На правах рукописи

ИВАНОВ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КОРКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ ВОСПРИЯТИИ КОРОТКИХ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ

03.00.13 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск 2004

Работа выполнена на кафедре физиологии человека и животных и в лаборатории физиологии человека НИИ биологии и биофизики Томского государственного университета

Научный руководитель
доктор биологических наук, с.н.с. Бушов Юрий Валентинович

Официальные оппоненты
доктор биологических наук, профессор Карташев Александр Георгиевич
доктор медицинских наук, профессор Капилевич Леонид Владимирович

Ведущая организация НИИ физиологии СО РАМН г. Новосибирск

Защита состоится _2 февраля 2005 г. в _10_ часов на заседании диссертационного совета Д 212.267.10 при Томском государственном университете (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета (634050, г. Томск, пр. Ленина, 34).

Автореферат разослан «_27_» __декабря__2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Головацкая И.Ф.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Восприятие времени является одной из важнейших функций мозга и играет особую роль в трудовой и познавательной деятельности современного человека. Это связано с тем, что широкая компьютеризация и внедрение в науку, производство и образование новейших информационных технологий предъявляют повышенные требования к способности человека ориентироваться во времени. Поэтому, изучение индивидуальных особенностей и механизмов восприятия времени является важной и актуальной проблемой современной психофизиологии.

Несмотря на достигнутые успехи, в рамках этой проблемы, имеется много нерешенных вопросов. В частности, это касается понимания роли различных структур и полушарий мозга в механизмах отсчета времени.

Одним из перспективных подходов к решению этой задачи является подход, основывающийся на анализе пространственной синхронизации биоэлектрической активности мозга при разных способах шкалирования интервалов времени.

Развитие методов регистрации и анализа биоэлектрической активности мозга человека, позволяет проследить динамику внутри и межполушарных взаимодействий, характер связей между различными отделами головного мозга и влияние разнообразных факторов на указанные отношения в интактном мозге человека (Костандов Э.А., 1983; Иваницкий А.М. и др., 1984; Ливанов М.Н., 1989; Мосидзе В.М., Эзрохи В.Л., 1989; и др.).

Установлено, что характер внутри и межполушарных взаимодействий существенно зависит от состояния и индивидуальных особенностей человека, от вида выполняемой деятельности и других факторов (Бианки В.Л., 1989; Ливанов М.Н., 1989; Медведев С.В., Пахомов С.В., 1989; Свидерская Н.Е., Королькова Т.А., 1996; и др.).

Однако особенности указанных взаимодействий при такой специфической деятельности человека как восприятие интервалов времени изучены недостаточно. Имеющиеся на этот счет немногочисленные литературные данные зачастую отрывочны, противоречивы и трудно сопоставимы. Вместе с тем такого рода исследования представляют несомненный интерес. Это связано в частности с тем, что восприятие времени представляет собой очень удобную модель для изучения психической деятельности человека, так как разные способы субъективной оценки времени требуют разного участия первой и второй сигнальных систем, базируются на использовании разных видов памяти.

Цель работы: изучить зависимость корковых взаимодействий при восприятии коротких интервалов времени от способа шкалирования этих интервалов, этапа выполняемой перцептивной задачи, способа предъявления сигналов и воспроизведения их длительности, от состояния и индивидуальных особенностей человека.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1 - изучить особенности корреляционных связей между биоэлектрической активностью различных зон коры больших полушарий мозга при разных способах шкалирования длительности коротких зрительных и слуховых сигналов;

2 – изучить динамику указанных связей на разных этапах сенсомоторной деятельности, связанной с восприятием коротких интервалов времени;

3 - изучить зависимость тех же связей от способа предъявления (в оба уха, в правое или левое ухо) и способа воспроизведения (левой или правой рукой) длительности звуковых сигналов;

4 - изучить связь индивидуально-психологических особенностей и состояния человека с характером корковых связей и точностью восприятия коротких интервалов времени;

5 – изучить взаимосвязь уровней кортикальных связей с точностью восприятия коротких интервалов времени.

Научная новизна работы. Впервые изучена динамика корковых взаимодействий у человека при разных способах шкалирования коротких интервалов времени, при наличии и в отсутствии обратной связи о результатах деятельности. Установлена зависимость этих взаимодействий от способа шкалирования интервалов времени, этапа выполняемой перцептивной задачи, способа предъявления и воспроизведения длительности стимулов, индивидуальных особенностей и состояния человека.

Обнаружена зависимость точности восприятия коротких интервалов времени и корковых взаимодействий от личностных особенностей, особенностей интеллекта, индивидуального профиля функциональной межполушарной асимметрии мозга и состояния человека. На характер этой зависимости существенное влияние оказывает способ шкалирования интервалов времени.

Впервые показано, что различные этапы системного процесса восприятия времени сопровождаются быстрыми перестройками корковых взаимодействий.

Научно-практическое значение работы. Настоящее исследование выполнено в соответствии с координационными планами и программами МО РФ, при финансовой поддержке грантов МО и РГНФ №99-06-00253а.

Результаты исследований имеют важное значение для понимания системных механизмов восприятия времени, а также для разработки теоретических основ и решения практических задач профессионального от-

бора. В частности, результаты работы могут быть использованы при разработке критериев профессионального психофизиологического отбора лиц к операторской деятельности, связанной с монотонностью.

Результаты работы внедрены в учебный процесс и используются при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Физиология высшей нервной деятельности» и «Физиология сенсорных систем» в Томском государственном университете.

Положения, выносимые на защиту:

1. Характер корковых взаимодействий при восприятии коротких интервалов времени существенно зависит от способа шкалирования этих интервалов времени, этапа выполняемой перцептивной задачи, способа предъявления и воспроизведения длительности стимулов.

2. Восприятие времени является системным процессом, который включает пять последовательных этапов. Различные этапы этого процесса сопровождаются быстрыми перестройками корковых взаимодействий.

3. Точность восприятия коротких интервалов времени, и структура корковых связей существенно зависят от личностных особенностей, особенностей интеллекта, индивидуального профиля функциональной межполушарной асимметрии мозга и состояния человека. На характер этой зависимости существенное влияние оказывает способ шкалирования интервалов времени.

Апробация работы. Материалы диссертационной работы были доложены и обсуждались на XXXVI Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» (Новосибирск, 1999); Межрегиональной научной конференции Сибири и Дальнего Востока, посвященной 150-летию со дня рождения академика И.П. Павлова (Томск, 1999); Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2000» (Москва, 2000); XXX Всероссийском совещании по проблемам высшей нервной деятельности (Санкт-Петербург, 2000); Всероссийской конференции, посвященной памяти и 95-летию со дня рождения В.А. Пегеля (Томск, 2001); IV Съезде физиологов Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, 2002).

Публикации. Основные научные результаты по теме диссертации опубликованы в 23 печатных работах, в том числе четыре в центральных реферируемых журналах.

Структура и объем работы Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, методик исследования, двух глав результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов и приложений. Список литературы включает 161 источник, из которых – 121 отечественных и 40 иностранных авторов. Работа содержит 13 рисунков, 17 таблиц и 55 приложений.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования. В исследованиях, выполненных в период с 1998 по 2001 годы, приняло участие 109 практически здоровых добровольцев - мужчины в возрасте от 18 до 25 лет, учащиеся томских вузов.

Исследование сенсомоторной асимметрии. С помощью батареи стандартных тестов (В.П. Леутин, Е.И. Николаева, 1988) и анкеты для оценки мануального предпочтения (Леворукость, антропоизометрия и латеральная адаптация, 1985) у испытуемых (Ис) выявляли ведущую руку, ведущую ногу (тест колено на колено, перекрест голеней и стоп, толчковая нога в прыжках, ведущая нога в футболе), ведущий глаз (тест «дырочка в карте», тест с карандашом), ведущее ухо (разговор по телефону, прислушивание, определение слуховых порогов).

Психологическое тестирование. При исследовании индивидуально-психологических особенностей Ис использовали следующие тесты: тест Г. Айзенка (формы А и Б) для оценки уровней экстраверсии и нейротизма (Богомолов Ю.П., Воронкин А.И., Куст В.П., 1974); математический, графический и лингвистический тесты Г. Айзенка (Айзенк Г., 1994) для оценки коэффициента интеллекта (IQ); анкету самооценки функционального состояния (АСФС) для определения уровней мотивации и активности, а также для оценки эмоционального состояния и самочувствия. Тесты Айзенка проводились за 1-2 дня до эксперимента. Тест АСФС проводился непосредственно до, и после исследования восприятия времени.

Исследование восприятия времени. Исследование восприятия времени проводилось с использованием разработанной в лаборатории компьютерной методики, реализованной в виде программы на языке Паскаль для ЭВМ IBM PC XT/AT с операционной системой MS-DOS 3.3.

Для исследования биоэлектрической активности мозга в процессе восприятия времени, были реализованы следующие режимы:

1.Фоновая запись ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования, при открытых глазах и фиксированном взоре.

2. Исследование восприятия заданного ритма. В серии с применением звуковой стимуляции, испытуемому бинаурально, через наушники, предъявлялись звуковые сигналы интенсивностью 60 дБ, частотой 2000 Гц, продолжительностью 10 мс, которые следовали с периодом 2000мс. Испытуемому предлагалось вначале прослушать и запомнить эталонный ритм затем, периодически нажимая и отпуская клавишу “пробел” указательным пальцем правой руки воспроизвести заданный ритм. В серии со зрительной стимуляцией, восприятие двухсекундного ритма происходило при активном внимании к зрительным стимулам (подсчитывание количества предъявляемых стимулов). Стимулом служил светлый квадрат (2×2 см), появляющийся на 50 мс в центре затемненного экрана монитора.

3. Отмеривание длительности интервалов времени. Эталонный интервал времени задавался цифрой, предъявляемой в центре экрана монитора. Длительности 200 и 800 мс предъявлялись по 50 раз каждая в слу-

чайном порядке, интервал между стимулами составлял 1000 мс. В случае отмеривания интервалов времени с обратной связью о результатах деятельности, через 1 секунду после отмеривания заданного интервала на экране монитора появлялась относительная ошибка отмеривания. Отмеривание длительности осуществлялось путем двойного нажатия указательным пальцем правой руки на клавишу «пробел».

4. Воспроизведение длительности эталонного стимула. В серии с воспроизведением длительности звуковых сигналов, интенсивность стимулов составила 60 дБ, частота 2000 Гц, длительности: 200 мс - 15 стимулов, 500 мс - 15 стимулов, 800 мс - 15 стимулов. В серии со зрительной стимуляцией, стимулом служил светлый квадрат со стороной 2 см, появляющийся на заданное время (200 и 800мс) в центре затемненного экрана монитора. В случае воспроизведения длительности с обратной связью о результатах деятельности, через 1 секунду после репродукции заданного интервала на экране монитора появлялась относительная ошибка воспроизведения. Воспроизведение длительности стимулов осуществлялось аналогично режиму «3».

Регистрация биоэлектрической активности мозга. При регистрации ЭЭГ использовали слабополяризующиеся хлорсеребряные электроды. Регистрация ЭЭГ осуществлялась с помощью восьмиканального полинейрографа с постоянной времени 3 секунды, верхняя частота среза составила 70 Гц, входное сопротивление ~100 мОм.

ЭЭГ записывали монополярно с использованием международной системы отведений 10-20%, в следующих комбинациях отведений: лобные (F3, F4); центральные (C3, C4); теменные (P3, P4) и затылочные (O1, O2); референтный электрод устанавливался на мочку правого, а земляной на мочку левого уха испытуемого. ЭЭГ регистрировалась при открытых глазах и фиксированном взоре.

Параллельно с записью ЭЭГ регистрировали ЭКГ (отведение «А» по Небу) для контроля текущего стояния Ис. С целью устранения артефактов, связанных с движением глаз и электродермальной активностью, регистрировали также КГР (по методу Тарханова, хлорсеребряные электроды устанавливались на внутреннюю и наружную стороны запястья левой руки Ис) и ЭОГ (слабополяризующиеся керамические электроды устанавливались над бровью и у нижнего края глазной впадины левого глаза Ис). Регистрация ЭКГ, ЭОГ, КГР осуществлялась с помощью полиграфа П8-Ч01. Все указанные показатели записывались в память компьютера для последующей обработки и анализа. При вводе аналоговых сигналов в ЭВМ, частота дискретизации составляла: для режимов восприятия ритма – 500 Гц, для остальных режимов восприятия времени - 200 Гц.

Методы статистической обработки данных. В ходе обработки и анализа биоэлектрической активности головного мозга применялись следующие математические методы: корреляционный, дисперсионный и факторный анализы.

Выбранные для анализа отрезки ЭЭГ длительностью от 20 до 40 с, лишенные артефактов, подвергались фильтрации с целью удаления низкочастотного тренда и возможных сетевых наводок (50Гц). В этой процедуре использовался аддитивный фильтр Хэмминга, позволяющий выделить необходимый частотный диапазон для анализа. В данной работе, для анализа использовался диапазон частот от 1 до 40 Гц. О силе связей между биоэлектрической активностью различных зон коры больших полушарий мозга судили по максимальному значению соответствующих кросскорреляционных функций. При подсчете кросскорреляционных функций максимальное число задаваемых лагов составляло 15.

Для оценки силы связи между переменными, распределение которых отличается от нормального, использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

При сравнении найденных коэффициентов кросс-корреляции использовали Z- преобразование Фишера и t- критерий Стьюдента (как для зависимых, так и для независимых выборок).

Факторный анализ использовался в данной работе для предварительного сжатия полученной информации. В частности проведенный факторный анализ позволил объединить исследуемые индивидуальные признаки и показатели состояния Ис в виде следующих относительно независимых факторов: «исходное состояние», «интеллект», «сенсомоторная асимметрия», «экстраверсия», «нейротизм». В ходе последующего дисперсионного анализа (ANOVA/MANOVA) исследовали влияние этих факторов на динамику корковых взаимодействий.

С целью выявления быстрых изменений корковых взаимодействий на разных этапах выполняемой сенсомоторной деятельности был использован тот же прием, который применяется при выделении вызванных потенциалов методом суммации.

ЭЭГ, которая была записана синхронно с предъявляемыми стимулами, “резали” на одинаковые по длине отрезки. В последующем начало, и конец первого отрезка совмещали с началом и концом второго отрезка и т.д. В результате этой процедуры для каждого отведения была получена матрица данных. Строки в такой матрице соответствуют порядковому номеру анализируемого отрезка, а столбцы – порядковому номеру сечения ЭЭГ, который отсчитывался от начала отрезка. В ходе дальнейшей обработки полученные матрицы данных попарно “коррелировали” между собой. При этом подсчитывали парные коэффициенты корреляции Спирмена (ККС) между столбцами матриц с одинаковыми номерами. Полученные таким образом ККС отражают динамику межцентральных взаимодействий на разных этапах выполняемой деятельности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость динамики корковых взаимодействий от способа шкалирования интервалов времени. Для изучения картины пространственной синхронизации биопотенциалов при восприятии времени, был проведен кросскорреляционный анализ.

При анализе, учитывали только максимальные значения кросскорреляционных функций, по которым с помощью Z-преобразования Фишера вычисляли коэффициенты корреляции (КК), имеющие распределение близкое к нормальному.

С помощью корреляционного анализа выявлены значимые связи между биоэлектрической активностью исследуемых зон коры в состоянии спокойного бодрствования, при восприятии и воспроизведении ритма, при воспроизведении и отмеривании интервалов времени. Наиболее тесные внутриполушарные связи наблюдались между лобной ассоциативной, центральной и сенсомоторными зонами коры левого и правого полушарий, однако уровень этих связей был заметно выше в левом полушарии. Вероятно, более высокий уровень левополушарных связей обусловлен тем, что среди Ис преобладают «правши», у которых речевые центры, как правило, расположены в левом полушарии. С другой стороны известно, что для бодрствующего человека характерны тесные связи на частоте альфа-ритма между моторно-речевыми зонами и другими областями коры.

Для всех режимов восприятия времени по сравнению с состоянием спокойного бодрствования, характерно статистически значимое повышение среднего уровня корковых связей, усиление правополушарных, левополушарных и межполушарных связей. Наиболее тесные межполушарные связи характерны для режимов воспроизведения ритма и отмеривания длительности звуковых сигналов. Последнее, вероятно, обусловлено тем, что репродукция ритма и отмеривание интервалов времени требуют большего участия второй сигнальной системы. Это предположение согласуется с мнением ряда авторов (Дмитриев А.С., 1964; Сурнина О.Е., Лупандин В.И., 1991) об участии в воспроизведении ритма второй сигнальной системы с активным вовлечением в данный процесс лобно-ассоциативной зоны коры. Что касается режима отмеривания, при котором интервалы времени задаются цифрами, то он протекает при обязательном участии второй сигнальной системы.

Иная картина наблюдается в режиме воспроизведения длительности сигналов. Структура корковых связей, характерная для данного вида деятельности, практически не отличается от исходной, в состоянии спокойного бодрствования. Вероятно, это объясняется тем, что репродукция длительности звуковых сигналов является более простой задачей и осуществляется практически без участия второй сигнальной системы.

С целью изучения системной организации биопотенциалов головного мозга в различных режимах восприятия времени, был проведен факторный анализ. Проведенный анализ показал, что в большинстве случаев биоэлектрическую активность мозга Ис характеризуют два общих фактора. Причем в один из них с высокими факторными весами входят лобно-центральные отведения, в другой – теменно-затылочные (Табл. 1).

Возможно, эти факторы отражают наличие в коре головного мозга двух фокусов взаимодействия (ассоциативного и проекционного), которые формируются при восприятии времени. Полученные данные хорошо согласуются с работами ряда авторов (Иваницкий А.М., 1984; Бианки В.Л., 1989; Медведев С.В., Пахомов С.В., 1989; Свидерская Н.Е., Королькова Т.А., 1996), в которых показано наличие лобно-ассоциативного и затылочно-проекционного фокусов взаимодействия в процессе мыслительной деятельности.

Таблица 1

Примеры результатов факторного анализа биоэлектрической активности мозга Ис в состоянии спокойного бодрствования

Отведения	**Ис. (11)**		**Ис. (22)**	
	ФАКТОР 1	**ФАКТОР 2**	**ФАКТОР 1**	**ФАКТОР 2**
F3	0.08	0.91*	0.88*	0.15
F4	0.02	0.92*	0.89*	0.03
C3	0.42	0.81*	0.80*	0.39
C4	0.46	0.74*	0.87*	0.27
P3	0.80*	0.40	0.49	0.68
P4	0.78*	0.34	0.48	0.69
O1	0.93*	0.05	0.09	0.94*
O2	0.96*	0.05	0.06	0.93*
Вклад фактора	3.42	3.17	3.46	2.95
Процент учтенной дисперсии	**43**	**40**	**43**	**37**
Отведения	**Ис. (9)**			**Ис. (4)**
	ФАКТОР 1	**ФАКТОР 2**	**ФАКТОР 3**	**ФАКТОР 1**
F3	-0.06	0.43	0.82*	0.80*
F4	-0.00	0.90*	0.25	0.78*
C3	0.28	0.17	0.89*	0.91*
C4	0.44	0.83*	0.12	0.89*
P3	0.58	-0.03	0.75*	0.92*
P4	0.85*	0.43	0.03	0.89*
O1	0.82*	-0.00	0.43	0.88*
O2	0.94*	0.11	0.14	0.88*
Вклад фактора	2.90	1.91	2.33	6.05
Процент учтенной дисперсии	**36**	**24**	**29**	**76**

Примечание: * - обозначение значимой факторной нагрузки ($p<0.05$).

Поскольку фокусы взаимодействия представляют собой центры синтеза поступающей в кору мозга информации (Иваницкий А.М., 1993), можно предположить, что фокус, расположенный в теменно-

затылочной области коры, где находится соматосенсорная и зрительная кора, обеспечивает синтез информации о физических параметрах стимула с информацией о его новизне и биологической значимости. Результатом такого синтеза являются субъективные ощущения.

В свою очередь, фокус взаимодействия, расположенный в лобно-центральной зоне коры, по-видимому, обеспечивает синтез информации, необходимой для принятия решения, для формирования цели и программы действия, а также для реализации этой программы. Именно в этой области мозга находятся двигательная и лобно-ассоциативная зоны коры. Последняя отвечает, в частности, за вероятностный прогноз будущего, за оценку ситуации, за выбор цели действия и обеспечивает контроль над исполнением действия.

Зависимость корковых взаимодействий при восприятии времени от индивидуальных особенностей человека. Корреляционный анализ выявил наличие значимых связей между биоэлектрической активностью исследуемых зон коры и показателями тестов на вербальный и невербальный интеллект, а также уровнями экстраверсии и нейротизма

Наибольшее количество достоверных связей между показателями успешности выполнения тестов на интеллект и силой кортикальных связей обнаружено при отмеривании интервалов времени, в серии со звуковой стимуляцией (Табл. 2). Причем, в данном режиме, все найденные коэффициенты корреляции оказались отрицательными, а наибольшее количество достоверных корреляций обнаружено с показателем успешности выполнения вербальных тестов.

Полученные результаты можно объяснить следующими причинами. По-видимому, чем выше уровень интеллекта, тем ниже субъективная сложность выполняемого задания и тем ниже уровень кортикальных связей, который напрямую зависит от сложности задания (Свидерская Н.Е., Королькова Т.А., 1996).

Таблица 2

Корреляция показателей интеллекта с уровнем корковых связей при отмеривании интервалов времени

Показатели	Коэффициент корреляции Спирмена
F3-C4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.50
F3-P3 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.41
F3-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.41
F4-C3 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.49
F4-P3 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.52
C3-C4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.46
C3-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.54
C3-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (лингвистический тест)	-0.48
C3-O2 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.42
C4-P3 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.59
C4-P3 - ИНТЕЛЛЕКТ (лингвистический тест)	-0.46
C4-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.68
C4-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (лингвистический тест)	-0.42
C4-O2 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.43
P3-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (графический тест)	-0.45
P3-P4 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.57
P4-O2 - ИНТЕЛЛЕКТ (графический тест)	-0.42
P4-O2 - ИНТЕЛЛЕКТ (математический тест)	-0.58

Примечание. В таблице приведены только статистически значимые коэффициенты корреляции ($p<0.05$).

При выполнении задания на восприятие и запоминание эталонного ритма при активном внимании к стимулам, в серии со зрительной стимуляцией, отмечается наибольшее число значимых корреляций (шесть связей) между уровнем корковых связей и показателем экстраверсии.

Вероятно, это объясняется тем, что при восприятии ритмического раздражителя проявляются различия между испытуемыми в устойчивости к монотонии, которая, как известно, зависит от уровня экстраверсии.

Для этого режима, характерно также наличие корреляций между уровнем корковых связей и показателями успешности выполнения тестов на интеллект (сила связи в комбинации отведений C3-P3 - успешность выполнения графического теста, зависимость прямая; сила связи в комбинации отведений O1-O2 - успешность выполнения лингвистического теста, зависимость обратная).

Следует отметить, что в режимах отмеривания и воспроизведения интервалов времени с обратной связью о результатах деятельности, в серии со зрительной стимуляцией, число корреляций между уровнями корковых связей и индивидуально-психологическими особенностями Ис, значительно меньше (шесть и пять связей соответственно), чем при отмеривании и воспроизведении тех же интервалов времени без обратной связи (одиннадцать и двенадцать корреляций соответственно). Возможно, это объясняется тем, что обратная связь о результатах деятельности частично нивелирует различия субъективной сложности выполняемого задания для разных Ис. Следствием этого является снижение индивидуальных различий уровней корковых связей и меньшая зависимость этих связей от индивидуальных особенностей человека.

Корреляция корковых связей с характеристиками точности восприятия времени. Корреляционный анализ выявил также наличие тесных корреляций между уровнем корковых связей и показателями точности восприятия коротких интервалов времени. Наибольшее число таких корреляций (одиннадцать связей) об-

наружено при репродукции длительности сигналов с индикацией ошибки воспроизведения. Значительно меньше корреляций (две связи) выявлено при отмеривании интервалов времени с обратной связью о результатах деятельности. Причем, в большинстве случаев обнаруженные корреляции положительные. Это означает, что более высокому уровню корковых связей соответствует более высокие величины ошибки воспроизведения и модуль этой ошибки. Вероятно, обнаруженные корреляции в конечном итоге обусловлены зависимостью уровней корковых связей и точности восприятия времени от интеллекта: для лиц с невысоким интеллектом предъявляемые задания являются трудными и это проявляется у них в высоком уровне корковых связей и сочетается с низкой точностью восприятия времени.

При отмеривании интервала 800 мс с индикацией ошибки отмеривания, наблюдается положительная корреляция уровня связи между лобно-центральными отведениями (F3-C3) и величиной стандартного отклонения ($r= 0.41$, $p<0.044$), а также отрицательная корреляция уровня связи между отведениями C3-P4 и величиной ошибки отмеривания ($r=-0.40$, $p<0.048$).

Уровень корковых связей при воспроизведении эталонного ритма положительно коррелирует с ошибкой воспроизведения ритма в комбинации отведений F3-F4 и F4-C4 и отрицательно - с модулем ошибки воспроизведения в комбинации отведений C3-C4.

Связь индивидуально-психологических особенностей человека с характеристиками точности восприятия времени. Исследование взаимосвязей между индивидуальными особенностями человека и основными характеристиками восприятия времени, выявило наличие значимых корреляций практически во всех исследуемых режимах восприятия времени, исключение составили — отмеривание интервалов времени и воспроизведение ритма.

В режиме воспроизведения длительности сигналов показатель успешности выполнения математического теста на интеллект, положительно коррелирует ($r=0.84$, $p<0.002$) со стандартным отклонением, которое характеризует «стабильность» воспроизведения интервала 800мс, тогда как, стандартное отклонение воспроизведения интервала 200мс отрицательно коррелирует с уровнем экстраверсии ($r=-0.69$, $p<0.028$), а уровень нейротизма отрицательно коррелирует с модулем ошибки воспроизведения интервала 800мс ($r=-0.65$, $p<0.04$).

В режиме воспроизведения длительности сигналов с индикацией ошибки воспроизведения, показатель успешности выполнения графического теста на интеллект отрицательно коррелирует с величиной стандартного отклонения при воспроизведении интервалов 200 ($r=-0.37$, $p<0.03$) и 800мс ($r=-0.48$, $p<0.0057$), а уровень экстраверсии положительно коррелирует с величиной стандартного отклонения при воспроизведении интервала 800мс ($r=0.43$, $p<0.01$).

Интересен и тот факт, что в режиме отмеривания интервалов времени с индикацией ошибки отмеривания, выявлена корреляция показателя успешности выполнения лингвистического теста на интеллект с характеристиками отмеривания интервалов времени: отрицательная с величиной ошибки отмеривания и положительная с модулем ошибки отмеривания.

Полученные результаты, о взаимосвязи индивидуальных особенностей человека с характеристиками восприятия времени, подтверждают данные о том, что лица с высоким уровнем интеллекта демонстрируют более высокую точность восприятия интервалов времени (Цуканов Б.И., 1985).

Зависимость динамики корковых взаимодействий от способа предъявления и воспроизведения длительности сигналов. В ходе проведенных исследований, установлена зависимость структуры кортикальных связей от способа предъявления и воспроизведения длительности звуковых сигналов.

Наиболее существенные различия в структуре корковых связей выявлены при сравнении серий, различающихся по способу воспроизведения длительности (правой или левой рукой) звуковых сигналов.

В частности, при воспроизведении длительности сигналов левой рукой, в сравнении с воспроизведением правой рукой, значимо увеличивается общий уровень корреляций и межполушарные связи. В меньшей степени, усиливаются кортикальные связи в теменно-затылочной области коры и правополушарные связи. Оказалось, что структура корковых связей при репродукции длительности звуковых сигналов практически не зависит от способа предъявления этих сигналов (в правое ухо или левое), так как не обнаружено значимых отличий в уровнях корковых связей при моноуральном предъявлении стимулов в левое и правое ухо.

Статистически значимые отличия ($p<0.05$) в уровне корковых связей выявлены только при сравнении серии с бинауральным предъявлением стимулов и воспроизведением их длительности правой рукой от серии с тем же способом воспроизведения, но с предъявлением стимулов в правое ухо. Найдены также отличия ($p<0.05$) в уровне корковых связей между сериями с бинауральным предъявлением стимулов и воспроизведением их длительности левой рукой от серий с тем же способом воспроизведения, но при моноуральном предъявлении стимулов либо в правое, либо в левое ухо.

Таким образом, проведенные исследования показали, что внутри- и межполушарные связи в большей степени зависят от способа воспроизведения длительности звуковых сигналов, чем от способа их предъявления.

Зависимость динамики корковых взаимодействий от этапа выполняемой перцептивной задачи. Одним из наиболее интересных аспектов данного исследования, явился анализ динамики быстрых перестроек корковых взаимодействий на разных этапах изучаемой сенсомоторной деятельности. С этой целью был использован факторный анализ (метод главных компонент) динамики коэффициентов корреляции Спирмена (ККС), характеризующих мгновенные значения уровней корковых связей между разными областями коры.

Это позволило выделить и проанализировать быстрые перестройки корковых взаимодействий на разных этапах выполняемой сенсомоторной деятельности. Изучить зависимость этих перестроек от способа шкалирования интервалов времени и индивидуальных особенностей человека.

Динамика корковых взаимодействий исследовалась в режимах отмеривания и воспроизведения длительности интервалов времени с обратной связью о результатах деятельности. Указанные способы шкалирования интервалов времени значительно различаются между собой, в частности, по степени участия механизмов долгосрочной и краткосрочной памяти, по степени участия первой и второй сигнальных систем.

Динамика корковых взаимодействий при воспроизведении длительности зрительных сигналов с индикацией ошибки воспроизведения. По мнению ряда исследователей (Лупандин В.И., Сурнина О.Е., 1996) воспроизведение длительности предъявленного стимула осуществляется путем «прямой» репродукции этого стимула из краткосрочной памяти, без привлечения субъективного эталона времени, хранящегося в долговременной памяти

Динамика корковых взаимодействий, анализировалась на разных стадиях выполняемой деятельности: при предъявлении стимула эталонной длительности; первое нажатие Ис на клавишу «пробел»; второе нажатие Ис на клавишу «пробел»; предъявление сигнала ошибки воспроизведения.

На каждой стадии в динамике ККС были выделены характерные компоненты (факторы), соответствующие различным этапам обработки информации мозгом при репродукции длительности зрительного стимула.

Предъявление зрительного стимула длительностью 200 мс.

В ответ на предъявление зрительного стимула (светлый квадрат в центре затемненного экрана монитора) длительностью 200 мс в динамике ККС было выделено четыре компоненты (общий процент учтенной дисперсии 90.02) (Рис. 1).

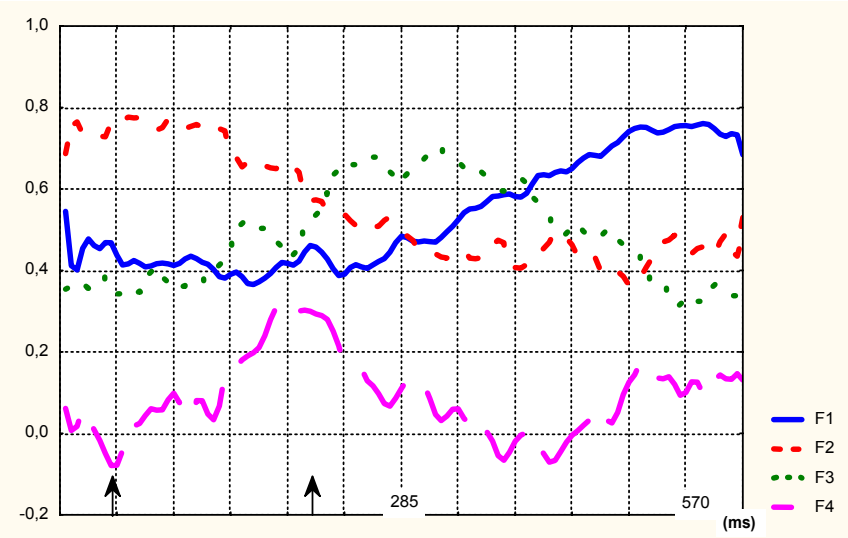

Рис. 1. Компоненты динамики ККС, выделенные на этапе предъявления зрительного стимула (F1, F2 , F3 , F4 – компоненты динамики ККС)

Выделенные компоненты, вероятно, отражают различные этапы обработки информации мозгом при восприятии зрительного стимула (Иваницкий А.М., 1993).

Вторая компонента динамики корковых взаимодействий, имеет максимальную выраженность за 50 мс и во время предъявления зрительного стимула. Эта компонента, вероятно, отражает оценку мозгом физических параметров предъявляемого зрительного стимула, его новизны и значимости - сенсорный этап (Иваницкий А.М., 1993).

Третья компонента достигает максимума в интервале от 200 до 400 мс после начала стимула. Этот максимум совпадает во времени с этапом категоризации стимула (Иваницкий А.М., 1993) и характеризует этап опознания зрительного стимула.

Четвертая компонента, пик которой наблюдается в интервале от 160 до 200 мс, совпадает во времени с этапом информационного синтеза (Иваницкий А.М., 1993) и, отражает процесс синтеза мозгом информации о физических параметрах стимула с информацией о его новизне и значимости и формирование субъективного ощущения.

Первая компонента наиболее выражена в интервале от 400 до 500 мс после начала стимула. Она, вероятно, отражает процесс принятия решения и подготовки моторного акта для воспроизведения длительности предъявленного стимула. Это предположение, согласуется с данными корреляционного анализа, которые свидетельствуют о наличии значимых связей между амплитудой этой компоненты в разных отведениях ЭЭГ и характеристиками точности воспроизведения заданного интервала времени (Табл. 3).

Наибольшее количество связей характерно именно для первой компоненты, отражающей процесс принятия решения и формирование моторной программы действия для репродукции длительности стимула.

Причем, как видно из таблицы, наибольшим количеством связей с характеристиками точности воспроизведения длительности указанного сигнала отличаются амплитуды этой компоненты в лобно-центральных и лобно-затылочных отведениях. Возможно, это связано с тем, что именно фронтальные области коры ответственны за прогностическую деятельность и принятие решения.

Результаты дисперсионного анализа выявили статистически значимое влияние индивидуальных особенностей Ис на выделенные компоненты динамики ККС при восприятии зрительного стимула.

В частности установлено статистически значимое влияние фактора «интеллект» на вторую ($F=4.98$; $p<0.0071$), третью ($F=4.03$; $p<0.018$) и четвертую ($F=16.27$; $p<0.0001$) компоненты динамики ККС.

Причем наиболее сильное влияние этот фактор оказывает на четвертую компоненту, характеризующую, этап синтеза информации о физических параметрах стимула с информацией о его новизне и значимости.

Установлено, что факторы «экстраверсия» и «фоновый уровень кортикальных связей» статистически значимо влияют на все выделенные компоненты. Причем наиболее сильное влияние фактор «экстраверсия» оказывает на четвертую компоненту ($F=12.32$; $p<0.0001$). Обнаружено статистически значимое влияние фактора «нейротизм» только на первую ($F=9.28$; $p<0.0001$) и третью ($F=13.36$; $p<0.0001$) компоненты.

Таблица 3

Значимые корреляции ($p<0.05$) между амплитудой выделенных компонент динамики ККС в разных отведениях ЭЭГ и характеристиками репродукции длительности зрительного стимула 200 мс

Компонента 1

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула 200мс	Значение коэффициента корреляции
F3-P4	Ошибка	0.45
	Модуль	-0.45
F3-O1	Стандартное отклонение	-0.46
F4-C3	Ошибка	0.40
	Модуль	-0.40
	Стандартное отклонение	-0.40
F4-C4	Стандартное отклонение	-0.49
F4-O1	Ошибка	0.47
	Модуль	-0.47
	Стандартное отклонение	-0.44
P4-O1	Ошибка	0.41
	Модуль	-0.41

Компонента 2

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула 200мс	Значение коэффициента корреляции
F4-P4	Ошибка	0.38
	Модуль	-0.38
C4-P3	Ошибка	0.41
	Модуль	-0.41
	Стандартное отклонение	-0.41

Компонента 3

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула 200мс	Значение коэффициента корреляции
F4-C3	Ошибка	-0.40
	Модуль	0.40

Компонента 4

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула 200мс	Значение коэффициента корреляции
C3-P3	Ошибка	-0.36
	Модуль	0.36
	Стандартное отклонение	0.43
C3-O2	Ошибка	-0.36
	Модуль	0.36

Наиболее сильное влияние этот фактор оказывает на третью компоненту, характеризующую, этап категоризации стимула, этап принятия перцептивного решения. Выявлено статистически значимое влияние фактора «сенсомоторная асимметрия» на все исследуемые компоненты.

Наиболее сильное влияние этот фактор, как и нейротизм, оказывает на третью компоненту ($F=18.46$; $p<0.0001$).

Предъявление ошибки воспроизведения эталонного стимула.

В ответ на предъявление ошибки воспроизведения в динамике ККС было выделено четыре компоненты (общий процент учтенной дисперсии 86.42) (Рис. 2).

Вторая компонента (максимум - за 50 мс до и в течение 150 мс с момента предъявления ошибки), совпадает во времени с сенсорном этапом обработки информации мозгом (Иваницкий А.М., 1993) и, отражает оценку мозгом физических параметров стимула (сигнала ошибки), его новизны и значимости.

Третья компонента (максимум, в период от 300 до 530 мс после появления ошибки) совпадает во времени с этапом информационного синтеза (Иваницкий А.М., 1993) и, отражает синтез двух видов информации: информации о физических параметрах стимула с информацией о его новизне и значимости.

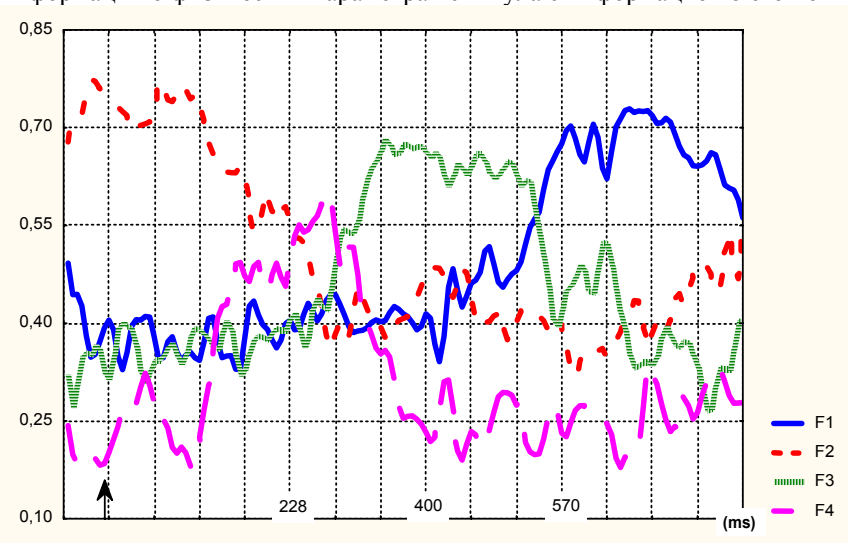

Рис. 2. Компоненты динамики ККС, выделенные на этапе предъявления Ис ошибки воспроизведения (F1,F2, F3, F4 – компоненты динамики ККС).

Четвертая компонента (максимум, в период от 180 до 330 мс с момента предъявления ошибки) совпадает во времени с этапом категоризации стимула (Иваницкий А.М., 1993) и, отражает процесс опознания стимула и анализ мозгом результатов репродукции длительности предъявленного стимула.

Первая компонента (максимум, в период от 530 до 750 мс после индикации ошибки), вероятно, отражает повышение уровня селективного внимания и готовности Ис к восприятию последующего стимула.

Высказанные предположения подтверждаются результатами корреляционного анализа, свидетельствующими о наличии статистически значимых связей между выделенными компонентами динамики ККС и характеристиками точности воспроизведения длительности зрительных сигналов (Табл. 4).

Таблица 4

Значимые корреляции ($p<0.05$) амплитуды выделенных компонент динамики ККС в разных отведениях ЭЭГ с характеристиками репродукции длительности зрительного стимула 200 мс

Компонента 1

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула (200мс)	Значение коэффициента корреляции
F3-C3	Стандартное отклонение	0.43
F3-C4	Стандартное отклонение	0.46

Компонента 2

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула (200мс)	Значение коэффициента корреляции
F4-C4	Ошибка	-0.42
	Модуль	0.42
P3-O1	Ошибка	0.52
	Модуль	-0.52
	Стандартное отклонение	-0.44

Компонента 3

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула (200мс)	Значение коэффициента корреляции
F3-F4	Ошибка	0.59
	Модуль	-0.59
	Стандартное отклонение	-0.67
F4-C3	Ошибка	0.48
	Модуль	-0.48
F4-O1	Ошибка	0.70
	Модуль	-0.70
	Стандартное отклонение	-0.56

Компонента 4

Комбинация отведений	Характеристики воспроизведения стимула (200мс)	Значение коэффициента корреляции
F4-O2	Стандартное отклонение	-0.43
C4-O1	Ошибка	0.44
	Модуль	-0.44
	Стандартное отклонение	-0.61

Набольшим числом корреляций с точностью репродукции длительности сигналов отличается четвертая компонента, отражающая, по нашему мнению, этап опознания сигнала ошибки и анализ мозгом результата репродукции длительности зрительного стимула.

Обнаружена связь между точностью репродукции длительности зрительных сигналов и амплитудой выделенных компонент ККС в лобных, лобно-центральных и лобно-затылочных отведениях.

Дисперсионный анализ выявил зависимость выделенных компонент от состояния и индивидуальных особенностей испытуемых.

В частности обнаружено влияние фактора «интеллект» на первую ($F=5.03$; $p<0.0068$), вторую ($F=10.54$; $p<0.00001$) и третью ($F=11.97$; $p<0.00001$) компоненты динамики ККС. Установлено статистически значимое ($p<0.01$) влияние факторов «экстраверсия» и «сенсомоторная асимметрия» на первую, третью и четвертую выделенные компоненты динамики ККС.

Фактор «фоновый уровень кортикальных связей», оказывает значимое влияние только на четвертую ($F=6.09$; $p<0.0024$) компоненту динамики ККС. Обнаружено влияние фактора «исходное состояние» только на вторую ($F=10.09$; $p<0.00001$) и четвертую ($F=9.21$; $p<0.0001$) компоненты динамики ККС.

Фактор «нейротизм», оказывает статистически значимое влияние только на первую ($F=3.36$; $p<0.018$) и четвертую ($F=5.57$; $p<0.0009$) компоненты динамики ККС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования показали, что для каждого исследованного режима восприятия времени характерна отличная от других структура пространственной организации биопотенциалов мозга, которая вероятно формируется на основании исходной системы связей.

Обнаруженные особенности внутри- и межполушарных взаимодействий, очевидно, связаны с тем, что при выполнении всякой деятельности в организме формируется специфичная для данного вида деятельности функциональная система, включающая определенную группу нервных центров, вегетативные и двигательные аппараты.

В каждой исследованной системе динамических связей выделяются фокусы взаимодействия, которые имеют лобно-затылочную асимметрию.

Полученные данные хорошо согласуются с работами ряда авторов (Иваницкий А.М., 1984; Бианки В.Л., 1989; Медведев С.В., Пахомов С.В., 1989; Свидерская Н.Е., Королькова Т.А., 1996), в которых показано наличие лобно-ассоциативного и затылочно-проекционного фокусов взаимодействия в процессе мыслительной деятельности. Причем, как правило, центр лобно-ассоциативного фокуса находится в левом, а затылочного (проекционного) в правом полушарии.

Во всех исследованных видах деятельности наиболее значимые внутриполушарные связи обнаружены между лобной ассоциативной, центральной и сенсомоторной зонами коры, как левого, так и правого полушарий мозга.

Связанная с восприятием времени дополнительная интеллектуальная нагрузка вызывает усиление внутри- и межполушарных связей относительно состояния спокойного бодрствования.

Обнаружено, что наиболее слабые межполушарные связи наблюдаются при воспроизведении длительности и прослушивании ритма, а наиболее тесные – при отмеривании длительности сигналов и воспроизведении ритма. Возможно, это связано с тем, что воспроизведение интервалов времени и прослушивание ритма являются наиболее простыми видами предлагаемой деятельности и могут выполняться автоматически, практически без участия кортикального контроля. Это, по-видимому, и проявляется в характере внутри- и межполушарных связей при указанных видах деятельности.

В ходе проведенных исследований, установлена зависимость структуры кортикальных связей от способа предъявления и способа воспроизведения длительности звуковых сигналов.

Наиболее существенные различия в структуре кортикальных связей выявлены при сравнении серий, различающихся по способу воспроизведения (правой или левой рукой) длительности, предъявляемых бинаурально, звуковых сигналов.

В меньшей степени структура кортикальных связей в исследованных режимах восприятия времени зависит от способа предъявления стимулов. Не обнаружено значимых отличий в уровне корковых связей при сравнении между собой режимов с моноауральным предъявлением стимулов.

Показано, что при воспроизведении и отмеривании коротких интервалов времени с обратной связью о результатах деятельности, на разных этапах выполнения задания, в динамике корковых взаимодействий происходят быстрые перестройки. Выделенные компоненты динамики коэффициентов корреляции, отражают, по-видимому, различные этапы обработки информации мозгом при выполнении данной сенсомоторной задачи.

Представляется возможным, на основании теории информационного синтеза Иваницкого А.М. (1993г.) и собственных результатов, выделить пять последовательных этапов в процессе восприятия человеком интервалов времени: сенсорный этап, этап информационного синтеза, этап категоризации стимула, этап подготовки и реализации моторной программы действия с обязательным сличением длительности регулируемой паузы с хранящимся в памяти эталоном, этап оценки результатов действия.

Следует отметить, что на каждом этапе выполняемой деятельности специфику межцентральных взаимодействий определяют характерные для данного этапа корковые связи.

Установлено, что характер корковых взаимодействий при восприятии коротких интервалов времени зависит от индивидуально-психологических особенностей человека (исходного состояния, уровней интеллекта, экстраверсии, нейротизма и индивидуального профиля сенсомоторной асимметрии мозга). Причем в большинстве случаев обнаружена обратная зависимость между уровнем кортикальных взаимодействий и интеллектом. По-видимому, чем выше уровень интеллекта, тем ниже субъективная сложность выполняемого задания и тем ниже уровень кортикальных связей, который напрямую зависит от сложности задания (Свидерская Н.Е., Королькова Т.А., 1996).

Показано, что между точностью восприятия коротких интервалов времени и уровнями корковых связей имеются статистически значимые корреляции. Вероятно, эти корреляционные связи являются вторичными, опосредованными и обусловлены зависимостью корковых взаимодействий и характеристик точности восприятия времени от индивидуальных особенностей человека и, в частности, от уровня интеллекта.

В свете полученных данных, представляется возможным назвать метод изучения динамики корковых взаимодействий, на коротких участках анализируемой ЭЭГ, с последующим выделением компонент динамики ККС, весьма перспективным.

ВЫВОДЫ

1. Характер корковых взаимодействий при восприятии коротких зрительных и слуховых сигналов существенно зависит от способа шкалирования длительности этих сигналов и этапа выполняемой перцептивной задачи.

2. В исходном состоянии и при восприятии коротких интервалов времени обнаружено формирование двух фокусов взаимодействия в лобно-центральных и теменно-затылочных областях коры.

3. Установлена зависимость корковых взаимодействий от способа предъявления и способа воспроизведения длительности звуковых сигналов. Уровень корковых связей в большей степени зависит от способа воспроизведения длительности звуковых сигналов, чем от способа предъявления этих стимулов.

4. Характер корковых взаимодействий при восприятии коротких интервалов времени существенно зависит от исходного состояния и индивидуальных особенностей человека: от уровней интеллекта, экстраверсии, нейротизма и индивидуального профиля сенсомоторной асимметрии мозга.

5. Установлена преимущественно обратная зависимость между показателями интеллекта и уровнями корковых связей в состоянии спокойного бодрствования и при восприятии коротких интервалов времени: чем выше уровень интеллекта, тем слабее внутри- и межполушарные связи.

6. Между точностью восприятия коротких интервалов времени и уровнями корковых связей имеются статистически значимые корреляции, характер этих корреляций существенно зависит от способа шкалирования длительности сигналов и от этапа выполняемой перцептивной задачи.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Емаков И.В., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю.В., Писанко А.П. Внутри- и межполушарные взаимодействия при восприятии человеком околосекундных интервалов времени// Материалы межрегиональной науч. конф. Сибири и Дальнего Востока, посв. 150-летию со дня рождения И.П. Павлова – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1999. - С.31.

2. Бушов Ю.В., Кобрина М.Ю., Емаков И.В., Иванов А.С., Вячистая Ю.В., Писанко А.П. Влияние индивидуальных особенностей и состояния человека на характеристики среднелатентных компонентов слуховых ССПМ при восприятии двухсекундного ритма // Материалы межрегиональной науч. конф. Сибири и Дальнего Востока, посв. 150-летию со дня рождения И.П. Павлова – Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1999. - С.49.

3. Иванов А.С., Кобрина М.Ю. Анализ внутри- и межполушарных взаимодействий при восприятии человеком длительности интервалов времени // Материалы XXXVII международной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс» - Новосибирск, 1999. – С.123.

4. Бушов Ю.В., Емаков И.В., Иванов А.С., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю.В. Динамика полушарных взаимодействий при восприятии времени // I Кавказский симпозиум по медико-биологическим наукам. Тбилиси, 1999. – С.32-33.

5. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Емаков И.В., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю.В. Особенности внутри- и межполушарных взаимодействий при восприятии интервалов времени // XXX Всероссийское совещание по проблемам высшей нервной деятельности, посв. 150-летию со дня рождения И.П.Павлова – СПб.: Институт физиологии им. И.П.Павлова, 2000. – Т. 2. – С. 602-604.

6. Бушов Ю.В., Емаков И.В., Иванов А.С., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю.В. Системная организация биопотенциалов головного мозга при восприятии интервалов времени // XXX Всероссийское совещание по проблемам высшей нервной деятельности, посв. 150-летию со дня рождения И.П.Павлова – СПб.: Институт физиологии им. И.П.Павлова, 2000. – Т. 2. – С. 679-680.

7. Бушов Ю.В., Емаков И.В., Иванов А.С., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю.В. Принцип доминанты в межполушарных взаимодействиях и восприятие времени // Учение А.А.Ухтомского и современная наука. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 47-48.

8. Иванов А.С. Динамика внутри- и межполушарных взаимодействий при восприятии человеком интервалов времени // Материалы Международной конференции студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-2000». - Москва, 2000. - С. 29-30.

9. Иванов А.С. Зависимость межцентральных взаимодействий от способа предъявления и воспроизведения звуковых сигналов // Материалы XXXVIII Международной научной студенческой конференции «Студент и научно-технический прогресс». - Новосибирск, 2000. – С. 78.

10. Бушов Ю.В., Ходанович М.Ю., Иванов А.С., Рябова Г.А. Системные механизмы восприятия времени// Физиология организмов в нормальном и экстремальном состоянии. Всероссийская конференция, посв. памяти и 95-летию со дня рождения В.А. Пегеля. – Томск. – 2001. – С. 180–182.

11. Бушов Ю.В., Ходанович М.Ю., Иванов А.С., Рябова Г.А. Связанные с событиями потенциалы мозга у человека при восприятии околосекундных интервалов времени // Физиология организмов в нормальном и экстремальном состоянии. Всероссийская конференция, посвященная памяти и 95-летию со дня рождения В.А. Пегеля. – Томск. – 2001. – С. 178–180.

12. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Кобрина М.Ю., Вячистая Ю. В., Писанко А.П. Анализ межцентральных взаимодействий при восприятии времени// Материалы XVII Съезда общества физиологов России им. Павлова И.П. - Казань, 2001, С. 46.

13. Иванов А.С. Анализ особенностей межцентральных взаимодействий при восприятии человеком интервалов времени // Материалы V Общероссийской межвузовской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и образование» - Томск, 2001. – Т.1., С. 259-263.

14. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Рябова Г.А., Ходанович М.Ю., Вячистая Ю.В. ЭЭГ- корреляты процесса восприятия времени// Электронный журнал «Исследовано в России», 80, 2002, С. 894-902.

15. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Ходанович М.Ю., Рябова Г.А. Анализ динамики корковых взаимодействий при репродукции интервалов времени // Материалы IV съезда физиологов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 2002, С. 40.

16. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Рябова Г.А., Ходанович М.Ю., Вячистая Ю.В. Влияние обратной связи о результатах деятельности на характеристики ССПМ и точность репродукции коротких интервалов времени // Электронный журнал «Исследовано в России», 54, 2003, С. 644-653.

17. Бушов Ю.В., Ходанович М.Ю., Иванов А.С., Рябова Г.А. ЭЭГ – корреляты точности воспроизведения временных интервалов // Физиология человека, 2003, т. 29, N 4, С. 189-191.

18. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Ходанович М.Ю., Рябова Г.А. Анализ динамики кортикальных взаимодействий при репродукции интервалов времени // Материалы научной конференции «Биолого-почвенный факультет: прошлое, настоящее и будущее». Томск, 2003, С. 27-31.

19. Бушов Ю.В., Рябова Г.А., Иванов А.С., Ходанович М.Ю., Вячистая Ю.В. Влияние латерального фенотипа на характеристики ССПМ при репродукции коротких интервалов времени // Материалы Второй всероссийской научной конференции «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии». Москва, 2003, С. 58-59.

20. Бушов Ю.В., Бормотова Г.А., Иванов А.С. Особенности узнавания длительности простых и комплексных стимулов // Вестник ТГУ, 2004

21. Ходанович М.Ю., Бушов Ю.В., Иванов А.С., Рябова Г.А., Вячистая Ю.В. Отражение процессов актуализации долговременной памяти при отмеривании интервалов времени в характеристиках связанных с событиями потенциалов мозга у человека // Электронный «Исследовано в России», 136, 2004, С. 1475-1484.

22. Ходанович М.Ю., Бушов Ю.В., Иванов А.С., Рябова Г.А. Негативность рассогласования при распознавании человеком длительности звуковых стимулов// Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, т. 90, №8, 2004, С. 42-43.

23. Бушов Ю.В., Иванов А.С., Светлик М.В. Анализ динамики корковых взаимодействий при репродукции коротких зрительных сигналов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, т.90, №8, 2004, С. 4-5.