

На правах рукописи

Подвигина Дарья Никитична

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ВОСПРИЯТИЯ ЧЕЛОВЕКОМ
КОРОТКИХ (ДО ТРЕХ СЕКУНД) ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

19.00.02 – «Психофизиология»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата психологических наук

Санкт-Петербург 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Овчинников Борис Владимирович

Официальные оппоненты: доктор психологических наук,
член – корр. РАО
Каменская Валентина Георгиевна,
Российский государственный
педагогический университет
им. А.И. Герцена

доктор биологических наук,
профессор
Кропотов Юрий Дмитриевич,
Институт мозга человека
им. Н.П. Бехтеревой РАН

Ведущая организация: Ленинградский государственный
университет им. А.С. Пушкина

Защита состоится «__» _____ 20__ г. в __ часов на заседании Совета Д
212.232.22 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
университет» по адресу: 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке им. М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета по адресу:
Университетская наб., д.7/9

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Грандилевская И.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы Вопрос о природе субъективного отражения времени (психического времени) занимает важное место в ряду центральных проблем психологической науки, поскольку восприятие окружающей действительности неотъемлемо включает в себя оценку временных параметров сигналов и событий. По мнению исследователей, наибольший интерес для изучения базовых механизмов отражения времени представляет исходный уровень формирования временных впечатлений, которое осуществляется в условиях восприятия очень коротких временных интервалов - длительностью до 2-3 с. (Роеппел Е., 1978; Холодная М.А., 2002; Шиффман Х.Р., 2008). Рассматривая именно этот временной диапазон, можно говорить о «непосредственном восприятии времени» (Фресс П., 1978; Роеппел Е., 1997). Кроме того, множество аспектов поведения, особенно в условиях современной жизни, требуют от человека способности к адекватной оценке длительностей событий, протекающих именно в диапазоне от десятков миллисекунд до нескольких секунд, и к принятию верных решений в этом временном интервале. Нарушение данной способности ведет к дезадаптивному поведению и является симптомом ряда заболеваний, таких как болезнь Паркинсона, синдром дефицита внимания с гиперактивностью (ADHD), синдром Хантингтона и других заболеваний центральной нервной системы (ЦНС) (West J. et al., 2000; Riesen J.M., Schnider A., 2001; Koch G. et al., 2004).

Степень разработанности проблемы Механизмы и закономерности процесса восприятия временных интервалов, в особенности коротких длительностей, изучены далеко не полно. Один из вопросов, который до сих пор остается нерешенным (в том числе и для диапазона коротких длительностей) - каков вид субъективной шкалы оценки временных интервалов: непрерывна она или дискретна? Исследования, целью которых было бы решение этого вопроса, ранее не проводились. Кроме того, недостаточно полно изучены возрастные особенности процессов восприятия и оценки коротких интервалов времени; сведения по этому вопросу, представленные в современной литературе, довольно противоречивы. Решение указанных вопросов - актуальная проблема как психофизиологии, так и клинической психологии; результаты исследований перечисленных аспектов проблемы временного восприятия могли бы помочь приблизиться к пониманию принципов и механизмов процессов восприятия и оценки коротких интервалов времени как в норме, так и при патологии, например, при ряде упомянутых выше заболеваний ЦНС, симптомами которых является нарушение ориентировки во времени.

Цель настоящей работы — изучить характеристики субъективных шкал оценки коротких (до 3 с) интервалов времени у здоровых испытуемых, а также выявить возрастные особенности процессов восприятия и оценки длительностей из этого диапазона у людей из двух групп – молодого и пожилого возрастов.

Задачи исследования В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Разработать метод и алгоритм проведения психофизиологических экспериментов по исследованию способности наблюдателя к оценке и различению незаполненных интервалов времени, ограниченных как зрительными, так и слуховыми стимулами.

2. Определить характер зависимости между субъективно оцениваемыми величинами интервалов из диапазона от 0,03 до 3 с и их физическими значениями.

3. Определить структуру субъективных шкал, формирующихся у испытуемых в процессе оценки длительностей из этого диапазона.

4. Провести электроэнцефалографический контроль процесса оценки испытуемыми коротких интервалов времени. Выделить и проанализировать вызванные потенциалы (ВП), определить частотно-временные характеристики электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированной в процессе оценки испытуемыми коротких временных интервалов, ограниченных зрительными стимулами.

5. Выявить влияние возраста на способность к оценке длительностей от 0,1 до 2 с у испытуемых из двух групп – молодого и пожилого возрастов.

6. Проанализировать гендерные особенности процессов восприятия и оценки интервалов данного диапазона.

Объектом исследования являлся процесс восприятия времени человеком.

Предметом исследования служили характеристики процессов восприятия и оценки интервалов времени из диапазона до 3 с.

Методология исследования В основу работы были положены общепринятые представления о процессах восприятия времени человеком и обработки зрительной и слуховой информации в ЦНС, содержащиеся в трудах отечественных и зарубежных исследователей (Г.В. Гершуни, Д.Г. Элькин, С.Л. Рубинштейн, Г. Вудроу, Ф. Пиаже, Дж.А. Миллер и другие).

Методы исследования Для решения поставленных задач была разработана оригинальная компьютеризированная методика исследования способности наблюдателя к оценке и различению коротких интервалов времени, ограниченных как зрительными, так и слуховыми стимулами. В ходе опыта испытуемые оценивали предъявляемые в случайном порядке длительности из диапазона до 3 с, сравнивая их с эталонными. Для каждого испытуемого рассчитывались средние оценки стимулов и стандартное отклонение (SD) оценок стимулов. Для выявления периодичности распределения значений SD с помощью пакета MatLab был произведен одномерный спектральный анализ Фурье. Для выделения в структуре ответов испытуемых отдельных групп оценок использовался метод дискриминантного анализа и непараметрический критерий Манна–Уитни.

Регистрация ЭЭГ осуществлялась монополярно по 21 отведению в затылочных, теменных, височных, центральных и лобных областях на электроэнцефалографе Мицар-ЭЭГ-05/70-201; обработка и анализ ЭЭГ и вызванных потенциалов (ВП) осуществлялись с использованием программного обеспечения WinEEG. Анализ неусредненной ЭЭГ проводился с использованием метода пространственно-временного разложения (time-

frequency decomposition), основанного на вейвлет-преобразовании и реализованного в среде EEGLAB 6 (Delorme A. and Makeig S., 2004).

Влияние факторов возраста и пола испытуемых на их оценки коротких интервалов времени анализировалось с применением дисперсионного анализа (ANOVA) в программе SPSS Statistics.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В ходе оценки коротких интервалов времени (от 0,03 до 3 с) у испытуемых формируются субъективные шкалы, на которых отражается длительность оцениваемых интервалов. Эти шкалы дискретны и позволяют успешно различать от пяти до девяти градаций длительности интервала, вне зависимости от диапазона и количества предлагаемых для оценки временных промежутков.

2. Выявленные характеристики субъективных временных шкал позволяют предположить, что процесс оценки человеком коротких интервалов времени описывается законом Миллера, характеризующим пропускную способность сенсорных систем человека.

3. Регистрируемые в ходе выполнения испытуемыми задания по различению коротких интервалов времени ВП отражают процесс оценки временных интервалов на этапе принятия решения об их длительности. Поздний позитивный компонент ВП (с латентностью около 400 мс) в ответах испытуемых экспериментальной группы можно связать с процессом сознательной оценки длительностей. Наибольший вклад в развитие этого компонента вносит синхронизация ритмов ЭЭГ в низкочастотном диапазоне.

4. С возрастом оценки длительностей интервалов времени из диапазона до 3 с претерпевают изменения, причем характер этих изменений зависит от пола. Женщины с возрастом демонстрируют тенденцию к переоценке длительностей, а мужчины, наоборот, к недооценке.

Научная новизна исследования В работе впервые выявлен тип организации субъективных шкал оценки коротких интервалов времени — показано, что они дискретны и содержат от пяти до девяти градаций. Впервые высказано и подтверждено предположение о выполнении закона Миллера в процессе оценки человеком коротких временных длительностей. С использованием анализа ЭЭГ, основанного на вейвлет-преобразовании, выявлен вклад низкочастотных ритмов ЭЭГ в формирование поздних компонентов ВП, регистрируемых в процесс выполнения испытуемыми временной задачи. Получены также новые данные о совместном влиянии возрастного и гендерного факторов на точность оценок интервалов длительностью до 3 с.

Теоретическая значимость работы Полученные данные позволяют распространить действие закона, описанного Дж.А. Миллером (1964) и характеризующего пропускную способность сенсорных систем человека при восприятии сигналов различных модальностей, также на область восприятия коротких интервалов времени. Определенное теоретическое значение имеют установленные различия в восприятии временных интервалов между мужчинами и женщинами, находящимися в пожилом возрасте.

Практическая значимость исследования состоит в том, что его результаты могут быть использованы для разработки критериев ранней диагностики таких заболеваний, как болезнь Паркинсона, а также ряда других патологических состояний ЦНС, симптомами которых является нарушение восприятия времени. Разработанная методика исследования способности к различению и оценке коротких длительностей и полученные с ее применением данные также могут быть использованы для тестирования данной способности, например, при профотборе лиц к операторским профессиям, требующим высокой точности субъективной оценки длительности коротких отрезков времени. Установленные закономерности дискретных субъективных шкал оценки временных интервалов могут учитываться при проектировании профессиональной деятельности, связанной с восприятием и декодированием коротких звуковых сигналов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности Работа направлена на решение одной из актуальных проблем психофизиологии – выявление физиологических основ процесса восприятия времени человеком, что соответствует области исследования 4. специальности 19.00.02 – «Психофизиология сенсорных и перцептивных процессов» Паспорта номенклатуры специальностей научных работников (психологические науки).

Степень достоверности результатов Полученные в работе результаты являются достоверными, что подтверждается последовательностью этапов исследования; достаточным количеством испытуемых и соблюдением правил их подбора и формирования экспериментальных групп; применением современных психофизических и электрофизиологических методик, а также методов математико-статистического анализа данных.

Апробация результатов исследования По теме диссертации опубликовано 20 научных работ. Материалы диссертации были представлены на XIX Европейской конференции по зрительному восприятию (Санкт-Петербург, 20-25 августа 2006 г), XX Съезде физиологического общества им. И.П. Павлова (Москва, 4-8 июня 2007 г), XXX Европейской конференции по зрительному восприятию (Италия, Арrezzo, 26-30 августа 2007 г.), XII Научной конференции молодых ученых по физиологии высшей нервной деятельности и нейрофизиологии (Москва, 8-9 октября 2008 г.), XII Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей «Фундаментальная наука и клиническая медицина» (Санкт-Петербург, 18 апреля 2009 г.), Международной научной конференции «Ананьевские чтения–2010» «Современные прикладные направления и проблемы психологии» (Санкт-Петербург, 19-21 октября 2010 г.), XIV Научной школе-конференции молодых ученых по физиологии высшей нервной деятельности и нейрофизиологии (Москва, 21-22 октября 2010 г.), IV Всероссийской с международным участием научной конференции «МЕТРОМЕД - 2011» (Санкт-Петербург, 8-10 ноября 2011 г.).

Структура и объем работы Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов и рекомендаций, списка литературы, включающего 146 наименований. Работа изложена на 123 страницах машинописного текста, содержит 3 таблицы, 27 рисунков, 1 приложение.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *Введении* обосновывается актуальность выбранной темы диссертационного исследования, характеризуется степень ее разработанности, определяются цели и задачи, осуществляется выбор предмета и объекта исследования, определяются методологические основания исследования, теоретическая и практическая значимость результатов исследования.

В *главе 1* диссертации проводится обзор литературных данных по проблеме восприятия времени человеком.

В первом разделе главы 1 рассматриваются психологические и физиологические основы процесса восприятия времени. Восприятие времени – это сложный процесс, осуществляющийся у человека на уровне сознательной деятельности (Рубинштейн С.Л., 1989), и механизмы, лежащие в его основе, в настоящий момент изучены далеко не полно. Исследователи, рассматривающие вопрос восприятия времени, предполагают, что в основе восприятия коротких интервалов времени (длительностью до 2-3 с) и более длительных (от нескольких секунд до десятков секунд, минут и более) лежат различные механизмы (Элькин Д.Г., 1962; Фресс П., 1978). Во время короткого интервала мы можем сфокусировать наше внимание на самом течении времени, сохранить и удерживать в памяти этот интервал в течение некоторого времени. Для интервалов длительностью более 2-3 с такое действие невозможно. Это позволило П. Фрессу (1978) предложить использовать термин «восприятие времени» только для коротких временных интервалов (менее 2-3 с). Данный диапазон воспринимаемых длительностей принято в литературе называть «субъективным настоящим». Этот термин был впервые предложен Э. Клэем в 1882 г. (Уитроу Дж., 2003). Чаще всего «субъективное настоящее» трактуется как временной отрезок определенной длительности, в течение которой у человека удерживается целостное восприятие некоторого числа стимулов (Вудроу Г., 1963; Poidevin R.L., 2000). На основании результатов целого ряда исследований, Е. Роеппел (1997) заключает, что временная интеграция в пределах 3 с является общим принципом функционирования нейрокогнитивных механизмов. Временные интервалы именно из этого диапазона длительностей служат в качестве стимулов в настоящем диссертационном исследовании.

Литературные данные свидетельствуют о том, что процесс оценки временных интервалов и длительностей стимулов может осуществляться всеми сенсорными системами человека. И.М. Сеченов впервые указал на то, что восприятие времени, как и пространства, осуществляется несколькими «чувствительными приборами». Ученый отмечает, что восприятие временных промежутков доступно любому органу чувств, то есть каждый анализатор наряду со своей непосредственной функцией может выполнять еще и функцию отсчета времени при определенных условиях (Сеченов И.М., 1952). Однако сенсорные системы обладают различной временной разрешающей способностью. Так, слуховой анализатор точнее других определяет временные параметры сигналов (Элькин Д.Г., 1962; Роеппел Е., 1978; Фресс П., 1978; Naatanen R. et al., 2004), а зрительная система характеризуется значительно

худшей «временной остротой» (Фресс П., 1978). Вероятно, анализаторы объединяются в систему, которая при оценке временных параметров сигналов действует как единое целое (Леонов А.А., Лебедев В.И., 1968).

Далее в первом разделе главы 1 рассматривается вопрос о том, деятельность какого отдела (или отделов) ЦНС лежит в основе восприятия времени. Анализ работ, описывающих результаты клинических и экспериментальных исследований, показывает, что чаще всего с функцией оценки времени связывают такие структуры, как мозжечок, базальные ганглии и фронтальная кора (Harrington D.L. et al., 1998; Harrington D.L., Haaland K.Y., 1999; Rao S.M. et al., 2001; Hazeltine E. et al., 1997; Meck W.H., 1996), однако большинство исследователей сходятся во мнении о том, что в основе восприятия времени лежит системная деятельность различных отделов головного мозга, а не функционирование какого-либо особого «центра» (Раевская О.С., 1989; Hazeltine E., 1997; Wright B. et al., 1997; Портнова Г.В. и др., 2006; Eagleman D.M. et al., 2005).

Большое число работ посвящено гипотезам о нейронных механизмах процесса восприятия времени. Одна из наиболее распространенных на данный момент гипотез предполагает, что процесс отражения времени имеет ритмическую (осцилляторную) основу (Ашофф Ю., 1984; Poeppel E., 1989; Уинфри А., 1990; Rammsayer T., Leutner D., 1996; Singer W., 1999; Лурия А.Р., 2003; Podvigin N.F. et al., 2003; Eagleman D.M. et al., 2005). Согласно этой гипотезе, нейронный механизм восприятия времени для отсчета текущего времени использует систему нейронов, генерирующих периодические (осцилляторные) процессы. Исследователи связывают с оценкой временных интервалов характеристики периодических нейронных процессов – ритмов мозга, регистрируемых в ЭЭГ. В частности, многие авторы рассматривают альфа-ритм как «ритмическую основу» процесса временного кодирования информации (Уолтер Г., 1966; Винер Н., 1983; Лебедев А.Н., 2006).

Наряду с гипотезами о нейронных механизмах восприятия времени, многие исследователи разрабатывают модели, описывающие работу системы восприятия времени. Одной из наиболее известных является модель «внутренних часов», предложенная М. Treisman (1963), основными составляющими элементами которой являются пейсмекер, генерирующий импульсы, счетчик, блок хранения и блок сравнения. В дальнейшем эта модель была модифицирована в теорию «скалярной вероятности» (Gibbon J. et al., 1988). Позже и эта модель подверглась критике, и в качестве альтернативы ей была предложена другая теория – множественных временных шкал (Staddon J.E.R., Higa J.J., 1999; Church R., 1999).

Многие работы посвящены исследованию факторов, влияющих на процесс восприятия времени. К таким факторам относят, например, параметры стимулов (Фресс П., 1978), физиологические и психологические особенности субъекта (частота дыхания и сердечного ритма, тип темперамента и т.д.) (Дмитриев А.С., 1969; Рубинштейн С.Л., 1989; Бушов Ю.В., Несмелова Н.Н., 1994), функциональное состояние ЦНС и влияющие на него вещества (Вудроу Г., 1963; Фресс П., 1978) и ряд других факторов различной природы.

В следующем разделе главы 1 рассматриваются общие закономерности процесса восприятия интервалов времени. Показано, что этот процесс подчиняется основным законам психофизики, таким, как закон Вебера (Treisman M., 1963; Фресс П., 1978; Леушина Л.И., 1978), закон Фехнера (Багрова Н.Д., 1980), степенной закон Стивенса (Eisler H., 1975, 1976), что демонстрирует общность процесса восприятия времени с процессами переработки информации в сенсорных системах человека. Проведенный в данной области литературный обзор не позволил обнаружить сведений об экспериментах, целью которых было определить, насколько процесс различения человеком временных интервалов в диапазоне до 3 с схож с сенсорными процессами по характеру действия закона Миллера. Этот закон описан Дж.А. Миллером в работе «Магическое число семь плюс или минус два. О некоторых пределах нашей способности перерабатывать информацию» (Миллер Дж.А., 1964) и характеризует пропускную способность сенсорных систем человека при оценке ими параметров сигналов различных модальностей.

Третий раздел главы 1 посвящен обсуждению литературных данных о влиянии возраста и пола испытуемых на процесс восприятия времени. С позиции хронобиологии процесс старения организма сопровождается сбоями биологических часов (Загускин С.Л., 2008). С возрастом различие между «внешним» временем и «внутренней», субъективной шкалой увеличивается (Фресс П., 1978). Во многих работах экспериментально подтверждается факт переоценки пожилыми людьми интервалов времени длительностью от единиц до десятков секунд (Лупандин В.И., Сурнина О.Е., 1991; Vanneste S., Pouthas V., 1999; Block R.A. et al., 2000). Однако, некоторые данные свидетельствуют об обратной тенденции (Carrasco M.C. et al., 2001). В ряде работ отмечается зависимость оценок испытуемых от их пола (Hancock P.A., Rausch R., 2010), однако здесь трудно выделить какие-либо преобладающие тенденции. Еще менее изучен вопрос совместного влияния возраста и пола испытуемых на оценки времени, в особенности из диапазона коротких длительностей.

Таким образом, обзор литературы по изучаемой проблеме показывает, что она включает в себя целый ряд аспектов, таких как психологические и физиологические основы процесса восприятия и оценки времени, вопрос о закономерностях этого процесса, его индивидуальные особенности, например, возраст и пол испытуемых. Несмотря на довольно большой объем посвященных этим вопросам работ, как теоретических, так и экспериментальных, где применялись различные методики – от психофизических до методов ЭЭГ и МРТ, - исследуемая проблема требует дальнейшего изучения.

Глава 2 содержит описание методов исследования.

Работа проводилась на базе Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, в группе нейрофизиологии сенсорно-моторных функций.

Исследование состояло из двух частей. Задачей первой части исследования было выявление вида субъективных шкал оценки коротких временных интервалов. Эта часть включала три экспериментальные серии. Задачей второй части исследования было определение возрастных особенностей процесса

оценки коротких длительностей. Количество и возраст испытуемых, а также число измерений, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика этапов исследования

Этапы исследования	Количество испытуемых		Средний возраст испытуемых		Число опытов
Первая часть, I серия	8		25±4		90
Первая часть, II серия	11		22±2		220
Первая часть, III серия	Экспериментальная группа	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Контрольная группа	23
	11	12	25±5	24±5	
Вторая часть	I группа	II группа	I группа	II группа	28
	14	14	26±5	66±5	
Всего:	71		-		361

Первые две серии первой части исследования включали в себя психофизические эксперименты по исследованию особенностей оценки испытуемыми коротких интервалов времени. Эксперименты проводились с использованием оригинальной компьютеризированной методики, разработанной специально для выполнения задач данного исследования. В основе методики лежала программа «Time-1», созданная в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН автором настоящей работы совместно с программистом института (Солнушкин С.Д.). Программа позволяет предъявлять испытуемым незаполненные интервалы времени различной длительности, начало и конец которых маркируется стимулами зрительной или слуховой модальности.

Экспериментальная установка состояла из компьютера с двумя мониторами, один из которых находится перед экспериментатором, другой - перед испытуемым. Во время проведения экспериментов испытуемые находились в светоизолированном помещении в сидячем положении на расстоянии 1,85 м от монитора компьютера.

В первых двух сериях первой части исследования стимулами служили незаполненные временные интервалы, ограниченные зрительными сигналами – светлыми вертикальными полосками, предъявляемыми на экране компьютера. Набор стимулов содержал пятьдесят интервалов длительностью от 0,03 до 2,97 с, различавшихся на 0,06 с. Испытуемых знакомили со всем набором стимулов, которые затем предъявлялись им в случайном порядке. Задачей первой серии опытов было оценить длительности интервалов, сравнив их с эталонными. Во второй серии испытуемых просили разделить весь диапазон длительностей на группы. Количество групп в задании изменялось от двух до восьми.

В третьей серии первой части исследования проводилась регистрация ЭЭГ в ходе оценки испытуемыми интервалов времени двух длительностей – 1,5 и 1,84 с. Способ и схема предъявления временных интервалов были практически

такими же, как и в первых двух сериях исследования. Единственным отличием была горизонтальная линия – сигнал для ответа испытуемого, предъявляемый следом за вторым ограничивающим временной интервал стимулом (через 4 с после начала пробы). В ходе одного опыта интервалы предъявлялись в случайном порядке, число повторений каждой длительности – 100. Испытуемые экспериментальной группы имели задание дать ответ о длительности интервала между двумя вертикальными полосками (условно - короткий или длинный) путем нажатия на левую или правую кнопку компьютерной «мыши» после появления на экране горизонтальной линии. Задачей испытуемых контрольной группы было нажать на любую кнопку «мыши» после предъявления горизонтальной полоски. Регистрация ЭЭГ осуществлялась монополярно по 21 отведению. ВП усредняли относительно начала предъявления первого стимула. Эпоха анализа составляла 5 с.

Вторая часть исследования осуществлялась с использованием методики психофизических экспериментов первых двух серий, однако процедура проведения опытов была несколько модифицирована.

Стимулами в этой части исследования служили незаполненные интервалы времени, начало и конец которых маркировались как зрительными, так и слуховыми сигналами – короткими звуковыми тонами, предъявляемыми при помощи компьютерных динамиков. Набор стимулов состоял из тринадцати интервалов длительностью от 0,1 до 1,9 с, отличающихся на 0,15 с. В опыте эти длительности предъявлялись испытуемым в случайном порядке, сперва в зрительной, затем в слуховой модальности. В одном опыте каждый из интервалов предъявлялся десять раз. Задачей испытуемых было оценить их, отнеся к одной из трех категорий – короткий, средний или длинный.

По результатам экспериментов первой серии для каждого испытуемого рассчитывались средние оценки стимулов и SD этих оценок. Для выявления периодичности распределения значений SD с помощью пакета MatLab был произведен одномерный спектральный анализ Фурье. Во второй серии применялись метод дискриминантного анализа и непараметрический критерий Манна–Уитни, позволявшие определить, достоверно ли различаются между собой отдельные группы оценок испытуемых в структуре их ответов, и оценить тем самым успешность разделения на группы всего диапазона длительностей.

В третьей серии проводился анализ неусредненной ЭЭГ с использованием метода пространственно-временного разложения, основанного на вейвлет-преобразовании. Для статистического анализа отдельных компонент ВП применялся непараметрический критерий Манна–Уитни.

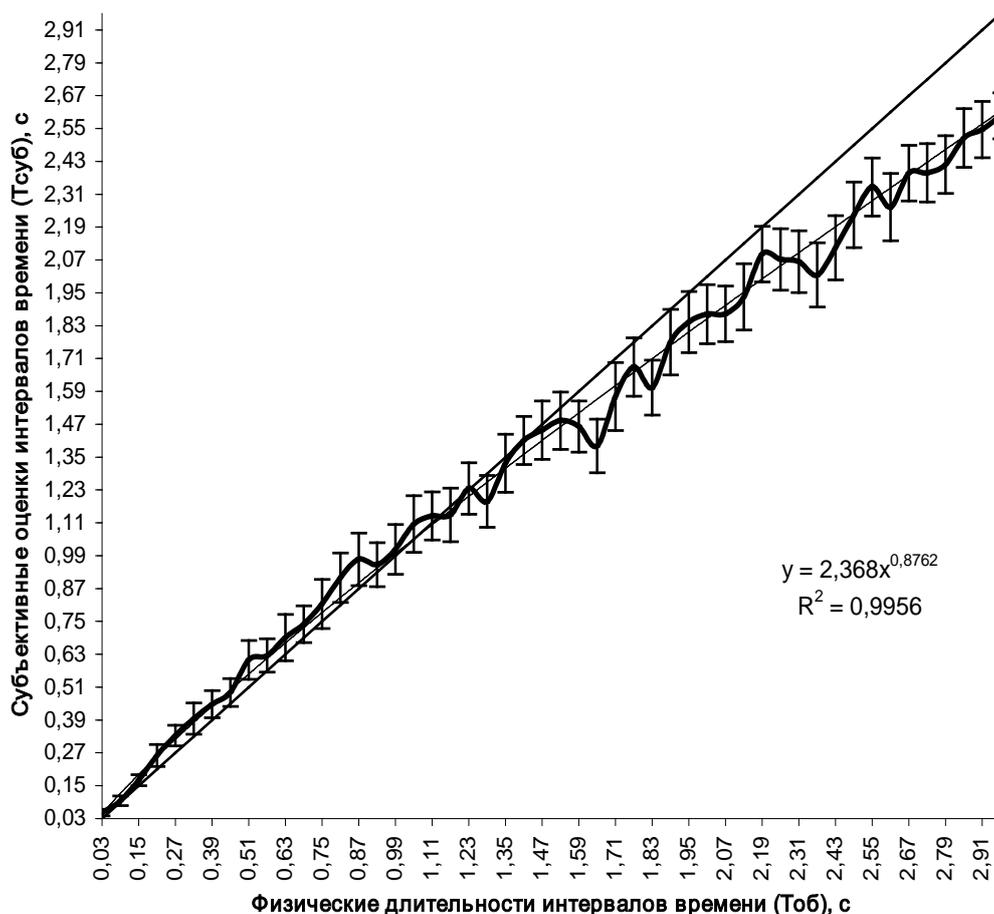
Во второй части исследования оценивалось влияние факторов возраста и пола испытуемых на их оценки коротких интервалов времени, для чего использовался дисперсионный анализ (ANOVA).

Результаты исследования и их обсуждение приведены в *Главе 3*.

В разделе 3.1. описаны результаты исследования типа организации субъективных шкал оценки коротких интервалов времени и проведено их обсуждение.

Способность учитывать временные параметры событий и оценивать отрезки времени различной длительности является одной из базовых для осуществления нашей повседневной деятельности. Эта способность обеспечивается работой «внутренних часов» - сложной системы отражения времени, в основе которой, по мнению исследователей, лежат ритмические процессы, протекающие в различных структурах мозга. Эти ритмические процессы, имеющие различные периоды, образуют шкалу нервной активности, на которой отображается длительность оцениваемого временного промежутка.

Исследовались характеристики шкал, формирующихся у испытуемых в процессе оценки ими коротких интервалов времени. По результатам первой серии опытов была определена зависимость субъективных оценок интервалов от их физических длительностей, график которой представлен на рисунке 1.



Кривая линия – результат усреднения данных, полученных для шести испытуемых. Указаны доверительные интервалы. Пунктирная линия - аппроксимирующая кривая. Приведено уравнение аппроксимирующей кривой и указана величина достоверности аппроксимации R^2 .

Тонкая сплошная линия - прямая $T_{об} = T_{суб}$. Ось абсцисс – физические длительности интервалов (с), ось ординат – субъективные оценки длительностей интервалов (с).

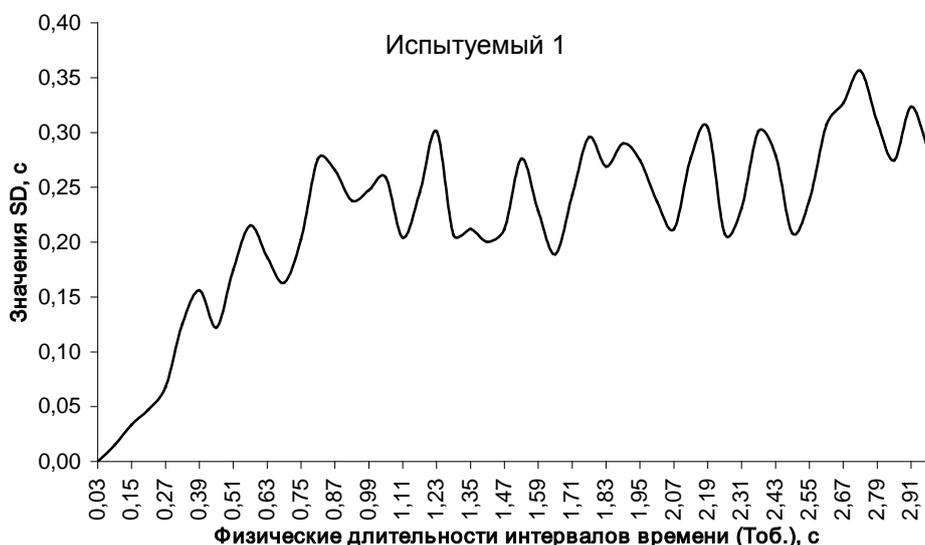
Рисунок 1 - График зависимости субъективных оценок от физических длительностей интервалов

На графике указана величина достоверности аппроксимации R^2 , полученная при построении аппроксимирующей кривой. Значение R^2 было больше для степенной аппроксимации, чем для линейной, то есть соотношение

субъективной временной шкалы оценок интервалов и физической шкалы их длительностей лучше описывается степенной функцией (с показателем степени $n < 1$).

Данный результат подтверждает полученные ранее в ряде исследований сведения о степенной зависимости между физическими длительностями коротких интервалов времени и их субъективными оценками (Eisler Н., 1975; Маринова И., Митрани Л., 1979).

Анализировались зависимости значений SD оценок интервалов от физических значений их длительностей, построенные для каждого испытуемого. На рисунке 2 – пример такой зависимости. Из графика видно, что на фоне роста SD его значения колебались в зависимости от длительности интервалов, образуя выраженные «зубцы». Такая же картина наблюдалась для распределений SD, построенных для остальных испытуемых, причем в распределении «зубцов» на графиках была заметна периодичность.



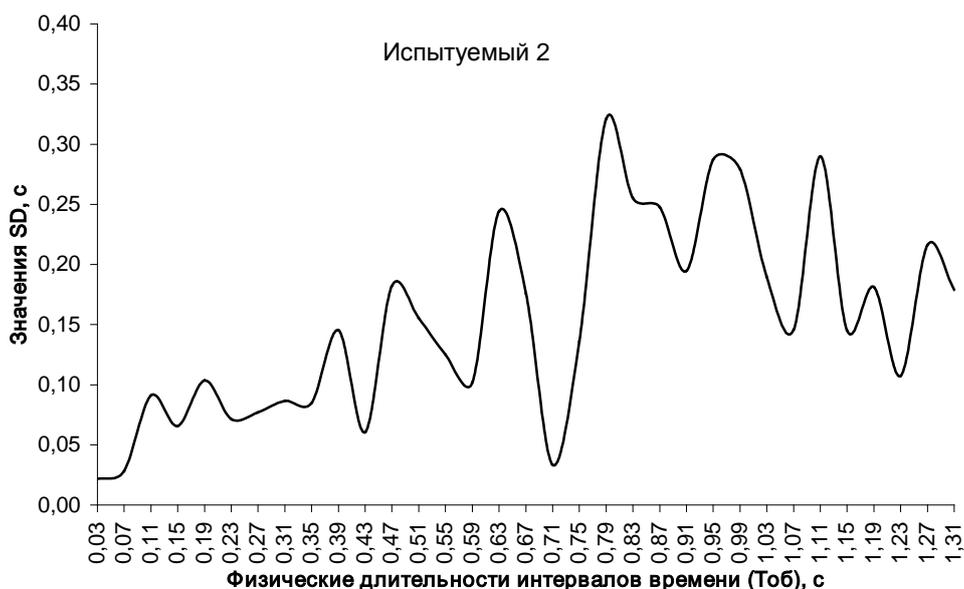
Ось абсцисс – физические длительности интервалов (с), ось ординат – значения SD (с).

Рисунок 2 - Зависимость SD оценок длительностей от их физических значений, полученная по результатам одного испытуемого

Согласно существующим представлениям (Зысин С.Л., 1970; Леушина Л.И., 1978), вид распределения значений SD ответов испытуемых на предъявляемые стимулы может служить для выявления типа субъективной шкалы оценок этих стимулов. Оценка стимулов, лежащих на шкале у границ градаций, должна варьироваться больше, чем оценка стимулов в середине градаций; для зависимости SD оценки от величины стимула (длительности интервала) следует ожидать появления «зубцов» на фоне монотонного изменения SD. «Зубцы» будут возникать на границах между соседними градациями шкалы, и их число может свидетельствовать о количестве градаций субъективной шкалы оценки интервалов времени. В случае же непрерывной шкалы даже незначительное изменение длительности должно быть замечено наблюдателем, поэтому можно ожидать монотонного изменения значений SD

оценки длительностей с изменением величины интервалов.

Чтобы выявить периодичность в распределении значений SD оценок временных интервалов, используя преобразования Фурье, мы провели частотный анализ зависимостей значений SD от длительностей оцениваемых интервалов, полученных для каждого испытуемого, и определили среднюю мощность спектральных компонентов по всем испытуемым. На периодограмме наблюдается выраженный пик, соответствующий периоду колебаний значений SD 0,3 с. Этот результат свидетельствует в пользу гипотезы о дискретной шкале оценки коротких временных интервалов, а возникновение пиков в распределениях значений SD с периодом 0,3 с может говорить о том, что субъективные шкалы оценки интервалов времени из диапазона до 3 с содержат порядка девяти градаций. С одной стороны, можно предположить, что этот результат свидетельствует о действии закона Миллера в процессе оценки испытуемыми коротких временных интервалов: человек не может успешно различить более 7 ± 2 градаций одномерной стимульной переменной (Миллер Дж.А., 1964), в нашем случае – длительности стимула, вне зависимости от диапазона значения оцениваемого параметра. Справедливость этого закона для процессов восприятия сенсорными системами человека параметров стимулов различных модальностей была показана во многих исследованиях (Миллер Дж.А., 1964). С другой стороны, полученные данные могут говорить о существовании определенного периода - «кванта» временного восприятия, характеризующего процесс оценки интервалов времени из анализируемого диапазона. «Квантованность» процесса временного восприятия обсуждалась в ряде работ (Роерпель Е., 1989; Атманспачер Н. et al., 2008), где была предложена интегративная временная шкала, базирующаяся на квантах размером 0,03, 0,3 и 3 с (характеризующих ряд физиологических и когнитивных периодических процессов). Для того чтобы остановиться на одной из возможных интерпретаций данных, полученных в первой экспериментальной серии, было необходимо проведение дополнительных опытов, в которых диапазон оцениваемых длительностей был уменьшен в 2,2 раза. Кривые распределений полученных в этой серии значений SD оценок также имели выраженные пики (рисунок 3). Частотный анализ зависимостей значений SD от длительностей интервалов, полученных для каждого испытуемого (преобразование Фурье), показал, что период колебаний этих значений составляет 0,144 с. Другими словами, при уменьшении диапазона в 2,2 раза период колебания значений SD также уменьшился в 2,08 раза, что говорит в пользу гипотезы о неизменном числе градаций субъективных шкал оценки испытуемыми интервалов из диапазона малых длительностей. В наших опытах это число составило порядка девяти градаций, что является верхней границей «магического числа» 7 ± 2 .



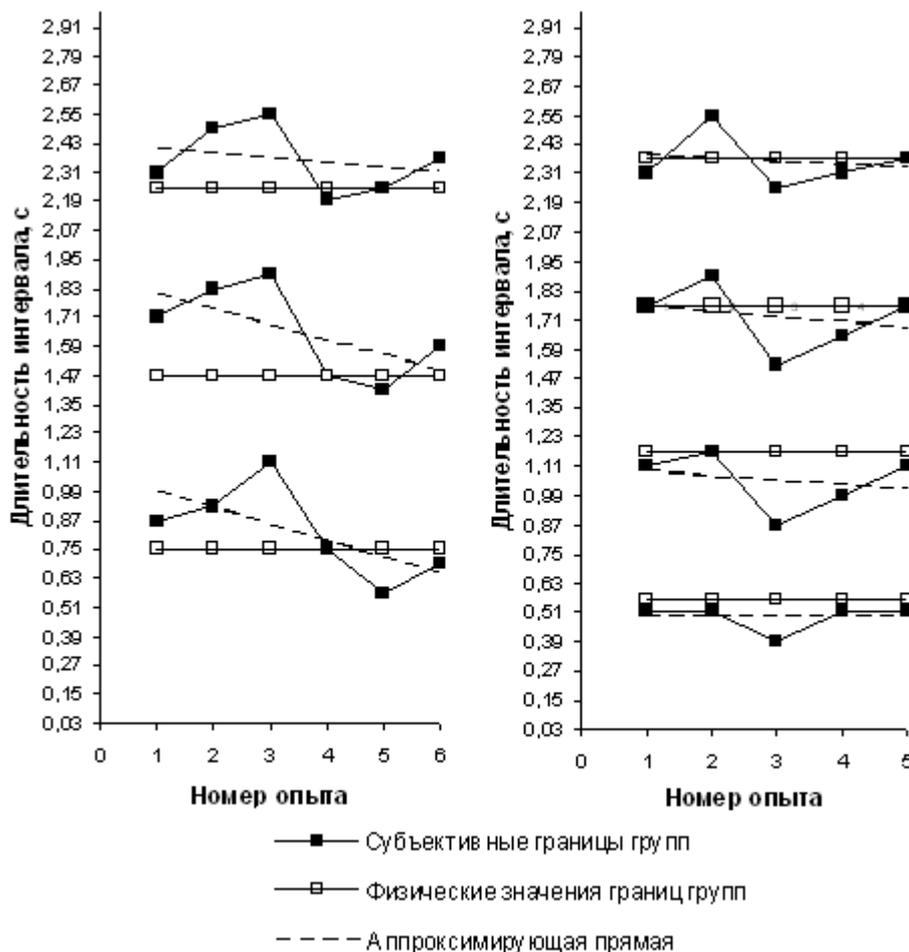
Ось абсцисс – физические длительности интервалов (с), ось ординат – значения SD (с).

Рисунок 3 - Зависимость SD оценок длительностей от их физических значений, полученная по результатам одного испытуемого во второй серии

Полученные во второй серии экспериментальные данные анализировались с использованием метода дискриминантного анализа и критерия Манна-Уитни. При помощи этих методов определяли, насколько успешно испытуемые справились с задачей, то есть, как точно им удалось разделить весь диапазон предъявляемых временных интервалов на заданное число групп.

Статистический анализ полученных экспериментальных данных показал, что все испытуемые успешно справились с разделением на две, три и четыре группы. Восемь испытуемых выполнили задание с разделением на пять групп. Из них двое испытуемых продемонстрировали наибольшую точность оценок временных интервалов – один из них разделил весь диапазон длительностей на шесть групп, другой – на семь. Таким образом, среднее значение числа групп, на которые испытуемые оказались способны разделить весь диапазон длительностей, составило $5,1 \pm 0,5$.

Было проанализировано соотношение между субъективными и физическими значениями границ групп и изменение этого соотношения от опыта к опыту для каждого испытуемого. На рисунке 4 представлен график, отражающий изменения субъективных границ групп, выделенных одним из испытуемых в опытах с разделением на четыре и на пять групп.



Графики построены по результатам опытов с разделением на четыре и пять групп с участием одного испытуемого. Ось абсцисс – номера опытов, ось ординат – длительности оцениваемых интервалов (с).

Рисунок 4 - Пример графиков, отражающих изменения субъективных значений границ групп в ходе опытов

Видно, что в последних опытах обеих серий субъективные значения границ групп приближаются к физическим, что дополнительно подтверждается ходом аппроксимирующих прямых. Такая же картина наблюдалась и для остальных испытуемых. Это означает, что человек постепенно адаптируется к изменяющимся условиям эксперимента при переходе от деления на меньшее число групп к большему. Интересно, что при изменении субъективных значений границ групп размер этих субъективных групп от опыта к опыту в одной серии не меняется, что показано на графиках. Значит, размер градаций субъективной шкалы испытуемого остается постоянным – сама шкала как бы сдвигается вдоль шкалы физических значений, постепенно приближаясь к физическим значениям границ групп по мере обучения испытуемого.

Итак, в ходе выполнения первого этапа исследования был выявлен тип организации субъективных шкал оценки испытуемыми интервалов времени из диапазона до 3 с. Анализ распределений значений SD оценок интервалов, построенных по результатам каждого испытуемого, показал наличие на

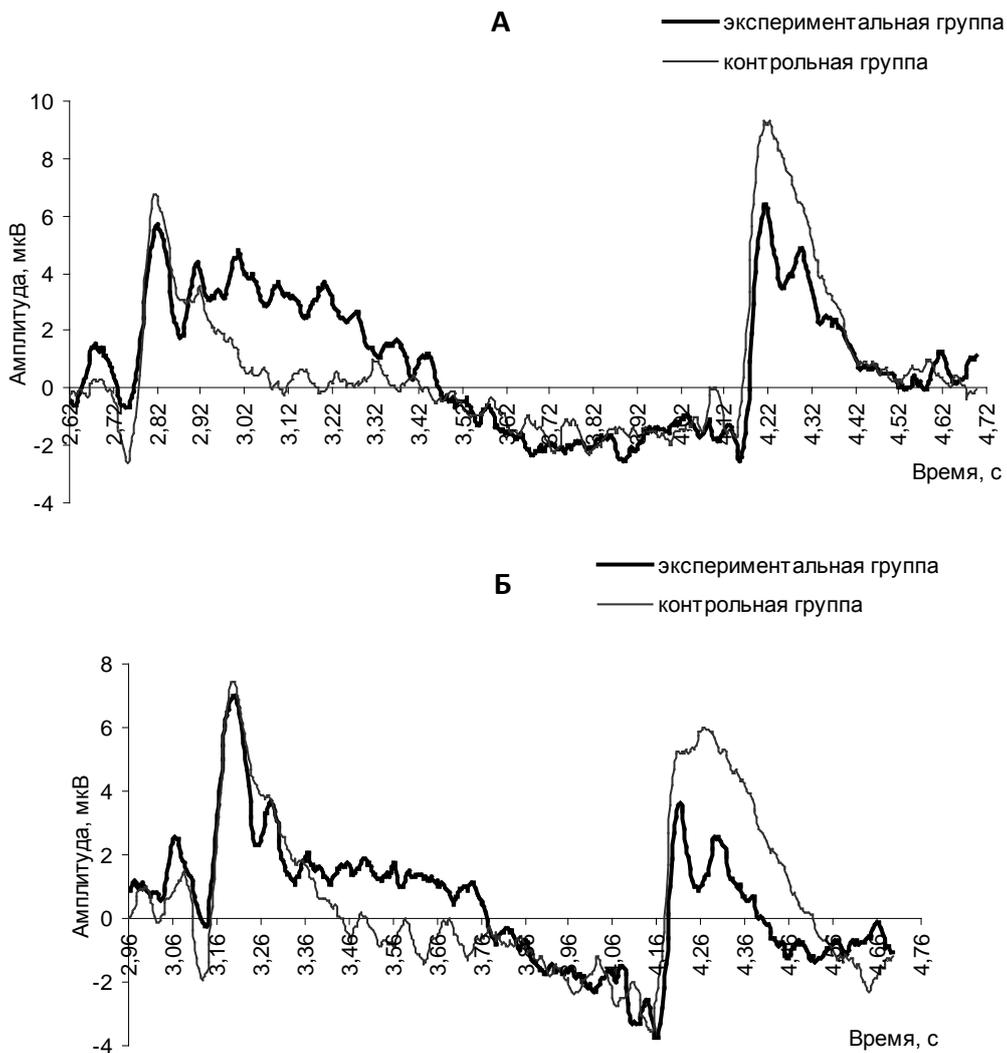
графиках распределений выраженных «зубцов», что свидетельствует о дискретности субъективных шкал оценки испытуемыми коротких интервалов времени. В результате применения двух методических подходов к решению вопроса о количестве градаций дискретных шкал оценки испытуемыми коротких временных интервалов были определены границы значений числа этих градаций.

Частотный анализ полученных в первой серии исследования зависимостей значений SD оценок величины интервалов от их физических длительностей с использованием преобразования Фурье позволил предположить, что дискретные субъективные шкалы оценки интервалов времени длительностью до 3 с содержат порядка девяти градаций (вне зависимости от диапазона значений оцениваемых длительностей).

С помощью методики разделения всего диапазона длительностей на группы, используемой во второй серии опытов, было показано, что точность различения испытуемыми коротких (до 3 с) незаполненных интервалов времени может варьироваться от трех-четырех до семи градаций стимульной переменной (длительности интервала); среднее значение числа градаций, которые испытуемые смогли выделить в исследуемом диапазоне, составило $5,1 \pm 0,5$.

Таким образом, полученные с применением двух методик значения числа градаций субъективных шкал оценки временных интервалов длительностью до 3 с составили от пяти до девяти, что укладывается в границы «магического числа» Миллера 7 ± 2 . Это может свидетельствовать о справедливости закона Миллера для процесса оценки коротких интервалов времени. Поскольку этот закон описывает работу сенсорных систем человека в процессе оценки параметров внешних сигналов различных модальностей, можно предположить, что его справедливость для процесса оценки временных интервалов говорит об общности системы восприятия и оценки времени и сенсорных систем человека.

Целью третьей серии данной части исследования было провести электрофизиологический контроль процесса оценки испытуемыми коротких интервалов времени и попытаться выявить мозговые ритмы, вносящие вклад в формирование шкалы оценки коротких длительностей. Анализировали ВП, построенные для трех отведений: Oz, Pz и Fz (затылочные, теменные и лобные области, соответственно). ВП, зарегистрированные в теменном отведении (Pz), характеризовались максимальной амплитудой и демонстрировали наибольшую разницу между группами испытуемых (по сравнению с Oz и Fz). Отличия в ВП, полученных для двух групп – экспериментальной и контрольной, - наблюдались в последней части ответа, на участке от момента предъявления стимула, маркирующего конец временного интервала, до конца пробы (рисунок 5).



Общее усреднение по ответам испытуемых экспериментальной (11 человек) и контрольной (12 человек) групп. Отведение Pz. А – предъявление временного интервала длительностью 1,5 с, Б – 1,84 с. Ось абсцисс – время (с), ось ординат – амплитуда (мкВ). Начало временной шкалы (2,62 и 2,96 с) - время от начала пробы до включения второго зрительного сигнала.

Рисунок 5 - Усредненные ВП на включение второго ограничивающего временной интервал зрительного стимула и предъявление горизонтальной линии – сигнала к ответу

На кривой, отражающей результаты экспериментальной группы, видна позитивная волна с латентностью порядка 400 мс (от начала предъявления второго ограничивающего интервал сигнала), которая более выражена в ответах на интервал 1,5 с (более короткий из двух).

В ряде работ описана взаимосвязь поздних позитивных компонентов ВП (в частности, P300) с процессом оценки длительностей, причем, показано, что их амплитуда зависит от длительности оцениваемого интервала: при задаче выбора из небольшого набора длительностей она меньше для более длинных интервалов (Papanicolaou A.C. et al., 1985).

Анализ текущей, неусредненной ЭЭГ с использованием метода пространственно-временного разложения, основанного на вейвлет-преобразовании, показал, что наибольший вклад в развитие наблюдаемого позднего компонента вносит синхронизация низкочастотных составляющих ЭЭГ в дельта-диапазоне (1-4 Гц). Показано также, что процесс оценки временных интервалов на анализируемом участке ответа сопровождается значительным (по сравнению с контрольной группой) уменьшением мощности альфа-ритма, что наиболее заметно в затылочных отведениях (для более коротких интервалов), а также снижением мощности тета-ритма, которое было более выражено в теменном и лобном отведениях. Наблюдаемые изменения мощности ритмов ЭЭГ свидетельствуют о большей когнитивной загруженности при выполнении временной задачи по сравнению с задачей контрольной группы. Таким образом, полученные в психофизиологической серии результаты отражают особенности процесса оценки коротких временных интервалов на этапе принятия решения об их длительности, сопровождающего описанными пространственно-частотными изменениями ЭЭГ.

Раздел 3.2. посвящен результатам исследования влияния возраста и пола испытуемых на особенности восприятия и оценки коротких интервалов времени и их обсуждению.

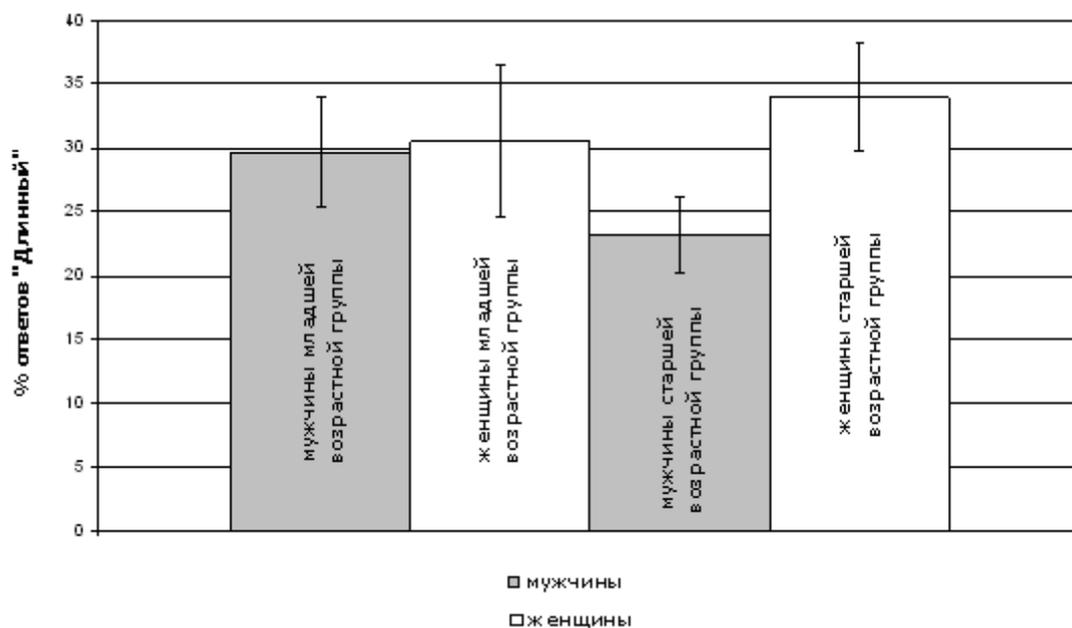
Известно, что процесс восприятия и оценки времени с возрастом претерпевает изменения, однако характер изменений не до конца изучен. В частности, в работах по данной теме встречаются противоречивые результаты. На данном этапе нашего исследования изучалось влияние возраста и пола испытуемых, а также модальности стимулов, ограничивающих временные интервалы, на оценки интервалов из рассмотренного диапазона. Испытуемые оценивали незаполненные интервалы времени длительностью от 0,1 до 1,9 с, ограниченные как зрительными, так и слуховыми стимулами, относя их к одной из категорий по длительности – «короткий», «средний» или «длинный». По результатам экспериментов было рассчитано, в каком проценте случаев каждый испытуемый относил стимул к категории «короткий», «средний» или «длинный». Эти данные усреднялись по группам испытуемых. Были выделены следующие группы испытуемых: мужчины младшей возрастной группы, мужчины старшей возрастной группы, женщины младшей возрастной группы, женщины старшей возрастной группы.

Была проанализирована зависимость процентов ответов каждой из трех категорий от возраста и пола испытуемых. Наиболее чувствительной к влиянию рассмотренных факторов оказалась переменная «процент ответов “длинный”», то есть именно в последней трети исследуемого диапазона (от 1,3 до 1,9 с) оценки испытуемых варьировались в наибольшей степени.

Усредненные значения процентов ответов «длинный» для четырех групп испытуемых представлены в виде гистограммы на рисунке 6.

Для статистического подтверждения совместного влияния факторов возраста и пола испытуемых на их оценки коротких длительностей был проведен многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Выявлена зависимость процентов ответов «длинный» от анализируемых факторов

($F=4,387$; $p=0,042$). Показано, что женщины с возрастом начинают оценивать одни и те же интервалы как более длительные, а мужчины, наоборот, как более короткие. Можно предположить, что причиной этого могут быть гормональные изменения, наступающие с менопаузой, или же гендерные различия во времени реакции.



Ось абсцисс – группы испытуемых, ось ординат – процент ответов «длинный». Указаны доверительные интервалы.

Рисунок 6 - Гистограмма средних значений процентов ответов «длинный» для испытуемых четырех групп с доверительными интервалами

Кроме того, были проанализированы зависимости ответов «средний» от физических длительностей. Были, в частности, рассчитаны средние (по всем испытуемым, без учета пола и принадлежности к той или другой возрастной группе) проценты ответов этой категории отдельно для интервалов, ограниченных слуховыми и зрительными стимулами. Полученные зависимости, как и результат дисперсионного анализа ($F=6,265$; $p=0,16$), показали, что ответ «средний» употреблялся всеми испытуемыми для оценки интервалов, ограниченных слуховыми стимулами, в большем проценте случаев, чем для интервалов, ограниченных зрительными стимулами, причем использовался ответ именно для оценки интервалов из середины диапазона. Приведенный факт говорит о том, что интервалы, ограниченные слуховыми стимулами, оцениваются более точно по сравнению со зрительными, что согласуется с данными, полученными ранее во многих исследованиях, посвященных восприятию времени. Причем, как показало данное исследование, данная тенденция не изменяется с возрастом.

В заключении подводятся итоги диссертационного исследования, излагаются его основные выводы и обобщающие результаты.

ВЫВОДЫ

1. Характер зависимости между субъективно оцениваемыми величинами временных интервалов и их физическими значениями описывается степенной функцией с показателем степени $n < 1$.

2. Результаты, полученные в двух сериях психофизиологических экспериментов по изучению способности испытуемых к различению и оценке интервалов времени из диапазона от 0,03 до 3 с, показали, что шкалы оценки испытуемыми длительностей из данного диапазона являются дискретными.

3. Шкалы субъективной оценки коротких интервалов времени могут включать от пяти до девяти градаций, что характеризует пропускную способность сенсорных систем человека при оценке параметров внешних сигналов.

4. Характеристики ВП, зарегистрированных в ходе выполнения испытуемыми временной задачи, отражают процесс оценки коротких интервалов времени на этапе принятия решения об их длительности. Этот этап сопровождается увеличением синхронизации низкочастотных составляющих ЭЭГ в дельта-диапазоне, а также снижением мощности альфа- и тета-ритмов.

5. Способность к оценке коротких интервалов времени с возрастом претерпевает изменения, причем характер изменений у женщин и мужчин различный. Женщины с возрастом начинают оценивать одни и те же интервалы как более длительные, а мужчины, наоборот, как более короткие. Иначе говоря, «субъективное время» у женщин в диапазоне коротких длительностей замедляется, а у мужчин – ускоряется.

6. Модальность стимулов, ограничивающих незаполненные временные интервалы, влияет на точность их оценок: интервалы, ограниченные слуховыми стимулами, оцениваются точнее по сравнению со зрительными, причем эта тенденция не зависит от возраста испытуемых.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Полученные в исследовании результаты о различии в оценках интервалов из короткого диапазона у пожилых мужчин и женщин, а также о различной чувствительности выбираемых для анализа переменных к влиянию исследуемых факторов, могут быть использованы для разработки новых методов диагностики заболеваний ЦНС, симптомами которых является нарушение восприятия времени. Изучив характеристики восприятия и оценки коротких интервалов времени пациентами с разной степенью тяжести болезни Паркинсона, можно получить дополнительный критерий для диагностики заболевания и разработать новый диагностический подход, основанный на оценке способности пациентов к точной оценке длительностей временных интервалов порядка нескольких секунд.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работы, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Подвигина Д.Н. Варовин И.А. О структуре субъективных шкал оценки человеком коротких интервалов времени // Экспериментальная психология. – 2010. - № 3. - С. 21-26.

2. Подвигина Д.Н. Ляховецкий В.А. Характеристики процесса восприятия коротких интервалов времени // Журнал высшей нервной деятельности. – 2010. - Т. 60. - № 4. - С. 420-427. (Переведена Podvigina D.N., Lyakhovetskii V.A. Characteristics of the Perception of Short Time Intervals // Neuroscience and Behavioral Physiology. – 2011. - Vol. 41. – No 9. - P. 936-941).

Работы, опубликованные в материалах международных симпозиумов и конференций:

3. Podvigin N.F., Podvigina D.N., Bagaeva T.V., Poeppel E. On possible neurophysiological basis of the process of shot time interval estimation // Acta Neurobiologiae experimentalis. – 2004. - Vol. 64. - No 3 (special issue). – P. 1-3.

4. Podvigina D.N., Fahretdinova D.A. Human estimation of short time intervals // Perception. – 2006. - Vol. 35 (suppl.). - P. 100.

5. Podvigina D.N. On principles of short time interval estimation by human subjects // Perception. – 2007. - Vol. 36 (suppl.). - P. 163.

6. Podvigina D.N., Varovin I.A. The effects of sex and age on short time interval estimation // Aging clinical and experimental research. – 2011. - Vol. 23 (suppl. to No 1). – P. 287.

7. Подвигин Н.Ф., Фахретдинова Д.А., Подвигина Д.Н., Багаева Т.В. Оценка человеком коротких интервалов времени и возможные нейронные механизмы этого процесса // «Медико-биологические аспекты действия физических факторов: материалы международной конференции». – Минск, 2006. - С. 252-255.

8. Подвигина Д.Н., Подвигин Н.Ф. О возможных нейрофизиологических механизмах процесса восприятия коротких интервалов времени // Сб. материалов международной научной конференции «Актуальные проблемы современной физиологической науки». Вестник КазНУ, серия биологическая. - Алматы, 2007. - № 4 (34). - С. 96-100.

9. Подвигина Д.Н., Варовин И.А. Влияние возраста и пола испытуемых на точность оценок коротких интервалов времени // Сборник научных трудов Международной научной конференции «Актуальные аспекты современной психофизиологии» III. - Санкт-Петербург, 2011. - С. 168-171.

Работы, опубликованные в материалах всероссийских конференций и журналах:

10. Подвигина Д.Н., Фахретдинова Д.А., Подвигин Н.Ф. Оценка человеком коротких интервалов времени // Тезисы докладов XX Съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. – Москва, 2007. - С. 377.

11. Подвигина Д.Н. Карлссон Ю.И. Характеристики субъективных шкал оценки испытуемыми интервалов времени длительностью до 3 секунд и закон Миллера // «Фундаментальная наука и клиническая медицина: материалы

одиннадцатой Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей «Человек и его здоровье». - Санкт-Петербург, 2008. - С. 299-300.

12. Подвигина Д.Н. Характеристики субъективных шкал оценки человеком коротких (до 3 секунд) интервалов времени // Тезисы докладов VI Сибирского физиологического съезда. – Барнаул, 2008. - Т. 1. - С. 193-194.

13. Подвигина Д.Н., Карлссон Ю.И. Характеристики субъективных шкал оценки испытуемыми интервалов времени длительностью до 3 секунд // Проблемы регуляции висцеральных функций: сб. науч. ст. в 2 кн. - Минск: РИВШ, 2008. - Кн. 2. - С. 152-155.

14. Подвигина Д.Н. О дискретности субъективных шкал оценки коротких интервалов времени и «магическом числе» Миллера 7 ± 2 // Фундаментальная наука и клиническая медицина. Материалы XX Всероссийской медико-биологической конференции молодых исследователей. - Санкт-Петербург, 2009. - С. 293-294.

15. Подвигина Д.Н. Характеристики субъективных шкал оценки человеком коротких интервалов времени // Тезисы докладов XXI Съезда Российского Физиологического общества им. И.П. Павлова. - Москва – Калуга, 2010. - С. 485-486.

16. Подвигина Д.Н., Королева А.Н. О принципах функционирования системы восприятия времени человеком // Сб. тезисов III Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010». - Нижний Новгород, 2010. - С. 146-147.

Работы в сборниках материалов научных и научно-практических конференций различного уровня:

17. Подвигина Д.Н. Закономерности процесса восприятия человеком коротких интервалов времени // Материалы конференции «Механизмы регуляции и взаимодействия физиологических систем организма человека и животных в процессах приспособления к условиям среды». - Санкт-Петербург, 2007. - С. 63.

18. Подвигина Д.Н. О дискретности субъективных шкал оценки коротких интервалов времени // Материалы межвузовской конференции молодых ученых «Герценовские чтения». - Санкт-Петербург, 2009. - Вып. 9. - С. 100-101.

19. Подвигина Д.Н. О структуре субъективных шкал оценки коротких интервалов времени // Ананьевские чтения – 2010. Современные прикладные направления и проблемы психологии: Материалы научной конференции. Часть 2. - Санкт-Петербург, 2010. - С. 148-150.

20. Подвигина Д.Н., Варовин И.А. Влияние возраста и пола испытуемых на их оценки коротких временных интервалов // Материалы XIV Научной школы-конференции молодых ученых по физиологии высшей нервной деятельности и нейрофизиологии. – Москва, 2010. – С. 52.