Aleman et al. (2008) проведен мета-анализ распределения «рукописности» в зависимости от принадлежности к определенной популяции (сопоставлялись «Западные» популяции – США, Австралия, Европейские страны и «Незападные» популяции – Азия, Африка, ближний Восток). Полученные Sommer I.E., A. Aleman et al. результаты свидетельствуют о значимо большем количестве леворуких среди представителей «Незападных» популяций [9].



Нами обнаружено, что при выраженных «правых» признаках в профиле латеральной организации динамика показателей абсолютной спектральной мощности с возрастом не является столь существенной, как при выраженных «левых» признаках в профиле латеральной организации. В последнем случае обнаружена тенденция к тому, что в более младшем возрасте (13–16 лет) у близнецов регистрируются показатели спектральной мощности, соответствующие низким нормативным значениям, а в более старшем возрасте (22–25 лет) – высоким нормативным значениям для соответствующих спектров [2]. Обнаруженное увеличение абсолютной суммарной мощности биоэлектрической активности головного мозга у обследуемых с выраженными «левыми» признаками в профиле латеральной организации с увеличением их возраста, предположительно, отражает повышение энергетического метаболизма нейронов головного мозга в ходе адаптации организма к внешнесредовым воздействиям. Полученные нами результаты также могут свидетельствовать о том, что низкий энергетический уровень биоэлектрической активности мозга связан с доминированием процессов десинхронизации, при этом высокий энергетический уровень биоэлектрической активности мозга связан с усилением синхронизации деятельности нейрональных ансамблей [2].

Полученные нами данные о том, что с увеличением возраста растет и степень функциональной асимметрии, согласуются с данными других авторов (например, Teixeira Luis A., 2008) [10].

Установленный в данном исследовании факт, что у перворожденных членов близнецовых пар более старшему возрасту соответствуют более высокие показатели вербального интеллекта подтверждается практикой наблюдений и психологического консультирования близнецов и их родителей [3]. Так, перворожденный близнец в паре, как правило, более уверен в себе, более контактен по отношению к внешнему социальному окружению близнецовой пары, в основе чего лежат, возможно, лучшие условия его пренатального развития. С возрастом такое поведение может приводить к более высоким оценкам его вербального интеллекта по сравнению с со-близнецом.

В нашей работе также получено, что у женщин мощность альфа и тета частот выше, чем у мужчин, как в фоновой ЭЭГ, так и при когнитивных нагрузках. Согласно современным представлениям, синхронизация тета диапазона при устойчивом внимании к зрительной и речевой стимуляции связана с уровнем результативности симультанной обработки информации. Синхронизация альфа ритма в ситуации устойчивого внимания отражает работу механизмов, связанных с тормозной регуляцией процессов обработки информации в коре мозга, нерелевантной текущей задаче, а также локальную активацию отдельных зон коры. Синхронизация тета ритма в тех же условиях связана с обеспечением удержания мишени внимания [4]. В работе Разумниковой О.М., Вольф Н.В., Тарасовой И.В. (2009) с применением дисперсионного анализа ANOVA были получены данные о том, что при выполнении вербального творческого задания мощность ЭЭГ в тета1-диапазоне повышалась в сравнении с фоном ($p < 0,01$), что соответствует и нашим данным [5].



Выводы

1. С применением классического близнецового метода получены данные о том, что факторы генотипа вносят существенный вклад в фенотипическую вариативность моторной асимметрии (руконости) ($h^2 = 0,48$), сенсорной асимметрии (асимметрии зрения $h^2 = 0,46$, асимметрии слуха $h^2 = 0,32$). Оценка наследуемости типа функциональной асимметрии составила 0,26, при этом существенный вклад в фенотипическую вариативность данного показателя вносит индивидуальная среда ($e^2 = 0,74$).

2. В фоновой ЭЭГ синхронизация альфа ритма в затылочных отведениях наиболее выражена у близнецов с преобладанием «правых» признаков в профиле латеральной организации, при этом выраженность спектральной мощности альфа ритма достаточно стабильна в возрастном диапазоне 14–26 лет. Преобладание «левых» признаков в профиле латеральной организации связано с изменением уровня спектральной мощности альфа ритма от низкого в более младшем возрастном диапазоне (13–16 лет) до весьма высокого в возрасте 22–25 лет.

3. При выраженной правосторонней латерализации выполнение вербально-ассоциативной деятельности связано с большей синхронизацией тета2 ритма в передне-лобной области, а также большей синхронизацией бета1 ритма в задне-височной области с левополушарным доминированием. Преобладание «левых» признаков в профиле латеральной организации связано с изменением уровня спектральной мощности тета2 и бета1 ритмов от низкого в более младшем возрастном диапазоне (13–16 лет) до весьма высокого в возрасте 22–25 лет.

4. Степень выраженности у испытуемых асимметрии сенсорных и моторных и психических функций (профиль латеральной организации) оказывает достоверное влияние на оценки мощности биопотенциалов при выполнении арифметических операций преимущественно правого полушария (правые затылочное и париетальное отведения).

Полученные результаты могут быть использованы в практической психологической консультативной, психокоррекционной деятельности, практике обучения школьников и студентов с учетом выявленных закономерностей.

Литература

1. Александров Ю.И. Системная структура индивидуального опыта как отражение истории его формирования // Альманах «Новые исследования». Материалы международной научной конференции «Физиология развития человека». – № 2(19). – М.: Вердана, 2009. – С. 15–16.
2. Григорьева В.Н. Реабилитация больных с хроническими формами заболеваний нервной системы: клиничко-нейрофизиологические и медико-психологические исследования. – Автореф. дисс.... докт. мед.н. – М., 2001. – 44 с.
3. Егорова М.С., Зырянова Н.М., Паршикова О.В., Пьянкова С.Д., Черткова Ю.Д. Генотип. Среда. Развитие. – М.: ОГИ, 2004. – 576 с.



4. Новикова С.И., Малаховская Е.В., Пушина Н.П., Цетлин М.М., Филатов А.И., Посикера И.Н., Строганова Т.А. Взаимосвязь спектральной амплитуды θ - и α -диапазонов ЭЭГ с оценками когнитивных способностей в дошкольном возрасте // Физиология человека. – Т. 35. – № 4. – 2009. – С. 20–27.
5. Разумникова О.М., Вольф Н.В., Тарасова И.В. Стратегия и результат: половые различия в электрографических коррелятах вербальной и образной креативности // Физиология человека. – Т. 35. – № 3. – 2009. – С. 31–41.
6. Талызина Н.Ф., Кривцова С.В., Мухаматулина Е.А. Природа индивидуальных различий: опыт исследования близнецовым методом. – М.: МГУ, 1991. – 192 с.
7. Anokhin A.P. Genetics and development of frontal brain function in adolescence: implications for self-regulation of behavior // Альманах «Новые исследования». Материалы международной научной конференции «Физиология развития человека». – № 2(19). – М.: Вердана, 2009. – С. 14–15.
8. Medland S.E., D.L. Duffy, M.J. Wright, G.M. Geffen, D.A. Hay, F. Levy, C.E.M. van Beijsterveldt, G. Willemsen, G.C. Townsend, V. White, A.I.W. Hewitt, D.A. Mackey, J.M. Bailey, W.S. Slutske, D.R. Nyholt, S.A. Treloar, N.G. Martin, D.I. Boomsma Genetic influences on handedness: Data from 25,732 Australian and Dutch twin families // *Neuropsychologia*. – V. 47. – 2009. – P. 330–337.
9. Sommer I.E., A. Aleman, M. Somers, M.P. Boks, R.S. Kahn Sex differences in handedness, asymmetry of the Planum Temporale and functional language lateralization // *Brain research*. – V. 1206. – 2008. – P. 76–88.
10. Teixeira Luis A. Categories of manual asymmetry and their variation with advancing age // *Cortex*. – V. 44. – 2008. – P. 707–716.