

ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
і.м. В.І. ВЕРНАДСЬКОГО

МАХИН СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ

УДК 612.822 : 547.918

**ОТМЕРИВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ: АНАЛИЗ ЭЭГ И
ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА**

03.00.13 – фізіологія людини і тварин

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Сімферополь - 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Таврійському національному університеті ім.
В.І.Вернадського
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник – кандидат біологічних наук, старший
науковий співробітник,
Павленко Володимир Борисович,
доцент кафедри фізіології людини і тварин і біофізики
Таврійського національного університету
ім. В.І.Вернадського

Офіційні опоненти – доктор біологічних наук
Дмитро Артурович Василенко,
провідний науковий співробітник Інституту
фізіології ім. О.О.Богомольця НАН України

Провідна установа – Київський національний університет ім. Т.Г.Шевченка
МОН України (кафедра фізіології)

Захист відбудеться “_____” _____ 2004 р. о _____ годині на
засіданні спеціалізованої ради К 52.051.04 в Таврійському національному
університеті ім. В. І. Вернадського за адресою: вул. Ялтинська, 4, 95007, м.
Сімферополь.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Таврійського національного
університету В. І. Вернадського за адресою: вул. Ялтинська, 4, 95007, м.
Сімферополь.

Автореферат розісланий “_____” _____

Вчений секретар спеціалізованої
Вченої ради К 52.051.04

В.С. Мартинюк

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТЫ.

Актуальность проблемы. Не требует доказательства тот факт, что психика человека существует в переживаемом времени и все психические процессы включают в себя его метрические и топологические свойства. Исходя из данного положения, изучение временных свойств человека представляет из себя чрезвычайно важную задачу как на психическом, так и на физиологическом уровнях. В то же время, механизмы, обеспечивающие эффективную временную организацию жизнедеятельности человека как в биологическом, так и социальном смысле, еще нашли приемлемого объяснения. Данные, накопленные на данный момент, носят весьма спорадический характер и не имеют прочного основания в плане методологии, которая обеспечивала бы систематическое решение поставленной задачи. Результаты, представленные в современной научной литературе, зачастую противоречивы и ценны лишь с феноменологической точки зрения, так как не обладают в полном смысле этого слова объяснительным потенциалом.

Электрофизиология, на наш взгляд, предлагает на данном этапе наиболее полный и надежный методологический инструментарий, который позволил бы вскрыть те устойчивые закономерности, которые лежат в основании временной составляющей функционирования живых организмов, в частности человека. В качестве объективного коррелята психических процессов и функционирования базисных нейрофизиологических механизмов поведения все большему исследованию подвергаются такие электроэнцефалографические феномены, как текущая ЭЭГ и вызванные потенциалы мозга.

Многие авторы указывают на то, что в основании восприятия временных длительностей может лежать ритмическая активность ЭЭГ, наиболее часто отводя данную роль активности в диапазоне альфа-частот (8-13 Гц) [Stroud, 1955; Уткина, 1981; Лисенкова, 1981; Джебраилова, 1995]. Тем не менее, данные, касающиеся степени участия ритмической

активности в процессах оценки и отмеривания временных интервалов, имеют весьма противоречивый характер и мало соотносятся друг с другом.

Кроме того, делались попытки соотнести различные компоненты связанных с событием потенциалов со скоростью хода и точностью внутренних часов человека [McAdam, Rubin, 1971; Месарош и др., 1976; Ruchkin et al., 1977; Gaillard, 1977; Дорошенко и др., 1978; Macar, Vitton, 1980]. Показаны корреляции с условной негативной волной и потенциалом P300. Однако, данные, касающиеся временной компоненты поведения, носили скорее побочный характер, чем изучались целенаправленно. Использовались отличные экспериментальные парадигмы, и, как результат, выявленные закономерности опять-таки носили исключительно описательный характер. К тому же, в научной литературе в ходе изучения процессов временной продукции практически не упоминается роль такого компонента ССП, как потенциал готовности.

В связи со всем вышеперечисленным, мы посчитали целесообразным провести собственное исследование процессов отмеривания временных интервалов и сопоставить полученные результаты с характеристиками нейродинамики как интегративной составляющей активности мозга, а также показателями основных ритмов ЭЭГ и ССП в парадигме многократного отмеривания временных интервалов.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Исследования проводились в соответствии с планами научно-исследовательской работы кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского по программе: “Психофизиологическое исследование моделей оптимизации учебно-воспитательного процесса в средней школе (№ гос. регистрации 0101U005768 (2001-2006)) и проблемной лаборатории высшей нервной деятельности по теме «Нейрофизиологические механизмы развития когнитивных функций» ((№ гос. регистрации 0103U001210). Все эти

направления являются составляющими Межотраслевой комплексной программы “Здоровье нации” на 2002-2011 г.г.

Цель и задачи исследования. *Цель исследования* – выявление взаимосвязей между точностью и тенденцией отмеривания человеком временных длительностей, с одной стороны, и пластичностью психических процессов, показателями ритмики ЭЭГ в спектрах тета, альфа и бета-частот и параметрами таких компонентов ССП, как ПГ, ПСН и Р300, с другой стороны.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Определить различия в восприятии временных интервалов между психически больными различных нозологических групп по сравнению с психически здоровыми.
2. Проанализировать возможную связь между пластичностью нервных процессов и характером отмеривания временных интервалов на примере здоровых и психически больных испытуемых.
3. Установить корреляционные взаимоотношения между точностью и тенденцией отмеривания и показателями основных ритмов ЭЭГ в условиях наличия и отсутствия информативной обратной связи.
4. Оценить интраиндивидуальную динамику таких компонентов ССП, как ПГ, ПСН и Р300 в ходе реализации задачи на внутренний отсчет времени.

Объектом исследования диссертационной работы являются показатели пластичности нервных процессов, частотные и амплитудные составляющие ритмической активности ЭЭГ, а также параметры компонентов ССП в ходе выполнения задачи на отмеривание временных интервалов.

Предмет исследования. Связь между точностью и тенденцией отмеривания человеком длительностей, с одной стороны, и пластичностью

нервных процессов, ритмической активностью ЭЭГ и параметрами ССП, с другой стороны.

Методы исследования. Регистрацию и анализ ССП и текущей ЭЭГ осуществляли с помощью программно-аппаратного компьютеризированного комплекса. Психологическое тестирование испытуемых проводили с использованием «корректирующей пробы» Бурдона и таблиц Шульте-Горбова. Математический аппарат исследования представлен описательной статистикой (выборочное среднее, стандартное отклонение), корреляционным анализом (коэффициент ранговой корреляции Спирмена) и U-критерием Манна-Уитни (определение достоверности различий).

Научная новизна полученных результатов. Впервые изучены различия в восприятии времени здоровыми и психически больными различной нозологии через анализ пластичности нервных процессов. Впервые анализ и регистрация ЭЭГ и ССП проведены и соотнесены в экспериментальных парадигмах отмеривания длительностей с наличием и отсутствием информативной обратной связи об успешности выполнения задачи. Показано отличие электрофизиологических коррелятов со скоростью хода внутренних часов человека, имеющих место в условиях наличия внешнего достоверного временного ориентира и при использовании исключительно эндогенных ориентиров, на которые полагался испытуемый при отмеривании заданных длительностей. Продемонстрирована роль ритмической активности в диапазонах альфа и бета-частот в процессах временной продукции. Показана динамика компонентов ССП (ПГ, ПСН и P300) в ходе многократного отмеривания 20-секундного интервала.

Теоретическое и практическое значение работы. Обнаруженные величины значений отмериваемых в эксперименте интервалов и различия в восприятии времени здоровыми и психически больными разной нозологии могут быть использованы в качестве нормативных данных при диагностике психических заболеваний. Выявленные корреляционные отношения между

параметрами ЭЭГ, ССП и характером отмеривания временных длительностей могут найти применение в диагностических целях при решении задач профориентации и профотбора, в частности для операторской деятельности.

Также, данные о функциональной роли ритмической активности и вызванных потенциалов головного мозга в экспериментальных задачах, связанных с продуцированием временных интервалов, позволяют углубить знания о нейрофизиологическом субстрате различных видов поведенческой деятельности человека.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа является завершенным научным исследованием. Настоящая работа выполнена на кафедре физиологии человека и животных Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.

Методика и схема экспериментов разработаны совместно с научным руководителем. Самостоятельно и в полном объеме проведены экспериментальные исследования в сериях с отведением ЭЭГ и ССП, статистическая обработка полученных результатов, анализ и их интерпретация, сформулированы основные выводы работы. Материалы, отражающие основные положения экспериментального исследования, подготовлены к публикации совместно с научным руководителем.

Апробация результатов исследования. Основные положения и результаты проведенного исследования докладывались на научных конференциях профессорско-преподавательского состава ТНУ (1998-2003 гг.); международной конференции «КОСМОС И БИОСФЕРА» (Партенит, 2003).

Материалы диссертационной работы используются при проведении практических занятий со студентами отделения психологии по дисциплинам «Психофизиология», «Экспериментальная психология», «Физиология ВНД», «Дифференциальная психофизиология».

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 4 статьи в научных изданиях, и 2 тезисов докладов конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 104 страницах машинописного текста и состоит из вступления, трех разделов, выводов, а также списка использованной литературы, содержащего 247 наименований, из них 49 на русском и украинском языках и 198 иностранных публикаций. Работа иллюстрирована 9 рисунками и 3 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

У *«Вступі»* обґрунтовується актуальність теми дослідження, викладається зв'язок напрямку досліджень з науковою темою, формулюється мета і задачі роботи, відзначаються наукова новизна і практичне значення одержаних результатів. Зазначається особистий внесок здобувача, а також внесок співавторів, разом з якими були опубліковані наукові праці. Вказується, на яких наукових з'їздах і конференціях оприлюднено результати досліджень та кількість публікацій за темою дисертації.

В разделе *«Обзор литературы»*, который включает в себя четыре подраздела, изложен теоретический и методологический анализ исследуемой проблемы. Приведены данные современной научной литературы.

В рамках подраздела *«Генез и топография ЭЭГ»* рассматриваются основные факторы ритмогенеза электрической активности головного мозга. В целом, принято выделять три ритмообразующих компонента ЭЭГ. Первым выступает кора как низкочастотный фильтр с характеристической частотой 2 Гц, не совпадающей с доминирующей частотой ЭЭГ. Второй компонент – ритмические влияния подкорковых структур, главным образом таламуса. Третий компонент – это управляющее влияние ретикулярной формации

мозга на таламус [Бехтерева, 1997]. С другой стороны, поскольку ритмические колебания потенциала могут возникать и в изолированной от таламуса коре (например, в ответ на ее прямое электрическое раздражение), рядом авторов делается вывод, что для возникновения ЭЭГ не требуется, как полагали раньше, обязательного наличия подкоркового пейсмекера [Petsche, 1989]. Для этого достаточно поступления в кору лишь определенного минимума асинхронной афферентной импульсации. Рассмотрено 6 основных структур лимбико-ретикулярного комплекса, формирующих паттерн ЭЭГ [Жирмунская, 1993]: 1) ретикулярная формация ствола мозга; 2) неспецифические ядра таламуса; 3) ассоциативные ядра таламуса; 4) задний гипоталамус; 5) передний гипоталамус; 6) хвостатое ядро. Каждая из этих структур может находиться в двух (активированном и угнетенном) или в трех состояниях (активированном, спокойном и угнетенном). Комбинация функционального состояния данных структур мозга дает определенный паттерн ЭЭГ, характеризующийся доминирующей частотой, организацией, выраженностью и реактивностью.

Далее, в подразделе **«Основные ритмы ЭЭГ и их функциональное значение»** проводится анализ накопленных современной наукой данных, касающихся возникновения и функциональной роли таких ритмов ЭЭГ, как тета, альфа и бета-ритмы. Показано, что тета-ритм отражает скорее не двигательную активность, как считалось ранее, а обработку сенсорной информации [Sainsbury, 1998]. Причем, он причастен именно к торможению нерелевантных реализуемой задаче сенсорных систем. Продемонстрировано, что рост активности верхнего альфа-диапазона отражает специфическую функцию обработки информации, находящейся в памяти (в соответствующих нейронных сетях) [Nunez et al., 2001]. Блокирование бета-активности в лобно-центральных отделах при проприоцептивных нагрузках может предполагать связь этого типа бета-активности с сенсомоторной функцией. Теменно-затылочный бета-ритм, вероятно, имеет такое же физиологическое значение, как и альфа [Гнездицкий, 2000]. Согласно ряду данных, на частоте

бета-ритма осуществляется взаимодействие (binding, «связывание») между различными отделами мозга во время сенсорно-перцептивных процессов, при когнитивной деятельности и мышлении [Basar, 1992; Whittington et al., 1997; Traub et al., 1996].

В третьем подразделе **«Современные представления о когнитивных связанных с событием потенциалах»** рассматриваются вопросы возникновения и функционального значения таких вызванных потенциалов, как ПГ, УНВ, ПСН и P300. Показано, что возникновение ПГ, УНВ и ПСН отражает антиципаторную корковую активацию, запускающуюся через таламо-кортикальные пути [Brunia and van Boxtel, 2001]. При этом для ПГ они могут быть реализованы как через мозжечок, так и через базальный ганглий [Deecke et al., 1977; Shibasaki et al., 1978, 1986; Dick et al., 1989; Jahanshahi et al., 1995; Praamstra et al., 1996]. В случае P300 делается вывод, что данный потенциал отражает осознание перцептивного решения об идентификации релевантного сигнала и соответствует окончательному звену информационной обработки.

В четвертом подразделе **«Психофизиология восприятия времени: норма и патология»** рассматривается гипотетический психофизиологический субстрат, лежащий в основе отражения человеком временных параметров окружающей действительности. Делается акцент на электрической активности головного мозга как основном факторе, отражающем активность внутренних часов человека. Показана связь между особенностями восприятия времени и ритмической ЭЭГ-активностью, преимущественно в диапазоне частот альфа-ритма [Stroud, 1955; Уткина, 1981; Лисенкова, 1981; Джебраилова, 1995], а также некоторыми вызванными потенциалами (ПГ, УНВ, P300) [McAdam, Rubin, 1971; Месарош и др., 1976; Gaillard, 1977; Macar, Vitton, 1980].

Далее, в разделе **«Методика исследования»** дана общая характеристика эксперимента, описаны методы анализа и обработки результатов исследования.

В исследовании приняло участие 359 испытуемых в возрасте от 18 до 47 лет, обоего пола. Первое направление исследований предполагало анализ особенностей отражения времени человеком через анализ отмеривания временных длительностей порядка 15, 30 и 60 с, а также определение «собственной единицы времени» в связи с рядом психических заболеваний (I группа – здоровые; II группа – больные шизофренией, параноидной формой с апато-абулическим дефектом; III группа – больные эпилепсией; IV группа – больные биполярным аффективным психозом с гипоманиакальным эпизодом; V группа – больные биполярным аффективным психозом с текущим депрессивным эпизодом; VI группа – больные алкоголизмом) и такой комплексной характеристикой личности, как пластичность психических процессов. Второе направление проводилось по схеме, в соответствии с которой регистрировались такие когнитивные ССП, как ПГ, ПСН и Р300 в парадигме отсчета временных интервалов. Кроме того, в данной же экспериментальной парадигме был проведен спектральный анализ ритмической ЭЭГ активности с выделением модальной частоты и мощности трех основных ритмов: тета, альфа и бета.

Для определения индивидуального восприятия временных интервалов испытуемым была использована методика «отмеривание», предложенная В.П. Лисенковой [1969]. Испытуемым предлагалось самим отмерить временной интервал, длительность которого определялась экспериментатором. Временной интервал не воспринимался испытуемыми непосредственно перед экспериментом. Были предложены интервалы следующей длительности: 16, 30 и 60 секунд. В ходе проведения эксперимента с помощью секундомера производились замеры вышеуказанных временных интервалов для определения среднего значения отмеренных длительностей.

Для выявления особенностей пластичности нервных процессов были использованы такие методики, направленные на определение гибкости и

переключаемости психических процессов, как «Корректирующая проба» Бурдона и таблицы Шульте-Горбова.

В ходе обработки результатов исследования были получены следующие показатели:

- 1) среднее значение временных интервалов со стандартным отклонением и достоверность различий;
- 2) среднее значение гибкости и переключаемости нервных процессов со стандартным отклонением и достоверность различий;
- 3) среднее значение собственной единицы времени τ со стандартным отклонением и достоверность различий;
- 4) коэффициент ранговой линейной корреляции R_{xy} для значений τ и показателей гибкости и переключаемости нервных процессов.

Далее, на втором этапе исследования изучалась электрическая активность головного мозга в ходе отмеривания временных интервалов заданной длительности. Регистрацию и анализ ЭЭГ осуществляли с применением общепринятых методик, используя компьютеризированный комплекс для исследования ЭЭГ-активности. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно, в точках С3 и С4 по международной системе "10-20". Испытуемый помещался в затемненной экранированной камере в мягком кресле. На расстоянии 1,5 м перед глазами располагался специальный дисплей, на который, согласно инструкции, требовалось постоянно смотреть. Экспериментальная задача заключалась в многократном (порядка 30 раз) отмеривании 20-секундного интервала нажатием на кнопку большим пальцем правой руки. Испытуемому сообщали, что об успешности выполнения задачи он может узнать из сигналов обратной связи, выдаваемых компьютером на дисплей.

В первоначальной парадигме отмеривания временных интервалов (76 человек) испытуемому требовалось выполнить следующее задание (задача «А»). Он должен был в произвольный момент времени нажать на кнопку и после этого начать внутренний отсчет временного интервала, точное значение

которого ему исходно не было известно; сообщалось только, что этот интервал лежит в диапазоне 20 ± 3 с. Кроме того, при получении сигнала обратной связи об успешности попадания в заданный промежуток было необходимо дополнительное нажатие на кнопку.

В дальнейшем, с целью изучения естественной предрасположенности испытуемых к оценке временных длительностей была разработана модифицированная экспериментальная парадигма, которая включала в себя две серии. При этом длительность отмериваемого интервала была известна заранее и составляла 20 с. В рамках данного исследования приняло участие 65 испытуемых обоего пола.

В первой серии (задача «Б») испытуемому предлагалось многократно (от 30-ти до 33-х реализаций) отмеривать временной интервал заданной длительности. Но на табло обратной связи после вторичного нажатия всегда высвечивался знак вертикальной черты, который не требовалось подтверждать дополнительным нажатием, то есть обратная связь в данной экспериментальной серии была неинформативна. Таким образом, человек, находясь в изолированной камере, не располагал информацией о точности отмеривания и мог ориентироваться только на какие-либо эндогенные ориентиры при определении успешности выполнения опытной задачи. Другими словами, исследовалась естественная предрасположенность либо переотмеривать временные длительности.

Вторая серия (задача «В») была аналогична первоначальной экспериментальной парадигме, то есть с информативной обратной связью, но, в отличие от нее, более не требовалось подтверждающего нажатия в случае попадания в заданный промежуток допуска. Иначе говоря, исследовалась способность целенаправленно контролировать скорость хода внутренних часов на основании достоверной информации извне.

ЭЭГ регистрировалась в период отмеривания испытуемыми временного интервала. В ходе анализа ЭЭГ мы рассчитывали мощность и максимальную пиковую частоту следующих диапазонов ЭЭГ: 4-8 Гц (тета-ритм), 8-14 Гц

(альфа-ритм), 14-30 Гц (бета-ритм). В эксперименте определяли такие характеристики временного интервала, как среднее значение по всем отмеренным длительностям, коэффициент вариации в ответах испытуемых и процент попаданий в заданный интервал для второй экспериментальной серии.

В условиях реализации задачи на отмеривание перед финишным нажатием на кнопку (как и перед стартовым) регистрировался ПГ, перед сигналом обратной связи – ПСН, а после сигнала обратной связи – потенциал Р300. Для анализа использовали усредненное интегральное значение амплитуды ПСН, которое рассчитывали как среднее арифметическое текущих амплитуд, измеренных через каждые 10 мс. Аналогичным образом рассчитывали значение амплитуды Р300, но за базовый уровень принимали среднюю амплитуду электрической активности за 200 мс после включения сигнала обратной связи. Анализу подвергали значения амплитуды потенциала готовности, интегральной ПСН и амплитуды потенциала Р300.

Данные электрофизиологического исследования количественно обрабатывались с использованием стандартных методов вариационной статистики. Для расчета корреляций использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Четвертый раздел *«Результаты и их обсуждение»* включает два подраздела. В первом, **«Оценка временных интервалов людьми с психическими патологиями»**, обсуждаются результаты исследования пластичности нервных процессов людей с психическими патологиями в их связи с особенностями оценки временных длительностей.

По результатам сравнения средних значений замеряемых временных интервалов мы можем говорить о том, что:

- 1) исследуемые II группы достоверно переоценивают 15 секундный и 60 секундный временные интервалы;

- 2) исследуемые III группы достоверно переоценивают длительности в 15, 30 и 60 с; при этом отмериваемые интервалы для данной группы отличаются большой вариабельностью;
- 3) в IV группе исследуемые достоверно недооценивают 30-секундный интервал, по другим замеряемым временным интервалам наблюдается тенденция к недооценке.
- 4) по V группе определены достоверные различия по всем измеряемым интервалам; при этом исследуемые достоверно переоценивали временные интервалы.
- 5) исследуемые VI группы показали тенденцию к переоценке временных интервалов; при сравнении минутного интервала различия между данной группой и группой здоровых людей оказались достоверны.

Собственная единица времени τ для группы здоровых людей (I группа) оказалась равной $0,967 \pm 0,014$. При сравнении τ здоровых людей и τ психически больных достоверные различия были получены для следующих групп:

- 1) между первой группой (здоровые) и второй группой (больные шизофренией, параноидной формой с апато-абулическим дефектом); τ во второй группе равнялся $1,006 \pm 0,039$, $p \leq 0,05$;
- 2) между первой группой и третьей группой (больные эпилепсией); τ в третьей группе составлял $1,156 \pm 0,072$, $p \leq 0,001$;
- 3) между первой и пятой группой (больные биполярным аффективным расстройством с текущим депрессивным эпизодом); τ в пятой группе равнялся $1,266 \pm 0,053$, $p \leq 0,001$;
- 4) между первой и шестой группами (больные психическими поведенческими расстройствами вследствие употребления алкоголя); τ в шестой группе был равен $1,044 \pm 0,024$, $p \leq 0,01$.

Графическое представление показателей, полученных для собственной единицы времени τ , можно увидеть на рис. 1.

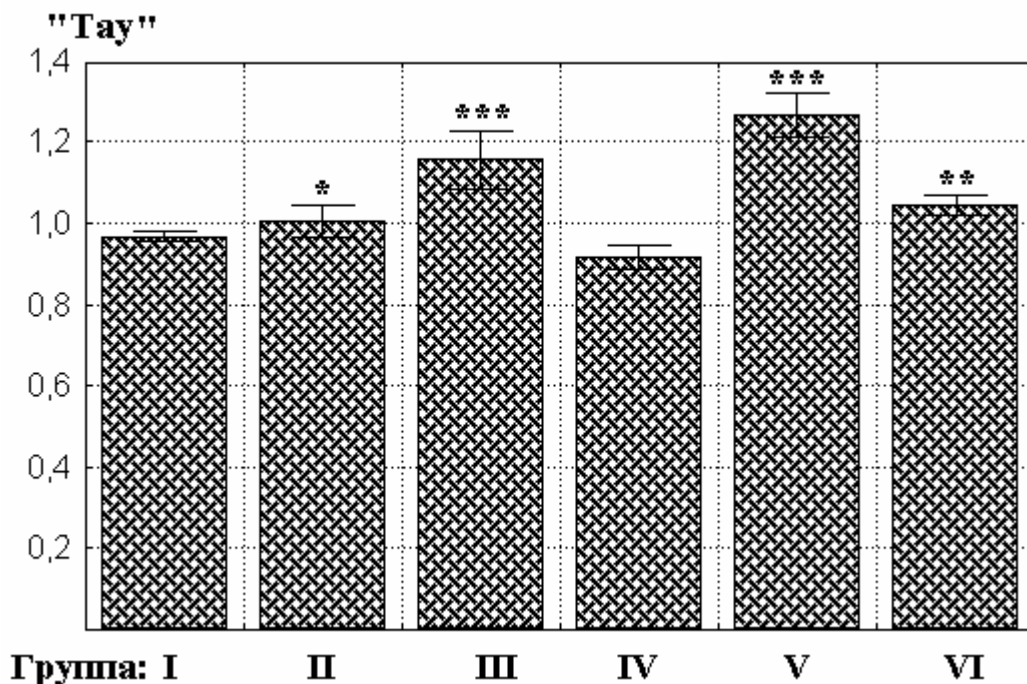


Рис. 1. Значение собственной единицы времени для всех групп со средним значением и ошибкой среднего.

По оси абсцисс – номер группы, по оси ординат – показатель « τ », с. Достоверность различий с группой здоровых обозначена звездочками: * – $p=0,05$; ** – $p=0,01$; *** – $p=0,001$.

Далее, определялась зависимость между особенностями пластичности нервных процессов на примере гибкости и переключаемости психических процессов и тенденцией оценки времени. В качестве переменных были взяты показатели собственной единицы времени τ и коэффициент переключаемости и гибкости. Для статистического анализа использовался метод ранговой корреляции Спирмена. Коэффициент корреляции составил 0,43 с достоверностью $p \leq 0,001$.

Во втором подразделе «**Ритмическая активность ЭЭГ и медленные потенциалы мозга в процессе отмеривания длительностей человеком**» проводится анализ динамики показателей ЭЭГ и ВП в ходе отмеривания заданных длительностей.

Корреляционный анализ позволил обнаружить (задача «А») достоверные отрицательные корреляции между частотой альфа-ритма в обеих полушариях ($R_{л.} = -0,251$; $R_{п.} = -0,162$), а также положительную корреляцию с бета-ритмом ($R = 0,169$) в левом полушарии, и величиной отмериваемого интервала.

В случае модифицированной экспериментальной парадигмы была найдена значимая негативная корреляция ($R = -0,244$) между частотой бета-ритма в центральном регионе коры левого полушария и средним значением воспроизводимых временных интервалов (задача «Б»), а также между частотой альфа-ритма ($R = -0,204$) и величиной продуцируемых длительностей (задача «В»).

Процент попаданий в заданный временной промежуток также достоверно ($p < 0,009$) коррелировал ($R = 0,275$) с частотой альфа-ритма в левом полушарии. То есть наиболее точно отмеряли заданную длительность те испытуемые, частота альфа-ритма которых была выше.

Кроме того, следует отметить, что величина разброса в ответах испытуемых оказалась в обратной зависимости от мощности бета-ритма в обоих полушариях головного мозга. Корреляция составила $-0,250$ для левого полушария и $-0,231$ для правого. Таким образом, наиболее “ровные” ответы давали те испытуемые, мощность бета-активности которых была больше.

Также был проведен анализ матриц соответствия воспроизведенных интервалов и частотных и амплитудных характеристик ЭЭГ для каждого испытуемого в отдельности. Таким образом, исследовалась взаимозависимость между показателями ЭЭГ активности и динамикой отмеривания длительностей для ситуаций с наличием и отсутствием информативной обратной связи.

Вопреки ожиданиям, результаты получились достаточно разнородными. У ряда испытуемых вообще не было обнаружено достоверных зависимостей, у других же имели место отличные друг от друга, разнонаправленные корреляции. Общая картина, отражающая количество положительных и

отрицательных корреляций между ритмами ЭЭГ и отмеренными интервалами для первой и второй серии, представлена на рис. 2 а и б, соответственно.

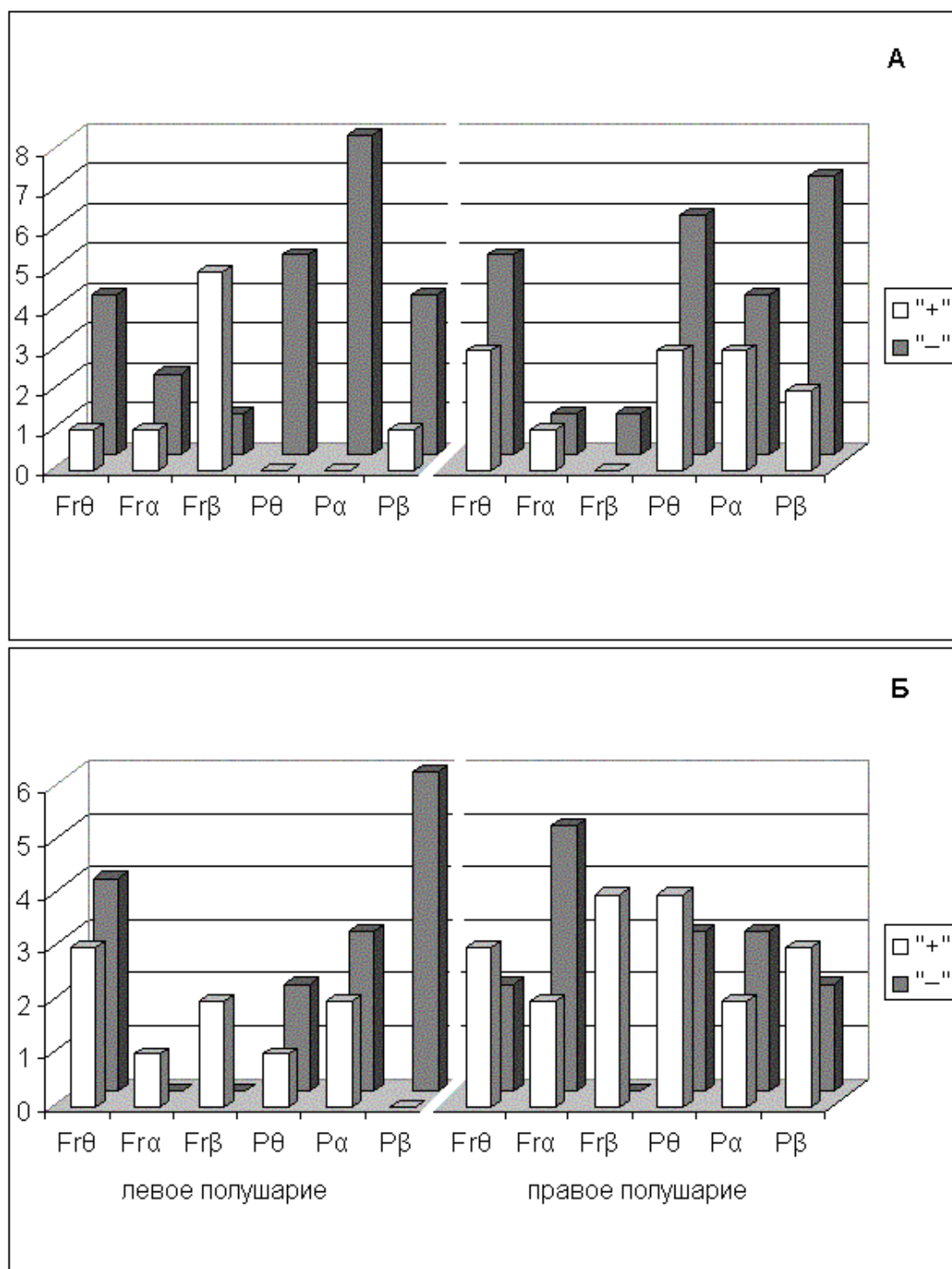


Рис. 2. Гистограмма распределения интраиндивидуальных корреляций для 65 испытуемых между частотой (Fr) и мощностью (P) тета-, альфа- и бета-ритмов для обоих полушарий, с одной стороны и величиной отмериваемого интервала, с другой.

Светлые и темные столбцы отражают количество статистически значимых положительных и отрицательных корреляций соответственно для каждого ритма ЭЭГ.

Несмотря на отмеченную разнородность взаимосвязей, отчетливо видно, что в первой серии исследований наиболее часто выявляются обратные корреляции воспроизведенной длительности с мощностью. Иначе говоря, рост мощности исследованных ритмов ЭЭГ приводил к ускорению хода внутренних часов человека, то есть укорачивал отмеренный интервал. При этом у отдельных испытуемых показатели мощности разных ритмов ЭЭГ в разной степени коррелировали с величиной отмериваемого временного интервала.

Задача «В» характеризовалась близкой картиной для левого полушария, где чаще всего встречалась обратная зависимость между воспроизведенной длительностью и амплитудой бета-ритма. Кроме этого, для правого полушария оказались выражены положительная корреляция с частотой бета-ритма и отрицательная – с частотой альфа-ритма.

Кроме анализа спектра ЭЭГ, для серии с информативной обратной связью был также проведен анализ нескольких эндогенных ССП. Перед нажатием на кнопку регистрировался ПГ, перед сигналом обратной связи – ПСН, а после сигнала обратной связи – потенциал Р300.

В случае задачи «Б» анализ результатов предполагал сравнение показателей ПГ, ПСН и Р300 для нескольких групп испытуемых в соответствии с их тенденцией отмеривания. В первую группу вошли испытуемые, для которых средние значения воспроизведенных длительностей составляли менее 20 с, во вторую – от 20 до 24 с и в третью – более 24 с.

Усредненные показатели по каждой из групп отражены в сравнительной диаграмме на рис. 3.

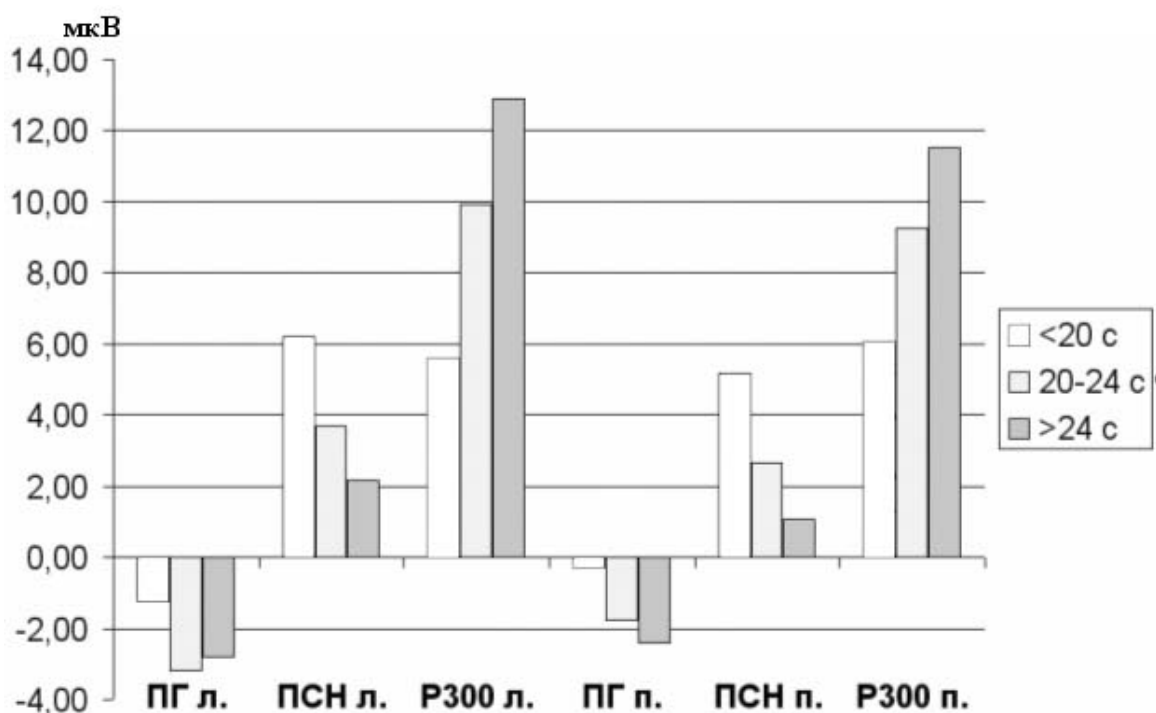


Рис. 3. Усредненные показатели ПГ, ПСН и P300 в левом (л.) и правом (п.) полушариях для испытуемых с тенденцией отмеривания <20 с, 20-24 с, >24 с

Как видно из диаграммы, картина ПСН далека от классической и смещена в область положительных значений. Иначе говоря, более низкие положительные показатели должны интерпретироваться как рост ПСН.

Таким образом, наличествует очевидная тенденция к росту показателей ССП согласно росту значений отмериваемых интервалов. Другими словами, для группы с показателями, лежащими выше отметки в 24 с, характерны наиболее выраженные ПГ, ПСН и P300. Некоторое исключение составляет лишь ПГ в левом полушарии. А группе с длительностью отмеренных интервалов до 20 с соответствуют наименее выраженные показатели ССП.

Для серии с информативной обратной связью такой однозначной картины получено не было. Очевидно, реализация временной саморегуляции на основании достоверного внешнего ориентира имеет более сложный и неоднозначный характер отражения в электрической активности головного мозга.

Кроме того, были проанализированы показатели интраиндивидуальной динамики ПГ для отдельных испытуемых по результатам обеих серий. И, хотя полученные данные были достаточно разнородны и не обнаружили достоверных корреляций между ПГ и длительностью продуцируемого временного интервала, в наиболее часто встречающемся виде для ПГ в левом полушарии зависимости (полученные в результате экспоненциального сглаживания) представляли собой нормальную параболу для результатов первой серии (без информативной обратной связи) и перевернутую параболу для второй серии (с информативной обратной связью). Примеры такого рода зависимостей приведены на рис. 4 а,б.

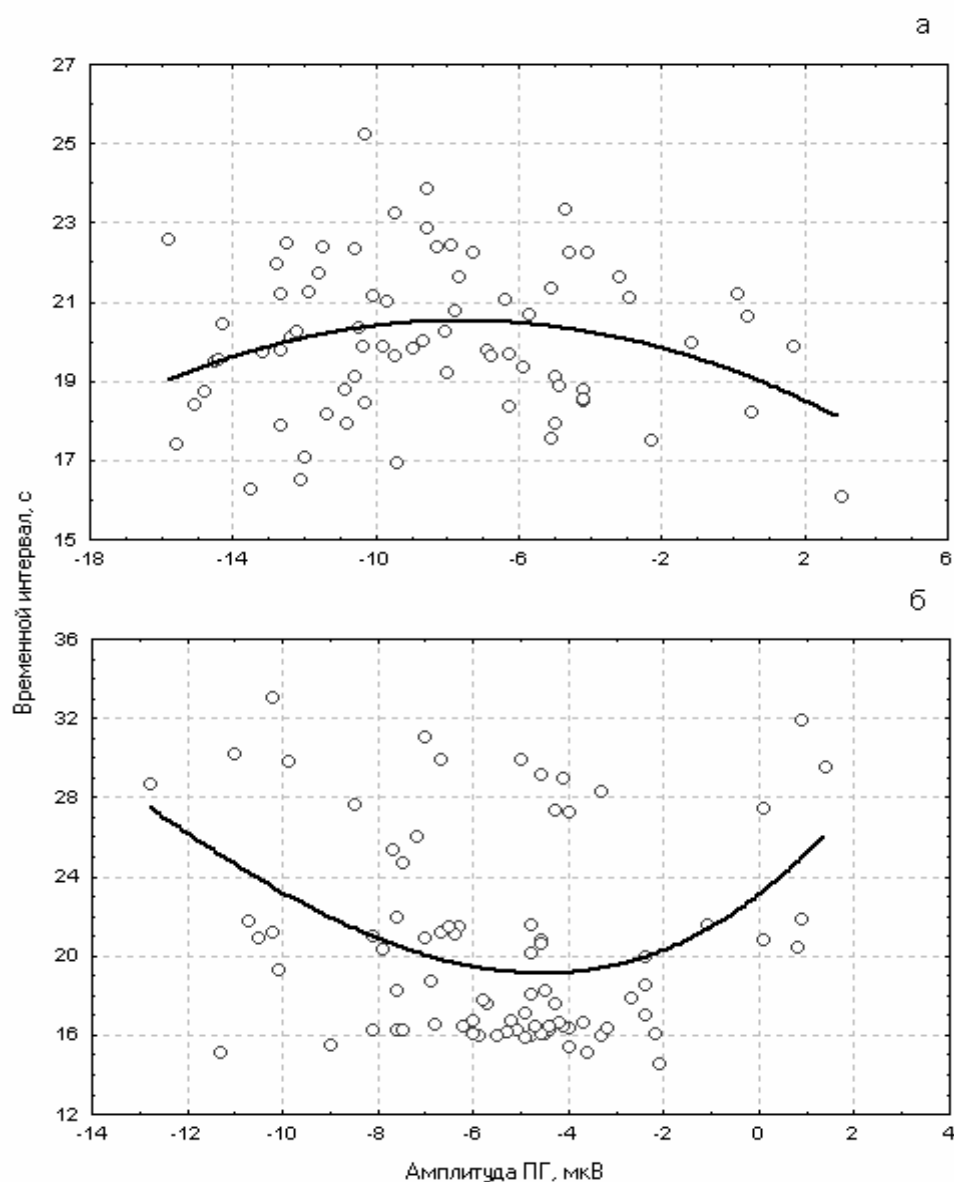


Рис. 4. График зависимости (экспоненциальное сглаживание) между амплитудой ПГ и величиной отмериваемого интервала для серии с обратной связью (а) и для серии без обратной связи (б).

Исходя из полученных данных, можно говорить о тенденции, согласно которой средние показатели ПГ (амплитуда в диапазоне от -2 до -8 мкВ) являются оптимальными для успешной реализации задачи на отмеривание временных интервалов. В то же время слишком низкая (заходящая в область положительных значений) и наоборот, слишком высокая амплитуда ПГ сопровождается искажением субъективной длительности в сторону увеличения для серии без информативной обратной связи и уменьшения – для серии с информативной обратной связью. Что опять-таки подтверждает тезис об отличных механизмах реализации временной продукции для двух экспериментальных серий.

ВЫВОДЫ

1. Индивидуальное восприятие временных интервалов психически больных разных нозологических групп достоверно отличается от восприятия временных интервалов здоровыми людьми. При этом больные такими психическими заболеваниями, как эпилепсия, шизофрения, параноидная форма с апато-абулическим дефектом, биполярное аффективное расстройство с текущим депрессивным эпизодом, психические и поведенческие расстройства вследствие употребления алкоголя, статистически достоверно запаздывают при отмеривании временных интервалов длительностью порядка 15, 30 и 60 с.

2. Наблюдается корреляционная зависимость между пластичностью психических процессов и характером отмеривания временных интервалов. Как результат, при нарушении пластичности психических процессов, которое мы имеем у больных психическими заболеваниями, нарушается и восприятие временных длительностей.

3. В ситуации временной саморегуляции на основе достоверного внешнего ориентира имеет место отрицательная корреляция между частотой альфа-ритма преимущественно левого полушария и длительностью отмериваемого временного интервала. Иначе говоря, изменение скорости модальной частоты альфа-ритма является одним из факторов, обеспечивающих изменение скорости хода внутренних часов человека.

4. В ситуации естественного продуцирования временных интервалов заданной длительности такого рода роль приобретает модальная частота бета-ритма. То есть контролирующий механизм смещается в область более высоких частот ЭЭГ.

5. Интраиндивидуальная динамика ритмов ЭЭГ в ходе продуцирования временных длительностей исключительно вариативна с преимущественным доминированием негативных корреляций между величиной отмериваемого интервала и амплитудными значениями тета, альфа и бета-ритмов.

6. Людям, склонным переотмеривать временные интервала порядка 20 с, соответствуют более высокие амплитудные показатели ПГ, ПСН и Р300. Соответственно, у «недоотмеривающих» амплитуда компонентов ССП ниже.

7. Динамика ПГ в ходе отмеривания длительности порядка 20 с различна для серий с информативной и неинформативной обратной связью. Средним показателям ПГ соответствует приближенное к объективному отмеривание временных интервалов, в то время как крайним значениям амплитуды ПГ соответствует «недоотмеривание» при наличии информативной обратной связи и «переотмеривание» – при ее отсутствии.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ.

1. Конарева И.Н., Махин С.А., Сухинин А.В., Павленко В.Б. Экспериментальное психофизиологическое исследование временной перцепции // Таврический журнал психиатрии. – 1998. – Т. 2, № 4(7). – С. 44-47.

2. Махин С.А. Основные тенденции в изучении феномена отражения времени человеком // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения. – Симферополь: Издательский центр КГМУ, 2002. – Т. 138. – Ч. 1. – С. 133-135.
3. Грибанова С.В., Павленко В.Б., Махин С.А. Особенности восприятия времени больными различными психическими заболеваниями // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2002. – Т. 15(54), № 1. – С. 36-40.
4. Махин С.А., Павленко В.Б. ЭЭГ-активность в процессе отмеривания временных интервалов человеком // Нейрофизиология/Neurophysiology. – 2003. – № 3. (в печати)
5. Махин С.А., Павленко В.Б. Показатели связанных с событиями ЭЭГ-потенциалов в ходе отмеривания временных интервалов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2003. (в печати)
6. Павленко В.Б., Конарева И.Н., Трибрат А.Г., Махин С.А. Коррекция психофизиологического статуса человека при использовании биологической обратной связи по ЭЭГ // Психофізіологічні та вісцеральні функції у нормі та патології. Тези доповіді Всеукраїнської наукової конференції. – Київ: Видавництво українського фіто-соціологічного центру, 2002. – С. 89.
7. Махин С.А., Павленко В.Б. Восприятие времени в норме и патологии: динамика показателей электрической активности головного мозга // Космос и биосфера: космическая погода и биологические процессы. (Партеніт, 2003).

АННОТАЦИЯ.

Махин С.А. Отмеривание временных интервалов: анализ ЭЭГ и вызванных потенциалов. Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных и биофизики – Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, 2003.

Диссертация посвящена изучению взаимосвязи между особенностями отражения временных длительностей человеком, с одной стороны, и показателями нейродинамики здоровых и психически больных испытуемых, а также характером ритмической активности ЭЭГ и вызванных потенциалов головного мозга, с другой стороны.

Показано, что индивидуальное восприятие временных интервалов психически больных разных нозологических групп достоверно отличается от восприятия временных интервалов здоровыми людьми. При этом больные такими психическими заболеваниями, как эпилепсия, шизофрения, параноидная форма с апато-абулическим дефектом, биполярное аффективное расстройство с текущим депрессивным эпизодом, психические и поведенческие расстройства вследствие употребления алкоголя, статистически достоверно запаздывают при отмеривании временных интервалов длительностью порядка 15, 30 и 60 с.

Имеет место корреляционная зависимость между пластичностью психических процессов и характером отмеривания временных интервалов. Как результат, при нарушении пластичности психических процессов, которое мы имеем у больных психическими заболеваниями, нарушается и восприятие временных длительностей.

В ситуации временной саморегуляции на основе достоверного внешнего ориентира наблюдается отрицательная корреляция между частотой альфа-ритма преимущественно левого полушария и длительностью отмериваемого

временного интервала. Иначе говоря, изменение модальной частоты альфа-ритма является одним из факторов, обеспечивающих изменение скорости хода внутренних часов человека. В ситуации естественного продуцирования временных интервалов заданной длительности такого рода роль приобретает модальная частота бета-ритма. То есть контролирующий механизм смещается в область более высоких частот ЭЭГ.

Людам, склонным переотмеривать временные интервала порядка 20 с, соответствуют более высокие амплитудные показатели ПГ, ПСН и Р300. Соответственно, у «недоотмеривающих» амплитуда компонентов ССП ниже. Динамика потенциала готовности (ПГ) различна для серий с информативной и неинформативной обратной связью. Средним показателям ПГ соответствует приближенное к объективному отмеривание временных интервалов, в то время как крайним значениям амплитуды ПГ соответствует «недоотмеривание» при наличии информативной обратной связи и «переотмеривание» – при ее отсутствии.

Ключевые слова: ЭЭГ, ВП, ПГ, ПСН, Р300, восприятие времени, нейродинамика.

SUMMARY

Makhin S.A. Time interval production: Analysis of EEG and evoked brain potentials. Manuscript.

Thesis for candidate's degree by speciality 03.00.13 – physiology of man and animals and biophysics – Taurida National V.I.Vernadsky University, Simferopol, 2003.

Thesis is devoted to studying the interrelation between the qualities of time reflection by man, and the indicators of neurodynamics by healthy and mentally ill subjects, and peculiarities of rhythmical EEG activity and evoked brain potentials.

It was presented that individual time interval perception by healthy subjects differs from that by mentally ill ones who are statistically “late” while measuring time durations of 15, 30 and 60 seconds.

There was found the correlation between neural plasticity and time measuring quality. There is a distortion of time perception as a result of neural plasticity disorder, present in mentally ill subjects.

The situation of temporal self-regulation on the basis of authentic outer reference point provides negative correlation between alpha-frequency of mainly left hemisphere and duration of produced interval. In other words, modal alpha-frequency change is one of the factors to change an internal clock speed in man. The situation of “natural” time production (without referent points) gives such the role to beta-rhythm, so to pass the controlling mechanism to it.

People, inclined to overestimate time durations of 20 seconds have larger amplitudes of RP, PSN and P300. Respectively, underestimating subjects have lower ERP amplitudes. Medium RP values corresponds to close to objective time measuring, while extreme RP values provide “underestimation” with informative feedback and “overestimation” without the one.

Key words: EEG, evoked potentials, RP, PSN, P300, timing, neurodynamics.