

АНАЛИЗ ВЫЗВАННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ/ДЕСИНХРОНИЗАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ЗАДАЧИ СТРУПА: РОЛЬ ФАКТОРА ПОЛЯ**Аркадий Олегович БРЫЗГАЛОВ, Нина Валерьевна ВОЛЬФ***Научно-исследовательский институт физиологии СО РАМН
630117, Новосибирск, ул. Тимакова, 4*

Проведено исследование вызванной синхронизации/десинхронизации (ВС/ВД) θ - β -ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при решении модифицированной задачи Струпа с использованием стимулов с пространственным объединением и разделением их словесной и цветовой составляющих. Все значимые эффекты наблюдались при предъявлении пространственно интегрированных стимулов и были связаны с поздними этапами обработки информации. Половые различия ВС/ВД выявлены в частотных диапазонах тета1- и альфа1-ритмов. Эти различия были связаны с предъявлением конгруэнтных стимулов и могут отражать особенности формирования ответных реакций. На поздних этапах обработки информации обнаружены также полушарные особенности ВС/ВД, связанные с конгруэнтностью/неконгруэнтностью стимулов (для альфа1- и бета1-ритмов), а также с латерализацией их предъявления (для альфа2-ритма).

Ключевые слова: задача Струпа, вызванная синхронизация/десинхронизация, латерализованное предъявление, пространственное разнесение, половые различия.

Для изучения селективного внимания используют модель Струпа [1]. Эффект Струпа проявляется вследствие конфликта, который происходит из-за расхождения семантического значения слова, обозначающего цвет, с цветом шрифта, которым написано это слово. С момента опубликования данных Струпа появилось множество работ, в которых исследован эффект интерференции не только в рамках классической задачи Струпа (ЗС), но и при ее модификациях, позволяющих исследовать различные аспекты селективного внимания. Латерализованное предъявление стимулов в разные поля зрения позволяет изучать вклад полушарий мозга в процессы селективного внимания [2]. Пространственное разнесение цветового паттерна и словесного обозначения цвета позволяет исследовать взаимодействие селективного и пространственного внимания. Широкие возможности модернизации ЗС наряду с развитием современных методов исследования активности головного мозга позволяют не только перейти к изучению этого эффекта на поведенческом уровне, но и проанализировать активность различных отделов мозга в процессе выполнения задачи.

Исследование временной организации системы внимания на базе ЗС проводилось в основном методами вызванных потенциалов (ВП) [3, 4]. Однако важно отметить, что метод ВП не может отделить процессы внимания от сопровождающих их специфических для данной задачи зрительно-моторных и семантических процессов [3]. В то же время полученные в последнее время знания о функциональной значимости

различных частотных диапазонов ЭЭГ [5] дают возможность провести такое выделение во времени, используя метод вызванной синхронизации/десинхронизации биопотенциалов ЭЭГ.

Хотя исследованию ЭС в последнее время посвящено много работ, совершенно не изучен вопрос о половых особенностях в его нейрофизиологической организации. В то же время постановка этой проблемы представляется актуальной в связи с современными данными о структурно-функциональных основах системы внимания и особенностях межполушарной и внутриполушарной организации вербальных функций у мужчин и женщин. С одной стороны, установлено, что фронтальная и париетальная кора являются высшими отделами системы внимания [6, 7], и определена разная роль полушарий мозга в этих процессах [7, 8]. Показана также ведущая роль «задней» системы в пространственном внимании [7, 8]. С другой стороны, существуют данные, свидетельствующие о половых различиях во фронтально-окципитальной [9] и латеральной функциональной организации полушарий [10, 11], то есть о половом диморфизме структур мозга, которые могут рассматриваться как нейрофизиологический субстрат внимания.

Материал и методы исследования

В экспериментах участвовали студенты университета (15 мужчин и 15 женщин) в возрасте от 18 до 22 лет. Все испытуемые были правшами по данным опросника М. Аннетт 1970 г. и имели нормальное или скорректированное до нормального зрение. Все испытуемые дали

добровольное согласие на участие в эксперименте, исследование было одобрено Этическим комитетом института.

Выполнению задачи предшествовала тренировка. В качестве тренировочных стимулов были взяты крестики (красные, желтые или зеленые). Количество крестиков соответствовало количеству букв в слове, обозначающем цвет, которым были написаны крестики (красный-xxxxxxx). Эксперимент состоял из 2 серий. В серии с пространственным объединением составляющих стимула были использованы слова, обозначающие название цвета, напечатанные цветным шрифтом. Для конгруэнтных стимулов семантическое значение слова совпадало с цветом шрифта (слово «красный» написано красным шрифтом), в случае неконгруэнтных стимулов значение слова отличалось от шрифта, которым оно было напечатано (слово «красный» написано зеленым шрифтом). В пространственно разнесенной серии цвет и слово были разделены пространственно, то есть испытуемым предъявляли строчку из крестиков одного цвета, расположенную над словом, напечатанным черным шрифтом. Количество крестиков соответствовало числу букв в слове, расположенном ниже.

В центре экрана стационарно была установлена точка фиксации взгляда. Через каждые 2,5 с предъявляли в правое или левое зрительное поле слово. Задачей испытуемых было, не отрывая взгляда от точки фиксации, правой рукой как можно быстрее нажать на клавишу, соответствующую цвету шрифта, которым написано слово.

Более подробная характеристика применяемых стимулов приведена в нашем предыдущем исследовании [12].

Во время электрофизиологических исследований испытуемые находились в звукоизолированной экранированной затемненной камере в положении сидя. На расстоянии 60 см от подголовника кресла, фиксирующего голову испытуемого, находился монитор компьютера IBM PC с диагональю 15 дюймов.

В ходе эксперимента ЭЭГ регистрировали монополярно в 16 отведениях, расположенных в соответствии с международной схемой 10–20% в симметричных точках двух полушарий: Fp1–Fp2; F3–F4; F7–F8; C3–C4; T3–T4; T5–T6; P3–P4; O1–O2. В качестве референтного использовали объединенный ушной электрод. Соппротивление электродов не превышало 5 кОм. Обработку электроэнцефалографических данных производили на основе программы «Neurocortex-pro» (Neurobotix, Москва).

Для расчета ВС/ВД в разных частотных диапазонах ЭЭГ применяли фильтр второго порядка в диапазонах тета1 (4–6 Гц), тета2 (6–8 Гц), альфа1 (8–10 Гц), альфа2 (10–13 Гц), бета1 (13–20 Гц), бета2 (20–30 Гц). Расчет ВС/ВД производили по методу Пфютшеллера [13].

Статистическую обработку данных проводили с использованием ANOVA для повторных измерений (Statistica 6.0) при необходимости вводили поправку Гринхауса — Гейзера. Анализ взаимодействий проводили с использованием апостериорного критерия Тьюки.

Результаты исследования

Анализ ВС/ВД проводили в каждом частотном диапазоне отдельно для правых и левых фронтальных и парието-окципитальных областей по схеме: ПОЛ (мужчины и женщины) × КОНГРУЭНТНОСТЬ (конгруэнтный и неконгруэнтный стимул) × ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ (правое и левое зрительные поля) × ПОЛУШАРИЕ (правое или левое полушарие) × ВРЕМЯ (6 последовательных 100-миллисекундных интервалов от предъявленного стимула (0–100, 100–200, 200–300, 300–400, 400–500, 500–600 мс)). Дисперсионный анализ проводили отдельно для серий с пространственным объединением и пространственным разнесением семантической и цветовой составляющих стимула.

При предъявлении пространственно объединенных стимулов выявлена значимость следующих факторов и взаимодействий. Для частотного диапазона тета1 было обнаружено взаимодействие факторов ПОЛ × КОНГРУЭНТНОСТЬ × ПОЛУШАРИЕ × ВРЕМЯ ($F(5, 140) = 3,743$, $p < 0,001$ (G-G $p = 0,014$)) для темпоро-парието-окципитальных отделов коры головного мозга (**рис.**). Анализ взаимодействия выявил, что различия ВС/ВД наблюдались только на поздних этапах обработки информации (400–600 мс) и были обусловлены тем, что в левом полушарии синхронизация тета1-ритма у мужчин была достоверно больше для конгруэнтных стимулов, чем для неконгруэнтных, тогда как у женщин наблюдалась противоположная картина.

При анализе ВС/ВД альфа1-ритма выявлено взаимодействие факторов ПОЛ × КОНГРУЭНТНОСТЬ × ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ × ПОЛУШАРИЕ × ВРЕМЯ ($F(5, 140) = 3,613$, $p < 0,001$ (G-G $p = 0,013$)) для объединенных электродов фронтальных областей (**рис.**). Последующий анализ показал, что достоверные различия ВС/ВД в зависимости от рассматриваемых факторов наблюдались на поздних этапах

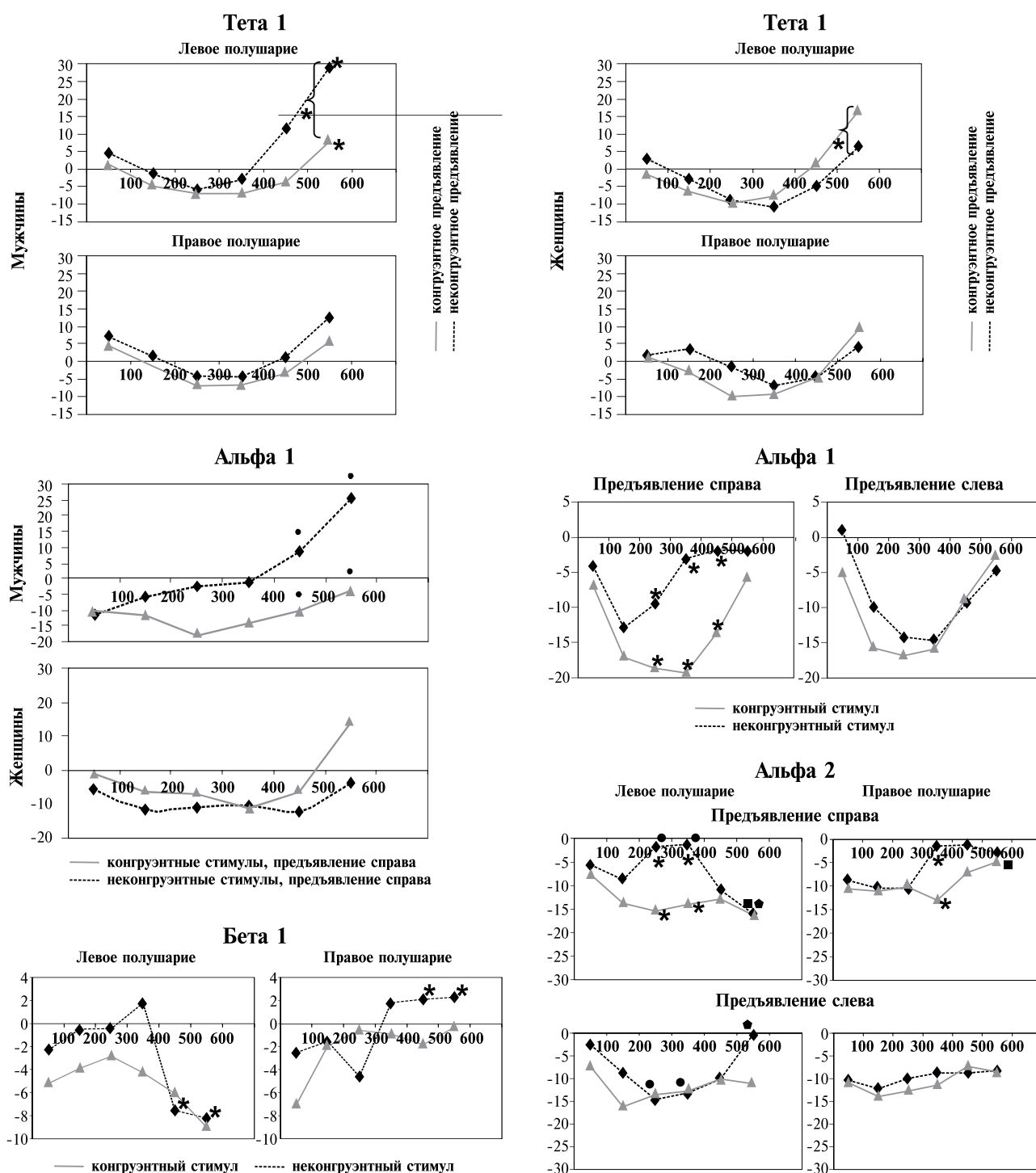


Рис. Изменение временных показателей вызванной синхронизации/десинхронизации ритмов во фронтальной и темпоро-парието-окципитальной областях правого и левого полушарий при предъявлении латерализованных и пространственно интегрированных стимулов в задаче Струпа

обработки информации (300–600 мс) в правом полушарии и отсутствовали в левом. Половые различия выявлены для ВС/ВД на временном промежутке 400–600 мс только при предъявлении конгруэнтных стимулов. При правостороннем предъявлении наблюдалась синхронизация био-

потенциалов у мужчин и десинхронизация у женщин. Обратная картина для испытуемых разного пола выявлена при левостороннем предъявлении.

Достоверное взаимодействие факторов **КОНГРУЭНТНОСТЬ × ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ × ВРЕМЯ** ($F(5, 140) = 2,894$,

$p = 0,016$ ($G-G\ p = 0,032$)) в альфа1-частотном диапазоне было получено для окципитальных областей (**рис.**). С помощью апостериорного анализа показано, что на средних и поздних временных этапах, десинхронизация мощности биопотенциалов альфа1-ритма была выше для неконгруэнтных стимулов, чем для конгруэнтных, на 200–500 мс.

В частотном диапазоне альфа2 достоверно взаимодействовали факторы КОНГРУЭНТНОСТЬ \times ЛАТЕРАЛЬНОСТЬ ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ \times ПОЛУШАРИЕ \times ВРЕМЯ ($F(6, 168) = 3,494$, $p < 0,001$) для темпоро-парието-окципитальных областей (**рис.**). Анализ взаимодействия показал, что при предъявлении в правое поле зрения десинхронизация была больше для неконгруэнтных стимулов по сравнению с конгруэнтными как в левом (200–500 мс), так и в правом полушарии (300–400 мс). В то же время для левого полушария десинхронизация была достоверно выше в интервале 200–400 мс при предъявлении стимула в левое зрительное поле по сравнению с правым. Для поздних временных этапов (500–600 мс) достоверные различия для конгруэнтных стимулов были выявлены между полушариями при правостороннем предъявлении и для левого полушария в зависимости от латеральности предъявления. Так, при предъявлении в правое зрительное поле в левом полушарии десинхронизация альфа2-ритма была больше, чем в правом. В левом полушарии при правостороннем предъявлении десинхронизация мощности биопотенциалов была выше, чем при левостороннем предъявлении.

В частотном диапазоне бета1 выявлено достоверное взаимодействие факторов КОНГРУЭНТНОСТЬ \times ПОЛУШАРИЕ \times ВРЕМЯ ($F(5, 140) = 2,637$, $p = 0,02$ ($G-G\ p = 0,04$)) для парието-окципитальных областей. Анализ методом плановых сравнений показал, что основные различия наблюдались на поздних временных этапах обработки информации (400–600 мс) и заключались в том, что при предъявлении конгруэнтных стимулов для левого полушария была характерна десинхронизация мощности биопотенциалов, а для правого — синхронизация.

Обсуждение результатов

Обнаружено, что как половые различия, так и различия, связанные с конгруэнтностью/неконгруэнтностью предъявляемых стимулов, проявляются преимущественно при предъявлении пространственно интегрированных стимулов и связаны с поздними этапами (400–600 мс) обработки информации.

Половые различия ВС/ВД выявлены для частотных диапазонов тета1 и альфа1 и обусловлены особенностями обработки конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов.

В тета1-диапазоне ЭЭГ синхронизация ритма в левой темпоро-парието-окципитальной области у мужчин была больше для конгруэнтных стимулов, чем для неконгруэнтных, тогда как у женщин не наблюдалось достоверных различий. Эти данные позволяют предположить, что стратегии обработки конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов отличались у мужчин, несмотря на общую инструкцию во всех случаях игнорировать словесную составляющую стимула.

В работах ряда авторов показано, что синхронизация тета1-ритма связана с процессами оперативной памяти, обеспечивающей кратковременное хранение информации и ее использование в соответствии с задачами текущей деятельности [14]. Метаболические исследования показывают, что оперативная память обеспечивается активностью нервных сетей, включающих фронтальные и парietальные ассоциативные области коры [15]. Эти же области активируются при выполнении задач, связанных с селективными процессами и принятием решений. Увеличение мощности тета-ритма в этих отделах мозга наблюдается при ожидании и выделении стимулов, то есть в связи с процессами внимания [15, 16]. Таким образом, современные данные позволяют заключить, что изменения мощности тета-ритма отражают активность глобальной системы, образованной фронтальными и парietальными отделами мозга и обеспечивающей гибкость поведения за счет оперативного хранения и фокусирования внимания на релевантной в данный момент информации [17].

Вместе с тем установлено, что передние и задние отделы системы внимания отличаются степенью избирательной селекции. Так, показано, что парietальные области коры мозга выделяют категориальные характеристики, общие для релевантных и иррелевантных стимулов [1]. При предъявлении стимулов в задаче Струпа для конгруэнтных стимулов такой общей категориальной характеристикой может быть семантическое значение цвета, которое совпадает для релевантной (цвет шрифта) и нерелевантной (семантическое значение слова, обозначающего цвет) составляющей стимула. Можно предположить, что при случайном предъявлении конгруэнтных и неконгруэнтных стимулов это выделение и удержание в памяти общих категориальных признаков конгруэнтных стимулов более выра-

жено у мужчин, так как только для них характерно достоверное увеличение мощности тета ритма в задних отделах коры мозга на релевантные стимулы по сравнению с нерелевантными. При этом следует отметить, что такие различия в тета1-синхронизации на конгруэнтные/неконгруэнтные стимулы выявлено только для левого полушария. Известно, что синхронизация тета1-ритма в задних отделах левого полушария наблюдается при обработке слов, что согласуется с представлением о специализации левого полушария в обработке речевой информации [18]. По-видимому, автоматический анализ смысла слова в речевом левом полушарии может способствовать выделению и удержанию в памяти информации о категориальном единстве словесного и цветового компонентов стимула.

Половые различия для ВС/ВД в частотном диапазоне альфа1 выявлены при адресации информации левому полушарию. В этих условиях во фронтальных отделах правого полушария у мужчин наблюдались достоверные различия в ВС/ВД между конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами. Предъявление конгруэнтных стимулов сопровождалось синхронизацией, а неконгруэнтных — десинхронизацией ритма. У женщин отсутствовали различия, связанные с конгруэнтностью/неконгруэнтностью стимулов.

Данные, полученные с помощью позитронно-эмиссионной томографии и функциональных магнитно-резонансных исследований, касающиеся функциональной значимости фронтальной области правого полушария, свидетельствуют о вовлечении этого региона в процессы поддержания внимания на релевантный стимул [19], ингибирования иррелевантной информации и регулирования общего уровня активации нейронных сетей [20]. В то же время в ряде работ установлена положительная корреляция между десинхронизацией альфа1-ритма и трудностью задачи, а также уровнем внимания. Согласно многочисленным литературным данным, уменьшение мощности альфа1-ритма отражает активацию корковых структур мозга, а увеличение — снижение активации, торможение [21]. По данным нашего исследования, только у мужчин при предъявлении стимула в правое поле зрения, когда вследствие особенностей связей сетчатки глаза с полушариями информация попадает в левое полушарие (специализирующееся на обработке семантической информации), наблюдается синхронизация альфа1-ритма в лобных отделах правого полушария. Можно предположить, что при выяв-

лении сходства информации, заключенной в словесной и цветовой составляющих стимула, мужчины реагируют, основываясь на единстве этих характеристик. Соответственно, дальнейшая задача упрощается, так как отпадает необходимость селекции иррелевантной по условиям задачи словесной информации. Такое предположение основывается на факте снижения мощности альфа1-ритма во фронтальных отделах правого полушария, что может быть связано с ослаблением внимания, и согласуется с приведенными выше данными, касающимися особенностей синхронизации тета-ритма на предъявление конгруэнтных стимулов у мужчин. Женщины же, вероятно, более старательно выполняют требования, предъявляемые в эксперименте, и игнорируют словесную информацию даже в случае конгруэнтности иррелевантных стимулов.

В нашей работе также выявлены не связанные с полом различия между конгруэнтными и неконгруэнтными стимулами по показателям ВС/ВД в частотных диапазонах альфа1 и альфа2 для задних отделов полушарий мозга. Данные по альфа1-ритму показали, что во временном интервале 300–500 мс десинхронизация биоэлектрических потенциалов альфа1-ритма была выше для неконгруэнтных стимулов, чем для конгруэнтных. В работах В. Климеша с соавторами показано, что альфа1-десинхронизация свойственна неспецифическим процессам, таким как бдительность и ожидание, и не зависит от модальности стимула [13]. Таким образом, обнаруженная в нашей работе десинхронизация альфа1-ритма в задних регионах коры при предъявлении стимулов в правое поле зрения может отражать процессы нейронной активации на предъявление неконгруэнтных стимулов на этапе селекции семантической и цветовой составляющей стимула (300–400 мс), тем более, что задняя система не только может быть вовлечена в процессы, связанные с выделением зрительного пространства, но и играет важную роль в распределении ресурсов мозга на предъявленные внешние стимулы, что становится наиболее актуальным при предъявлении неконгруэнтных стимулов. В связи с этим можно предположить, что увеличение десинхронизации альфа1-ритма отражает трудность задания, которая является наибольшей в случае предъявления неконгруэнтных стимулов.

Аналогичные данные, показывающие большую десинхронизацию ритма на неконгруэнтный стимул по сравнению с конгруэнтным получены в частотном диапазоне альфа2.

Однако эти различия были характерны для левого полушария и наблюдались в случае адресации информации непосредственно этому полушарию (предъявление стимулов в правом поле зрения). Согласно данным В. Климеша [14], в отличие от низкочастотного, высокочастотный альфа-ритм чувствителен к качественным характеристикам стимула, его смысловому содержанию. Большая десинхронизация альфа2-ритма в левом полушарии может быть связана с трудностью выделения названия цвета шрифта, когда противоречивый стимул подается в полушарие, специализирующееся на обработке его irrelevantной словесной составляющей. Отсутствие смыслового конфликта при предъявлении конгруэнтного стимула делает обработку информации более легкой.

Анализ частотного диапазона бета1 не показал связи временной динамики ВД/ВС с полом испытуемых, однако были выявлены полушарные различия, которые наблюдались на поздних временных этапах обработки информации (400–600 мс) и заключались в том, что при предъявлении конгруэнтных стимулов в левом полушарии наблюдалась десинхронизация биопотенциалов, тогда как в правом полушарии наблюдалась синхронизация. В ряде работ показано, что десинхронизация бета ритма возникает в моторных отделах коры мозга в процессе планирования и подготовки моторной реакции [22]. В то же время известно, что если в процессе обработки участвуют зрительные стимулы, то формирование ответа происходит с участием задних областей мозга, где наблюдается выраженная бета-десинхронизация [23]. Показано, что латерализованное снижение мощности бета1 ритма происходит в полушарии контрлатеральной руке, осуществляющей движение, и связано с моторной селекцией.

В нашей работе во время ответной реакции испытуемые должны были нажимать соответствующую цвету клавишу правой рукой, движение которой формируется в левом полушарии. В связи с этим увеличение десинхронизации бета1-ритма в парието-темпоро-окципитальном регионе левого полушария на поздних этапах обработки стимулов может быть связано с подготовкой ответной реакции. Это увеличение было достоверно выражено лишь для конгруэнтных стимулов. Исходя из того, что временной отрезок для анализа ВС/ВД был выбран короче, чем ВР на конгруэнтный стимул, можно предположить, что подготовка реакции на неконгруэнтный стимул, имеющей больший латентный период по сравнению

с конгруэнтным, происходит на этапе, который начинается за рамками анализируемого промежутка времени.

Работа выполнена при поддержке гранта РГНФ 08-06-00614а.

Литература

1. *Stroop J.R.* Studies of interference in serial verbal reactions // *J. Exp. Psychol.* 1935. 18. 643–662.
2. *West R.* The effects of aging on controlled attention and conflict processing in the Stroop task // *J. Cogn. Neurosci.* 2004. 16. 103–113.
3. *Perlstein W.M., Larson M.J., Dotson V.M., Kelly K.G.* Temporal dissociation of components of cognitive control dysfunction in severe TBI: ERPs and the cued-Stroop task // *Neuropsychologia.* 2006. 44. 260–274.
4. *Rosenfeld J.P., Rao A., Soskins M., Miller A.R.* Scaled P300 Scalp distribution correlates of verbal deception in an autobiographical odd ball task // *J. Psychophysiol.* 2003. 17. 14–20.
5. *Суворов Н.Ф., Таиров О.П.* Психофизиологические механизмы избирательного внимания. Л.: Наука, 1985.
6. *Suvorov N.F., Tairov O.P.* Psychophysiology mechanisms of selective attention. L.: Nauka, 1985.
7. *Posner M.I., Petersen S.E.* The attention system of the human brain // *Ann. Rev. Neurosci.* 1990. 13. 25–42.
8. *West R., Bell M.A.* Stroop color-word interference and electroencephalogram activation: Evidence for age-related decline of the anterior attention system // *Neuropsychology.* 1997. 11. 421–427.
9. *Goldberg E., Harner R., Lowell M. et al.* Cognitive bias, functional cortical geometry, and the frontal lobes: Laterality, sex, and handedness // *J. Cognit. Neurosci.* 1994. 6. 276–296.
10. *Volf N.V., Razumnikova O.M.* Gender differences in EEG coherence during verbal memory task in normal adults // *Int. J. Psychophysiol.* 1999. 34. 113–122.
11. *Вольф Н.В.* Половые различия функциональной организации процессов полушарной обработки речевой информации. Ростов-на-Дону: ЦБВР, 2000.
12. *Volf N.V.* Sex differences of function organization of processes hemispheric handling of speech information // *Rostov-na-Donu: CVVR.* 2000.
13. *Брызгалов А.О., Вольф Н.В.* Половые различия ЭЭГ-когерентности при решении задачи Струпа // *Журн. высш. нервн. деят.* 2006. 56. (4). 464–471.
14. *Bryzgalov A.O., Volf N.V.* Sex differences of EEG-coherence during deciding Stroop task // *Zhurn. vyssh. nervn. deyat.* 2006. 56. (4). 464–471.
15. *Klimesch W., Pfurtscheller G., Mohl W., Schimke H.* Event-related desynchronization, ERD-mapping and hemispheric differences for word and number // *Int. J. Psychophysiol.* 1991. 8. (3). 297–308.
16. *Klimesch W.* EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // *Brain Res. Rev.* 1999. 29. 169–195.
17. *Smith E.E., Jonides J., Koeppel R.A.* Dissociating verbal and spatial working memory using PET // *Cereb. Cortex.* 1996. 6. 11–20.

15. Gomarus H.K., Althaus M., Wijers A.A., Minderaa R.B. The effects of memory load and stimulus relevance on the EEG during a visual selective memory search task: an ERP and ERD/ERS study // Clin. Neurophysiol. 2006. 117. 871–884.
16. Hampshire A., Duncan J., Owen A.M. Selective tuning of the blood oxygenation level-dependent response during simple target detection dissociates human frontoparietal subregions // J. Neurosci. 2007. 27. 6219–6223.
17. Mölle M., Marshall L., Fehm H.L., Born J. EEG theta synchronization conjoined with alpha desynchronization indicate intentional encoding // Eur. J. Neurosci. 2002. 15. 923–928.
18. Manly T., Owen A.M., McAvinue L. et al. Enhancing the sensitivity of a sustained attention task to frontal damage: convergent clinical and functional imaging evidence // Neurocase. 2003. 4. 340–349.
19. Sturm W., Willmes K. On the functional neuroanatomy of intrinsic and phasic alertness // Neuroimage. 2001. 14. 76–84.
20. Chavanon M., Wacker J., Stemmler A.L.G. Evidence for a dopaminergic link between working memory and agentive extraversion: An analysis of load-related changes in EEG alpha 1 activity // Biol. Psychol. 2007. 74. 46–59.
21. Louise M.F., Doyle, Yarrow K., Brown P. Lateralization of event-related beta desynchronization in the EEG during pre-cued reaction time tasks // Clin. Neurophysiol. 2005. 116. 1879–1888.
22. Bočková M., Chládek J., Jurák P. et al. Executive functions processed in the frontal and lateral temporal cortices: Intracerebral study // Clin. Neurophysiol. 2007. 118. 2625–2636.

ANALYSIS OF ERS/ERD IN MODIFIED STROOP TASK: ROLE OF SEX FACTOR

Arkadiy Olegovich BRYZGALOV, Nina Valerievna VOLF

*Institute of Physiology SB RAMS
4, Timakov str., Novosibirsk, 630117*

Sex differences by ERS/ERD during Stroop task in which color and word could be congruent and incongruent and spatially integrated or separated were studied. The analysis of frequency-time parameters of EEG revealed significant for sexual distinctions of frequency bands (theta and alpha1) and time stages of processing of the information by ERS/ERD during Stroop task. Sex difference have been expressed at late stages of processing of the information, connected with presentation spatially integrated congruent stimulus and reflect features of formation of responses. The main differences were not connected with a sex were revealed in an alpha and beta 1 frequency bands only at presentation of spatially integrated stimulus and connected also with late stages of processing of the information.

Keywords: Stroop task, ERS/ERD, lateralization, spatial separation, sex differences.

*Bryzgalov A.O. — Candidate of Biological, e-mail: arkadiy@physiol.ru
Volf N.V. — Doctor of Biological, professor, e-mail: volf@physiol.ru*