

УДК 612.821+612.822.3

**Е.К. АЙДАРКИН, Д.Н. ЩЕРБИНА**  
ИССЛЕДОВАНИЕ  
НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ  
МЕХАНИЗМОВ ОЦЕНКИ ПЕРЦЕПТИВНОГО  
ВРЕМЕНИ И ИХ РОЛИ В СЕНСОМОТОРНОЙ  
ИНТЕГРАЦИИ

**Реферат**

*Проведено исследование параметров компонентов связанного с событием потенциала и когнитивной негативной волны в зависимости от межстимульного интервала и характера его заполнения дополнительными стимулами. Показано наличие экзогенного и эндогенного механизмов отсчета перцептивного времени, взаимодействие которых обеспечивает эффективную оценку временных интервалов в диапазоне от 1 до 16 с.*

Проблема оценки времени в последнее время вызывает большой интерес [1,3,8,10,11,13,14,16 и др.]. За более чем столетнюю историю исследования было разработано множество методических подходов, различающихся между собой по диапазону охватываемых интервалов, степени осознанности процедуры отсчета, специфичности в отношении разных модальностей и пр., но обобщить полученный с их помощью экспериментальный материал пока не удалось ни в одной известной теории оценки времени [15]. Причиной отсутствия единой концепции оценки времени являются расхождения в экспериментальных результатах, которые часто настолько значительные, что многие авторы высказывают предположения о наличии не одного, а нескольких механизмов отсчета времени [6,12].

Другая причина связана с тем, что часто смешиваются два уровня приспособления человека ко времени, соответствующих первой и второй сигнальным системам. Первый уровень, или перцептуальное время, – это условно-рефлекторное приспособление, общее с животными, синхронизирующее деятельность человека с повторяющимися последовательностями, которые навязываются нам природой и общественной жизнью [7]. Второй

уровень, или концептуальное время – это система понятий и символов, отражающих свойства реального времени, позволяющая, благодаря абстрактному мышлению и речи, представлять себе ряды изменений, находить в них свое место и соотносить их друг с другом. [6]. Эта высшая форма отражения временных параметров стимула связана с понятиями «прошлое» – «будущее», «рано» – «поздно», «быстро» – «медленно» и формируется с 6-7 лет в связи с развитием навыков ориентирования по часам и завершается в старшем школьном возрасте с развитием способности к точной субъективной оценке времени [4]. Указанный дуализм в понятии оценки времени часто создает сложность в сопоставлении результатов различных исследований, поскольку оба этих уровня приспособления могут работать на одних и тех же диапазонах интервалов и типах событий. При этом, если механизмы когнитивных процессов, задействованных в оценке концептуального времени – вербальная память, ассоциативное мышление, счет, – еще слабо изучены, то процессы, обеспечивающие оценку сенсорного времени – внимание, сенсорная память, принятие решения – активно изучаются в связи с прогрессом таких методов объективной оценки работы мозга, как связанные с событием потенциала (ССП), магнито-резонансная и позитронно-эмиссионная томографии.

ССП является наиболее востребованным неинвазивным методическим подходом при исследовании нейрофизиологических механизмов внимания и памяти. В последнее время в связи с расцветом когнитивной науки, основанном на успехе таких экспериментальных парадигм как odd-ball reaction, Штернеберга и пр., получили распространение модели оценки времени на основе внимания [13,14,17] и памяти [9]. Исследования, преобладающей экспериментальной парадигмой которых было выполнение параллельных временной и невременной задач, убедительно показали связь между процессами оценки времени и внимания и подтвердили информативность метода СПП при исследовании механизмов оценки времени [13,14].

Исследование механизмов оценки времени должно опираться на тестовые процедуры с изменяемыми временными параметрами стимуляции, из результатов которых вытекала бы непротиворечивая модель часов, обеспечивающих возможность мозга оценивать основные временные характеристики:

одновременность, последовательность и длительность. В часах выделяют три главных компонента: пейсмейкер, триггер и счетчик. В случае перцептивного времени триггером служит внешний стимул. Вопрос о том, с какими ритмическими процессами может быть связана работа пейсмейкера, и какая структура выполняет функцию счетчика, в настоящее время активно обсуждается [13]. Несмотря на то что число работ по изучению различных свойств каждого из этих компонентов часов велико, среди них относительно мало исследований, касающихся изучения активности мозга в период оценки времени.

В связи с этим целью работы было исследование механизмов оценки перцептивного времени и их роли в сенсомоторной интеграции на основе изучения характеристик, связанных с событием потенциалов головного мозга человека.

### Методы исследования

В тестировании принимали участие студенты и аспиранты в возрасте от 20 до 26 лет. В общей сложности было обследовано 25 человек, все правши. Нормальный уровень здоровья на момент обследования подтверждался результатами обследования в валеологическом центре РГУ.

В ходе электрофизиологического тестирования испытуемые сидели в кресле перед дисплеем или стимулирующим устройством в освещенной комнате. Для реализации экспериментальных сенсомоторных парадигм использовались последовательно предъявляемые красные светодиодные вспышки (интенсивность 9 Кд, длительность 1 мс) или щелчки (интенсивность 100 дБ, длительность 1 мс), на которые испытуемый реагировал с помощью кнопочного манипулятора «мышь».

Для изучения зависимости параметров двигательных реакций и вызванной активности от межстимульного интервала (МСИ) в первой экспериментальной серии, связанной с реализацией простой сенсомоторной реакции, МСИ от теста к тесту принимал следующие значения – 0.5, 0.7, 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.7, 8, 11.3, 16 с (логарифмическая шкала с основанием 2). Величина МСИ в ходе тестовой процедуры равномерно варьировала в диапазоне  $\pm 20\%$  от среднего значения, что должно было препятствовать предугадыванию момента предъявления очередного стимула.

Для оценки влияния заполнения интервала дополнительными стимулами была проведена вторая экспериментальная серия, включающая следующие тестовые процедуры, отличающиеся способом заполнения для интервалов 2, 4 и 8 с: 1) простая зрительно-моторная реакция (ЗМР); 2) испытуемый должен был отсчитывать про себя (эндогенный счет) ежесекундные интервалы с целью предсказать предъявление очередного стимула; 3) испытуемому предъявлялся стимул с интервалом 1 с, и он должен был нажимать на каждый 2-й, 4-й или 8-й стимул (экзогенный счет); 4) испытуемый реагировал как в тесте (3) с той разницей, что на остальные стимулы (экзогенный счет) он реагировал левой рукой (эндогенный счет).

В третьей экспериментальной серии изучалась разрешающая способность механизма оценки перцептивного времени. Исследовалась зависимость двигательной и вызванной активности от интервала между зрительным и слуховым стимулами в диапазоне до 1 с. Стимулы в паре предъявлялись с фиксированным интервалом между собой (700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 120, 100, 80, 50, 30, 10, 5, 1 мс, девиация 20 %) не менее 80 раз в серии. При этом в 50 % случаев первым шел зрительный стимул, а в 50 % случаев – слуховой. Интервал между первыми в паре стимулами варьировал в диапазоне 1,6–2,4 с. Задачей испытуемого было нажимать правой рукой на правую кнопку манипулятора «мышь», если первым в паре предъявлялась вспышка, и левой рукой на левую кнопку, если первым в паре предъявлялся щелчок. Перед каждой серией проводилась контрольная серия, в которой предъявлялась случайная последовательность из одиночных стимулов. При этом испытуемый должен был нажимать на правую кнопку, если предъявлялась вспышка, и на левую кнопку, если щелчок, т.е. выполнять сложную сенсомоторную реакцию.

Четвертая экспериментальная серия была связана с регистрацией негативной волны ожидания (НВО). В основной тестовой ситуации испытуемому подавались два стимула с МСИ 4 с, каждый из которых равновероятно мог быть или щелчком, или вспышкой. Если стимулы были одинаковыми, то требовалось нажать на правую кнопку, если разные – на левую. Для оценки влияния на НВО дополнительных стимулов, на которые испытуемый не должен был обращать внимания, были проведены еще 2 тестовых испытания: а) равновероятное

предъявление вспышки или щелчка через 1 с после первого стимула; б) равновероятное предъявление вспышки или щелчка через 3 с после первого стимула.

Регистрация и обработка электрофизиологических данных проводилась на оборудовании ПО «Энцефалан» производства фирмы «Медиком-МТД» (г. Таганрог). ЭЭГ записывалась монополярно от 21 отведения по схеме 10-20. Референтные электроды располагались на мочках ушей, индифферентный – на лбу. Квант оцифровки составлял 4 мс. На входе ЭЭГ фильтровалась с полосой пропускания 0,5–70 Гц. При записи медленноволновой активности (волны ожидания) нижний порог пропускания снижали до 0,05 Гц.

Для анализа использовались ВР и суммарные ССП. Эпоха анализа ЭЭГ составляла 100 мс до момента предъявления стимула (первого в паре стимула в случае сложного стимула) и 900 мс после. ССП усреднялись не менее чем по 50 реализациям. Из суммы исключались те реализации, в процессе которых с помощью электроокулограммы регистрировались значительные векодвигательные реакции.

На графиках ССП оценивались пиковые латентные периоды (ЛП) и амплитуда основных компонентов в диапазоне 80–500 мс. Амплитуда измерялась относительно изолинии, которая представляла собой среднюю величину предстимульного 100-миллисекундного интервала. ЛП компонентов измерялся от момента подачи стимула до пика. Точность измерения по времени составляла 4 мс, а по амплитуде 0,04 мкВ.

### Результаты

Анализ влияния величины МСИ на ВР и конфигурацию ССП, проведенный в рамках первой экспериментальной серии, выявил их существенную взаимосвязь. При увеличении МСИ от 0,5 до 16 с с логарифмическим шагом данная зависимость носила линейный характер. Однако оценка дисперсии ВР показала, что при МСИ менее 1 с она резко увеличивалась с одновременным ростом количества ошибок (ложная тревога, пропуск стимула).

Представленные на рис. 1 усредненные по 9 испытуемым результаты позволили описать указанную зависимость следующим уравнением:

$$ВР = 0,0272 \log T + 0,243,$$

где ВР – время простой ЗМР, с, Т – величина МСИ интервала, с.

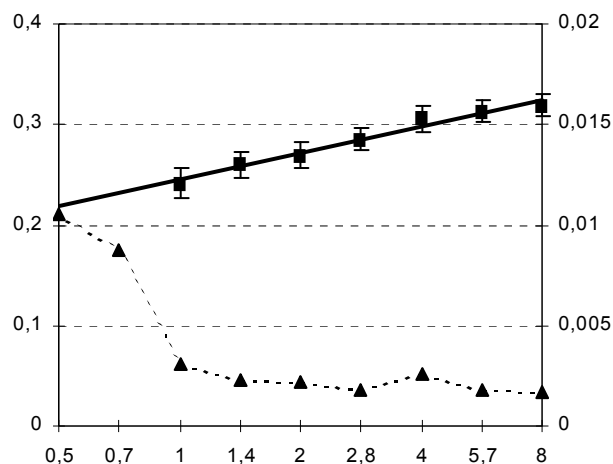


Рис.1. Зависимость времени и дисперсии зрительно-моторной реакции от частоты стимуляции.

Усреднение по 9 испытуемым. Прямая линия – линия регрессии, пунктирная – дисперсия. По оси абсцисс – межстимульный интервал в с, по левой оси ординат – время реакции в с, по правой – дисперсия в с²

Из уравнения видно, что увеличение МСИ в 2 раза приводило в среднем к увеличению ЛП простой СМР на 27 мс.

Регистрация зрительных и слуховых ССП, которые имели различную локализацию по поверхности коры, показала сходные изменения конфигурации ответов в зависимости от МСИ. Зрительные и слуховые ССП характеризовались наличием компонента  $N_{1a}$ ,  $P_1$ ,  $N_{1b}$ ,  $P_2$ ,  $N_2$  и  $P_3$ . При этом разделение компонента  $N_1$  на субкомпоненты  $N_{1a}$ ,  $P_1$  и  $N_{1b}$  было лучше всего выражено у зрительных ССП, особенно в затылочных областях. Тогда как у слуховых ССП эта детализация наблюдалась только в височных отведениях с последующим их слиянием во вторичных и ассоциативных областях. Рост МСИ приводил к увеличению всех компонентов ССП, но наиболее существенные изменения были связаны с увеличением компонентов  $N_{1b}$  и  $P_3$ , что особенно хорошо было выражено у зрительных ССП в затылочно-теменных отведениях.

Представленные на рис. 2 зрительные ССП, зарегистрированные по сагиттальным отведениям в динамике увеличения МСИ, демонстрируют увеличение начальных компонентов и в особенности  $N_{1b}$ . При этом возникновение и развитие поздней позитивной волны  $P_3$  связано с появлением при МСИ 4-8 с компонента  $N_2$ , который отделяет ее от компонента  $P_2$ . Для слуховых ССП (рис. 3) рост

МСИ приводил также к увеличению комплекса  $N_1$  за счет роста компонента  $N_{1b}$ . Для поздних слуховых колебаний появление компонента  $N_2$  характерно для малых МСИ с преобладанием компонента  $P_2$  по сравнению с компонентом  $P_3$ .

Следовательно, увеличение МСИ приводит к росту ВР и выраженности компонентов ССП, что

лучше всего выражено для компонентов  $N_{1b}$  и  $P_3$ .

Линейная зависимость ВР и мощности компонентов ССП от логарифма МСИ позволила предложить в качестве счетчика перцептивного времени «рефрактерность» ССП, триггером которого может служить внешний стимул, а параметром оценки МСИ – конфигурация ССП или ВР.

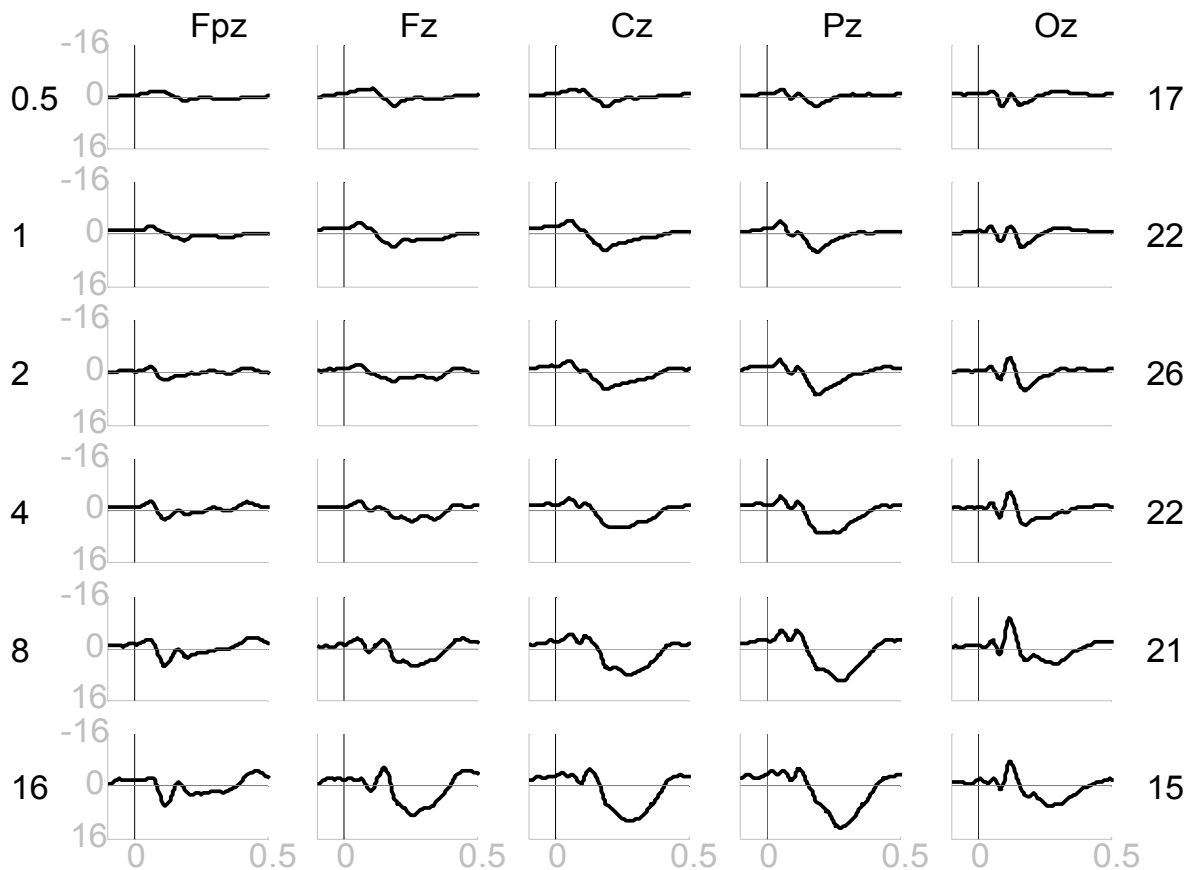


Рис. 2. Зависимость конфигурации зрительных ССП от величины МСИ  
Цифры слева – МСИ в с. По оси  $Ox$  – время в с, по оси  $Oy$  – потенциал в  $\mu V$

В связи с этим была проведена вторая экспериментальная серия, связанная с оценкой влияния на эффективность указанного счетчика дополнительных эндогенных и экзогенных событий, предъявляемых внутри измеряемого МСИ, величина которого была больше 1 с.

Из рисунка 4 видно, что эндогенный отсчет (процедура 2) существенно не повлиял на характер зависимости ЛП простой ЗМР от МСИ. При экзогенном отсчете (процедуры 3 и 4) ЛП реакции становился независимым от величины МСИ.

Анализ конфигурации ССП, зарегистрированных на целевые стимулы показал, что при увеличении МСИ в исследуемом диапазоне (процедуры 1 и 2) наблюдался рост выраженности основных компонентов ССП (рис. 5).

Указанные изменения отсутствовали в процедурах 3 и 4, когда между целевыми стимулами предъявлялись дополнительные стимулы той же модальности. В этом случае конфигурация ССП оставалась близкой к той, что регистрировалась при МСИ в 2 с.

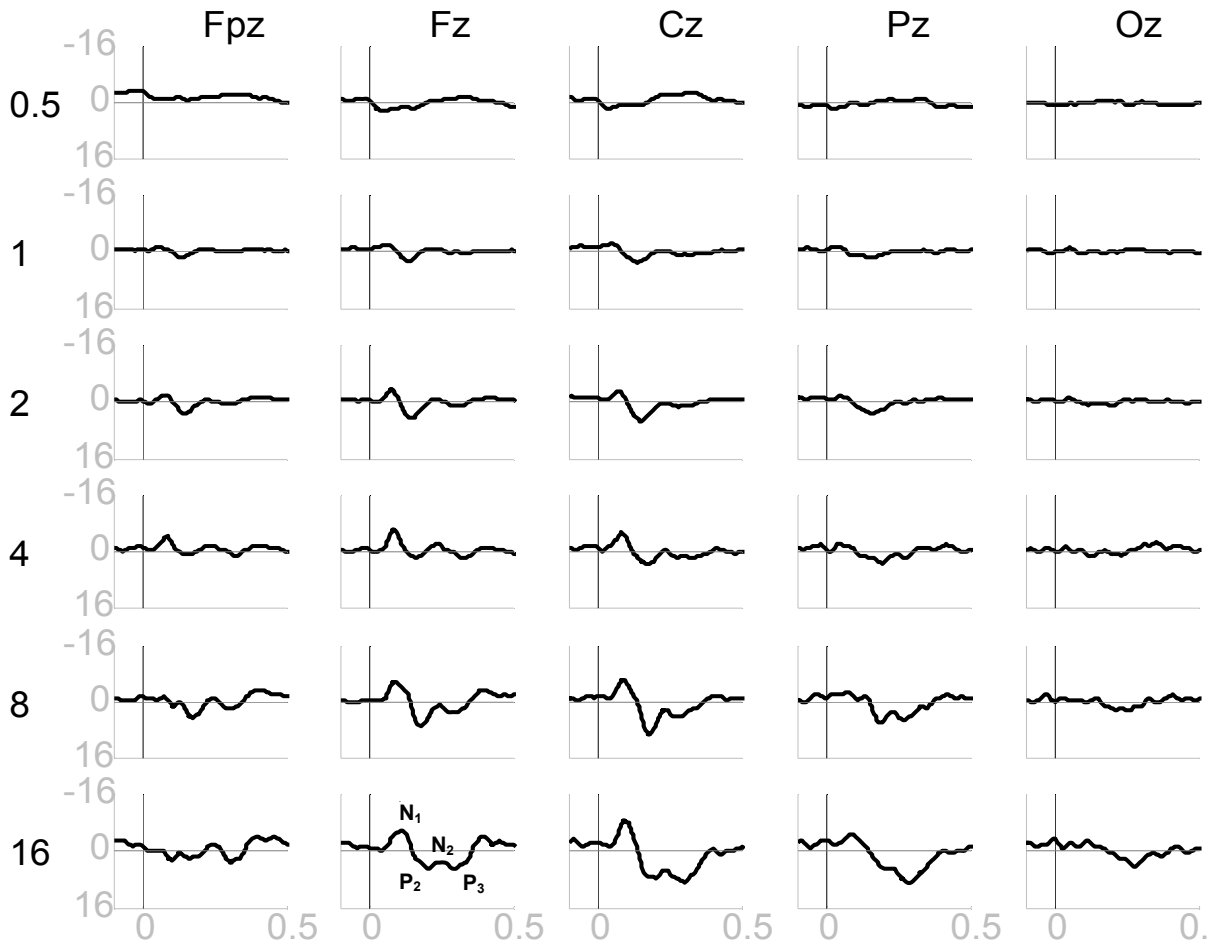


Рис. 3. Зависимость конфигурации слуховых ССП от величины МСИ

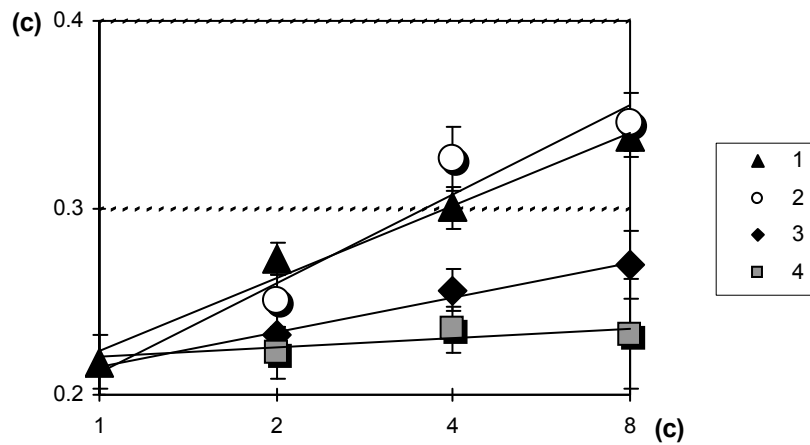


Рис. 4. Зависимость времени зрительно-моторной реакции от способа заполнения межстимульного интервала  
 Прямые линии – линии регрессии. Цифровые обозначения соответствуют номерам тестовых процедур (см. описание методики). По оси абсцисс – межстимульный интервал в с. По оси ординат – время реакции в с

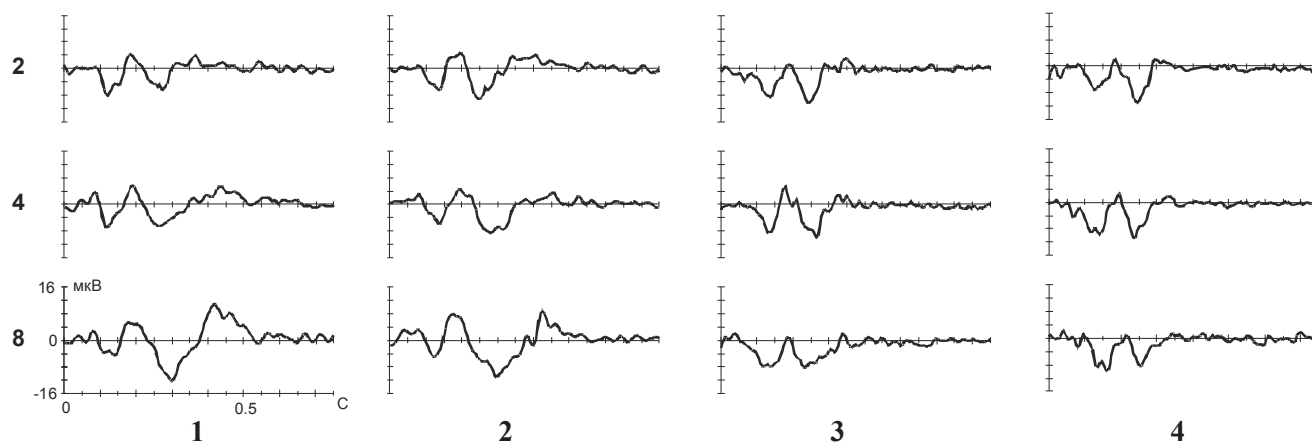


Рис. 5. Динамика конфигурации вызванных потенциалов при изменении длительности и вида заполнения межстимульного интервала.

Цифры слева – межстимульный интервал в с. Цифры снизу – номер тестовой процедуры (см. методику). По оси абсцисс – время от момента подачи стимула в с, по оси ординат – амплитуда в мкВ

Следовательно, однотипные стимулы, внесенные в измеряемый интервал (МСИ больше 1 с) снижают выраженность ССП и ВР, регистрируемые на заключительный стимул интервала, пропорционально величине интервала между первым основным и последним дополнительным стимулами. Если дополнительный стимул является эндогенным, то сохраняется исходная зависимость, которая наблюдалась до введения в исследуемый интервал дополнительных стимулов. Можно предположить, что деятельность счетчика, отсчитывающего интервал между целевыми вспышками, прерывается аналогичным стимулом (экзогенный триггер) и всякий раз отсчет начинается заново. При этом внутренний вербальный отсчет (эндогенный триггер) не прерывает работу экзогенного счетчика.

При интервалах менее 1 с. на процессы сенсорной координации начинают оказывать влияние дополнительные процессы, что выражается в росте дисперсии ВР (рис. 1). Поэтому в третьей экспериментальной серии было проведено исследование разрешающей способности механизма оценки времени, основанное на оценке способности распознавания первого стимула в паре бимодальных раздражений с малыми (менее 1 с) МСИ.

Результаты исследования показали, что испытуемые справлялись с различением сложных бимодальных стимулов при МСИ 150–700 мс (рис. 6). Начиная с МСИ 120 мс до 1 мс, уровень правильных ответов варьировал около 50 %, что свидетельствовало о невозможности различения испытуемым порядка следования стимулов в слож-

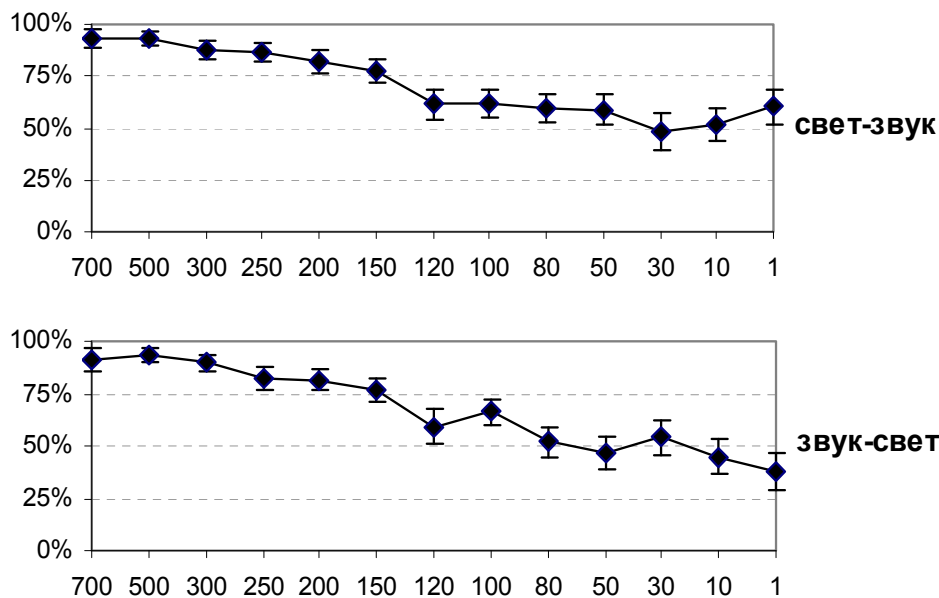
ном бимодальном стимуле. Анализ среднего ВР в данных пробах (рис. 7) показал достоверное ( $p < 0,05$ ) его укорочение при уменьшении МСИ от 700 до 50 мс с последующей стабилизацией на МСИ от 50 до 1 мс. Сравнение ВР при реакции выбора в основной и контрольной сериях выявило: 1) отсутствие достоверных различий при МСИ от 700 до 100 мс; 2) достоверное ( $p < 0,05$ ) снижение ВР на бимодальные стимулы при МСИ от 80 до 1 мс, и, начиная с 50 мс, ответы соответствовали простым СМР.

Анализ конфигурации ССП на предъявление бимодальных стимулов свидетельствует, что при интервале 700 мс конфигурации ССП на зрительный и слуховой стимулы соответствовали ответам на мономодальные стимулы. Уменьшение МСИ приводило к взаимодействию компонентов ССП, полученных на первый и второй стимулы (рис. 8). В случае совпадения компонента N1, регистрируемого на второй стимул, с негативными компонентами ССП на первый стимул, он увеличивался, а с позитивными – наблюдалось его подавление. Причем более раннее слияние компонентов N1 отмечено в тех случаях, когда первым в паре был зрительный стимул (МСИ 80 мс). При этом происходило значительное снижение выраженности компонента P<sub>3</sub>.

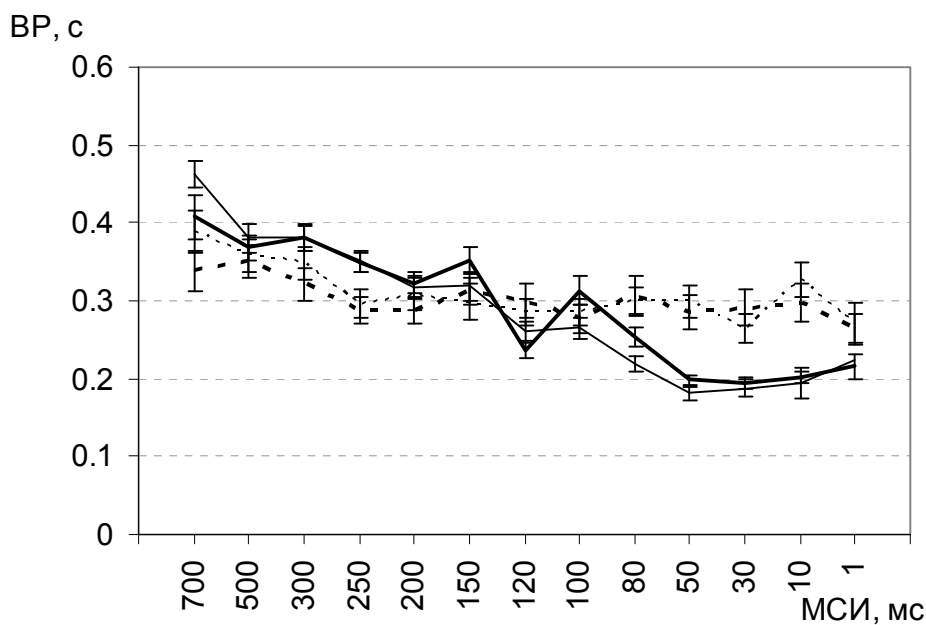
Следовательно, при восприятии разномодальных стимулов, предъявляемых с интервалом менее 100 мс, формируется единый бимодальный образ. В диапазоне от 100 до 150 мс испытуемый способен различить неодновременность стимулов, чему на физиологическом уровне соответствует

обособление ранних негативных компонентов ССП, но при этом на психологическом уровне испытуемый не может распознать порядок следования стимулов во времени. При МСИ свыше 150 мс – формируются два отдельных во времени образа.

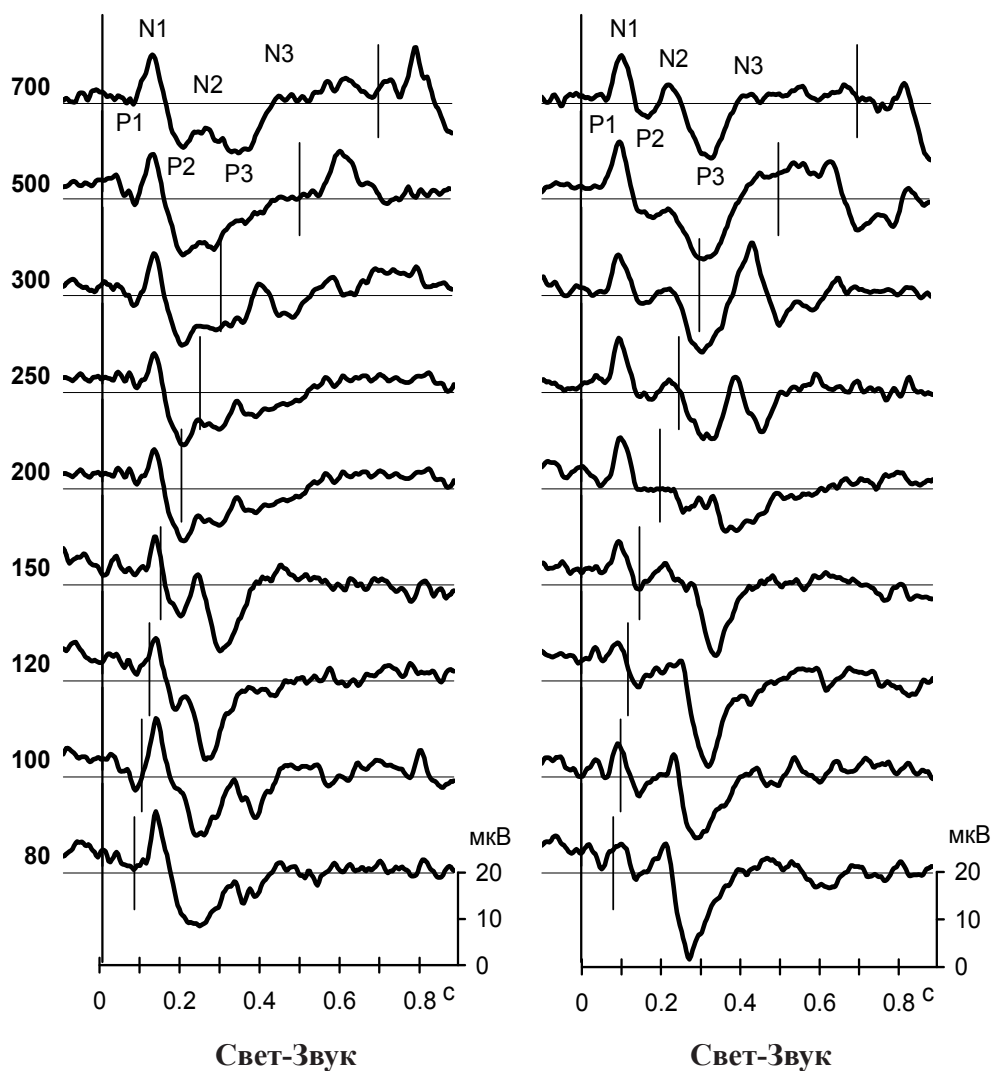
Представленные результаты демонстрируют совершенно иной принцип оценки длительности МСИ при его величинах менее 1 с, основанный на рефрактерности и цикла восстановления отдельных компонентов ССП.



**Рис. 6. Процент правильных ответов в задаче различения порядка следования стимулов**  
По оси абсцисс – интервал между зрительным и слуховым стимулами в мс, по оси ординат – процент правильных ответов



**Рис. 7. Среднее время реакции в задаче выбора реакции**  
Жирная линия – сочетание свет-звук, тонкая линия – звук-свет, пунктирные линии – ВР в соответствующих контрольных сериях



**Рис. 8. Конфигурация вызванных потенциалов при разных интервалах между зрительным и слуховым стимулами при бимодальном раздражении**

Цифры слева – интервал между стимулами в мс. Ось ординат – момент подачи первого стимула, вертикальные линии – момент подачи второго стимула. Отведение Cz

В отличие от перцептивных (экзогенных) механизмов оценки интервалов времени одновременно на интервалах более 1 с возникал самостоятельный эндогенный компонент отсчета времени, основанный на прогнозе появления второго стимула, ограничивающего измеряемый интервал. В связи с этим в четвертой экспериментальной серии изучались особенности развития НВО в измеряемом интервале (4 с), а также влияние на данный процесс дополнительных экзогенных стимулов.

Анализ конфигурации НВО показал, что она развивалась спустя 1 с после предъявления первого

кондиционирующего стимула в тестовой паре. После второго целевого стимула она сменялась продолжительной позитивизацией коры (рис. 9).

Включение дополнительного стимула через 1 с после кондиционирующего не приводило к значительным изменениям НВО. Включение же дополнительного стимула через 3 с было связано с разделением НВО на две волны – первую, возникающую перед промежуточным стимулом, и вторую, развивающуюся перед целевым стимулом. При этом ВР на целевой стимул в тестах с дополнительными стимулами снижалось на 150–200 мс по сравнению с исходной ( $p < 0,05$ ), что согласуется с



данными, полученными в тестах с заполнением МСИ экзогенным счетом.

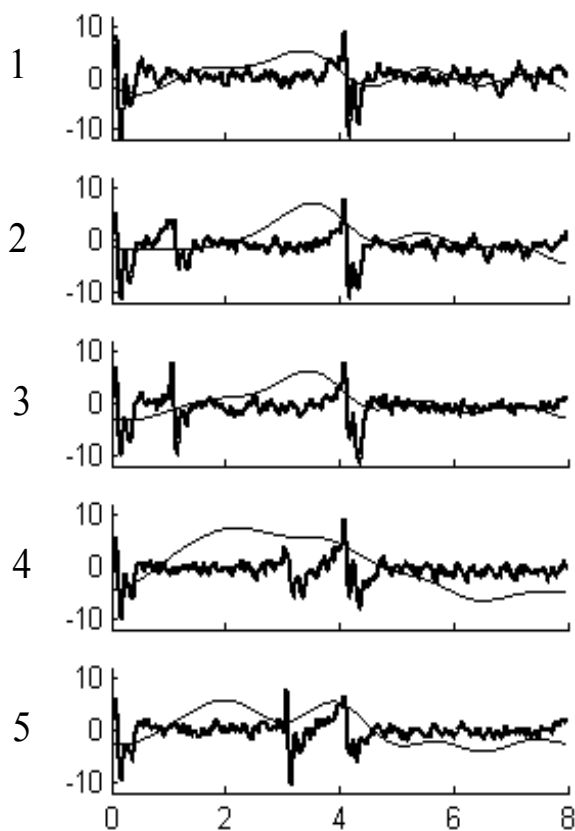


Рис. 9. Конфигурация негативной волны ожидания при различных тестовых процедурах

Жирная линия – ВП, тонкая линия – волна ожидания. Цифры слева – номера тестовых процедур. По оси абсцисс – время в с, по оси ординат – амплитуда в мкВ. Отведение Cz

Анализ ССП, полученных в данных процедурах, показал, что их конфигурация на кондиционирующий и целевой стимулы была сходной, небольшие различия касались лишь поздних компонентов, что можно связать с необходимостью выполнения сенсомоторной реакции после второго стимула. ССП, полученные на промежуточные стимулы, отличались меньшей амплитудой и очень слабой выраженностью компонента  $P_3$ .

Следовательно, НВО является основным механизмом, связанным с прогнозом появления целевого стимула. Введение любого дополнительного стимула в оцениваемый МСИ оказывает влияние на конфигурацию НВО, и чем ближе данный дополнительный стимул к целевому, тем большее влияние он оказывает на НВО.

## Обсуждение

На основе полученных результатов можно предположить, что у человека в диапазоне от долей до десятков секунд работают два механизма оценки времени. Один из них автоматически запускается экзогенными стимулами и обеспечивается «рефрактерностью» ССП, а второй – связан с процессом произвольного эндогенного отсчета времени, отражающемся в НВО.

Первый экзогенный механизм отражает процесс автоматической оценки перцептивного времени, где в качестве счетчика времени выступает «рефрактерность» ССП, триггером которого может служить внешний стимул, а параметром оценки МСИ – конфигурация ССП. Однако в связи с тем, что при увеличении МСИ одновременно увеличивались ССП и ВР, более эффективное объяснение природы данной «рефрактерности» связано с предположением о дополнительной активации механизмов произвольного внимания, что подтверждается снижением результативности СМР и более интенсивным увеличением компонента  $N_{1b}$ , который лежит в основе формирования негативности рассогласования [2,5]. Данный механизм связан с необходимостью восстановления сенсомоторной интеграция (СМИ), которая градуально угасает при росте МСИ. Следовательно, конфигурация ССП служит показателем текущего уровня СМИ на момент прихода очередного стимула [2].

Подтверждением данного предположения служит снятие логарифмической зависимости амплитуды ССП от МСИ при заполнении оцениваемого МСИ дополнительными стимулами с такими же характеристиками, что и целевые, а также отсутствие влияния эндогенных событий на конфигурацию ССП и ВР. Эти данные, а также результаты, полученные при изменении МСИ в условиях тестовой процедуры odd-ball reaction, свидетельствуют о том, что отсчет времени с помощью данного механизма идет параллельно и независимо для каждого типа стимула [2]. Иными словами, для каждого экзогенного стимула существуют свои самонастраивающиеся часы. Работа данного автоматического механизма дает возможность заинтересованным структурам мозга автоматически и независимо подстраиваться под повторяющиеся воздействия различных внешних стимулов. Вероятно, данный процесс развивается в период формирования компонента  $N_{1b}$ .

Исходя из третьей экспериментальной серии можно предположить, что описанный выше экзогенный механизм имеет ограничения, связанные с тем, что при МСИ менее 100-150 мс экзогенные стимулы не дифференцируются по временной шкале и воспринимаются как одновременные. Вероятно, одной из причин данного явления служит слияние компонентов  $N_{1b}$ , регистрируемых на предъявление каждого из стимулов, в рамках цикла восстановления ССП.

Как надстройка над описанным автоматическим механизмом на интервалах свыше секунды формируется второй механизм оценки перцептуального времени, который зависит от мотивации и возможности прогнозирования момента появления следующего стимула. Этому произвольному процессу, требующему постоянной концентрации внимания, на электрофизиологическом уровне соответствует градиентный рост активации в лобно-центральных отделах коры, оканчивающийся к моменту прихода ожидаемого стимула (НВО). В отличие от первого, данный эндогенный механизм оказывается более чувствительным к параллельным задачам, требующим внимания [17]. Как показано в нашей работе, нерелевантные внешние стимулы модулировали развитие НВО, что свидетельствует о модально-неспецифической природе данного механизма. Дополнительные стимулы использовались как опора для отсчета времени, что говорит о стремлении испытуемых избегать высокого когнитивного напряжения при активации произвольного внимания [13]. Поскольку триггером в данном механизме служит достижение заданного уровня активации, то возможна оценка соответствия моментов срабатывания экзогенного и эндогенного триггеров и, следовательно, соответствующая коррекция точности «эндогенных часов».

Стремление раздробить отмериваемый интервал на более мелкие периоды размером до 1-2 с согласуется с литературными данными о нейтральном интервале, в котором оценка времени у человека наиболее эффективна [15]. При оценке интервалов короче нейтрального преимущество имеет экзогенный механизм оценки времени, а интервалов длиннее нейтральных – эндогенный, а сама величина нейтрального интервала, возможно, определяется их оптимальным взаимодействием. Взаимодействие экзогенного и эндогенного механизмов оценки времени, по-видимому, лежит в ос-

нове формирования концептуального механизма оценки времени, которые являются высшей формой приспособления человека к временным характеристикам внешних и внутренних процессов.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о наличии двух механизмов оценки перцептивного времени: экзогенного, связанного с произвольным вниманием, и эндогенного, обусловленного мотивационными процессами и процессами, лежащими в основе произвольного внимания. Взаимодействие этих механизмов, основанное на сопоставлении временных характеристик текущих стимулов с внутренним опережающим отражением будущих событий, обеспечивает наиболее эффективную оценку времени человеком.

### Abstract

*The variety the different components of event-related potential and cognitive negative wave from inter-stimuli interval and additional stimuli were investigated. It is shown the existence of two timing mechanisms (endogenous and exogenous) which provide the effective measuring of inter-stimuli intervals.*

### Литература

1. Айдаркин Е. К., Щербина Д. Н., Кириллова Е. В. К вопросу о механизмах оценки времени при зрительно-моторной координации // Валеология. 2001. № 2. С. 16–24.
2. Айдаркин Е.К. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания в условиях сенсомоторной интеграции// Валеология. 2006. № 2. С. 39–51.
3. Владимирский Б. М. Хронос и часы. Вопросы исследования и моделирования физиологического времени // Научная мысль Кавказа. 1996. № 2. С. 31–36.
4. Дмитриев А. С. К вопросу о восприятии и оценке времени // Восприятие пространства и времени / Под ред. Б.Г. Ананьева и Э.Ш. Айрапетьянца. Л., 1969. С. 89–92.
5. Наатанен Р. Внимание и функции мозга. М., 1998.
6. Парнюк М. А., Причепий Е. Н., Огородник И. В. Пространство и время. Киев, 1984.
7. Фресс П. Восприятие и оценка времени // Экспериментальная психология / Под ред. П. Фресс и Ж. Пиаже. М., 1978. Т. 6. С. 88–135.
8. Хасанов И.А. Феномен времени. М., 2005.
9. Gibbon J., Church R. M., Meck W. H. Scalar timing in memory // Ann. N. Y. Acad. Sci. 1984. Vol. 423. P. 52–77.

10. *Hazeltine, E., Helmuth, L.L., Ivry, R.B.* Neural mechanisms of timing // *Trends in Cognitive Science*. 1997. № 1. P. 163–169.

11. *Ivry R. B.* The representation of temporal information in perception and motor control // *Current Opinion in Neurobiology*. 1996. Vol. 6. № 6. P. 851–857.

12. *Lewis P.A., Miall R.C.* Brain activation patterns during measurement of sub- and supra-second intervals // *Neuropsychologia*. 2003. Vol. 41. № 12. P. 1583–1592.

13. *Macar F., Anton J.L., Bonnet M., Vidal F.* Timing functions of the supplementary motor area: an event-related fMRI study // *Cognitive Brain Research*. 2004. Vol. 21. № 2. P. 206–215.

14. *Macar F., Vidal F.* Time processing reflected by EEG surface Laplacians // *Exp Brain Res*. 2002. Vol. 145. № 3. P. 403–406.

15. *Madison G.* Functional Modelling of the Human Timing Mechanism. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences. Uppsala, 2001.

16. *Meck W.H.* Neuropharmacology of timing and time perception // *Brain research. Cognitive brain research*. 1996. Vol. 3. № 3-4. P. 227–242.

17. *Zakay D.* The asymmetrical interference effect in duration judgments: why timing tasks are naturally treated as secondary tasks // *NEST*. 2001.

УНИИ валеологии РГУ

Статья поступила в редакцию 05.09.06

УДК 612.821+612.822.3

## **Е.К. АЙДАРКИН** ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ И СЛУХОВОЙ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СЕНСОМОТОРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

### **Реферат**

*Проведено исследование времени реакции и параметров компонентов связанного с событием*

*потенциала в условиях чередования и комплексирования мономодальных (зрительных и слуховых) и полимодальных стимулов. Показано выраженное интермодальное взаимодействие, связанное с конкуренцией произвольного и непроизвольного внимания, дополнительно активируемых зрительными и слуховыми стимулами, соответственно.*

Сенсорные системы имеют различные взаимодополняющие механизмы отображения окружающей среды, а их взаимоотношение формируется в зависимости от экологических условий обитания. Особый интерес в этом направлении представляют слуховая и зрительная сенсорные системы, которые обеспечивают дистантный анализ внешней среды. Некоторое «дублирование» информации о внешних событиях и объектах позволяет данным сенсорным системам а) конкурировать в плане доминирования в том или ином виде поведения (ведущий анализатор) и б) служить источником для формирования интегральной характеристики воспринимаемого объекта (полисенсорный образ).

Сравнительный анализ показывает, что слуховая система является более древней, менее кортиколизированной и в связи с этим более устойчивой к экстремальным воздействиям [6, 7]. У слухового анализатора больше выражена «сторожевая» функция, более низкий порог для возникновения стартл-рефлекса, звуковой стимул кажется более длительным, чем зрительный [11], время простой реакции на слуховой стимул короче, чем на зрительный [9, 12]. Полагают [6, 7, 10], что слуховая система связана с анализом сукцессивных, а зрительная – с восприятием симультантных стимулов, и именно слуховая система является ведущей сенсорной системой, связанной с анализом и отсчетом времени.

Особый интерес представляют данные, характеризующие особенности внимания при зрительном и слуховом анализе. Так, негативность расогласования (НР), отражающая процессы, связанные с непроизвольным вниманием, лучше выражена при слуховой стимуляции [8]. Зрительное внимание в значительной степени зависит от пространственных характеристик стимула (теория интеграции признаков) и направленности произвольного внимания [8]. Переключение внимания быстрее происходит при анализе зрительной информации (0,10 с) по сравнению со слуховой (0,17 с) [9].