

## Подсекция «Нейрофизиология и физиология ВНД»

### Устные доклады

#### Величина латентного периода и вп на зрительные стимулы в экспериментальной схеме «двойной шаг».

*Иванова А.А., Котенев А.В., Павлухина А.П.\*  
МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия; НИУ-ВШЭ\**

На 15 испытуемых исследовалась величина латентного периода (ЛП) саккады и топография усредненных пресаккадических потенциалов при предъявлении двух коротких последовательных зрительных стимулов в различных полуполях по схеме «двойной шаг».

Установлена зависимость «паттерна» ответа (две саккады или одна саккада на второй стимул в противоположном полуполе) от длительности и пространственного расположения первого стимула. При короткой длительности первого стимула (50 или 70мс) показано увеличение ЛП саккады ( $68 \pm 8$ мс), и увеличение числа одиночных саккад (38,7 и 64,7 %% соответственно,  $p < 0.05$ ) по сравнению со стимулом в 150мс. что может отражать замедление процесса зрительного восприятия и программирования саккады под влиянием тормозного сдвига произвольного автоматического внимания.

Показана зависимость выраженности и топографии компонентов ВП на включение первого стимула и пресаккадических потенциалов ЭЭГ в период ожидания зрительной стимуляции от паттерна саккадического ответа. При ответе в виде двух последовательных саккад наблюдалась уменьшение латентности пиков компонентов P1 и N1 ВП, по сравнению с ответом в виде одиночной саккадой на второй стимул. Это может свидетельствовать об ускорении этапов программирования первой саккады, связанных с процессами внимания и принятия решения. Временные параметры и топография компонента P1, доминирующего во фронтальных зонах коры, позволяет предположить, что он является ЭЭГ-коррелятом процесса принятия решения.

Анализ медленных негативных потенциалов выявил влияние процессов ожидания и моторной готовности в предстимульный период на характер саккадического ответа в схеме «двойной шаг». Пространственно-временная динамика фокусов медленных пресаккадических потенциалов отражает включение ведущих корковых зон саккадического контроля, а также фронто-медиио-таламической и таламо-париетальной модулирующих систем избирательного внимания в процессы саккадической подготовки за счет нисходящих «top-down» механизмов.

Во всех условиях предъявления стимулов было установлена локализация фокусов пресаккадических потенциалов как в латеральных, так и в сагиттальных зонах коры (Fz, FCz, Cz, CPz и Pz) и переход их фокусов при развитии потенциалов из фронто-центральных отделов в теменно-затылочные. Подобная топография потенциалов может отражать включение ведущих корковых зон саккадического контроля, а также фронто-медиио-таламической и таламо-париетальной модулирующих систем избирательного внимания в процессы саккадической подготовки за счет нисходящих «top-down» влияний.

Полученные данные показали, что паттерны саккадического ответа в экспериментальной схеме «двойной шаг» определяется не только завершенностью стадии принятия решения о первой саккаде к моменту предъявления второго стимула, но и процессами скрытого внимания в период ожидания стимула, направление которого может определять характер ответа независимо от расположения первого стимула.

Работа выполнена при поддержке фонда РФФИ (проект № 11-06-00306).

## **Долговременные нарушения памяти и обучения у крыс, перенёсших однократный судорожный припадок, не сопровождаются увеличением числа выживших новых нейронов**

*Иванова-Дятлова А.Ю., Аниол В.А.*

*Учреждение Российской Академии Наук Институт Высшей Нервной Деятельности и  
Нейрофизиологии РАН, Россия, Москва  
i.d.alexandra@gmail.com*

Однократный судорожный припадок в течение жизни случается, по сведениям ВОЗ, у 10% людей и, по отдельным данным, приводит к длительным когнитивным нарушениям. Механизмы воздействия однократных судорог на процессы памяти и обучения малоизучены. В связи с этим исследование когнитивных функций у крыс после экспериментальной судорожной активности представляется актуальной задачей.

Судорожную активность моделировали однократным внутрибрюшинным введением химического конвульсанта пентилентетразола (ПТЗ, 70 мг/кг) самцам крыс линии Вистар (n=12), животным контрольной группы (n=12) вводили изотонический раствор NaCl. Животным обеих групп внутрибрюшинно вводили маркер пролиферирующих клеток бромдезоксисуридин (BrdU, 50 мг/кг). В период 10 дней – 3 месяца после судорог проводили серию поведенческих тестов для оценки обучения и памяти у крыс, после чего осуществляли извлечение мозга и подсчёт BrdU-содержащих клеток в герминативных областях мозга каждого животного.

Через 10 дней после перенесенной судорожной активности не было обнаружено достоверных различий между группами в задаче распознавания нового объекта. При этом в период от 3 недель до 3 месяцев после судорог животные из подопытной группы достоверно хуже выполнили этот тест, а также тесты социального узнавания, обучения в восьмирукавном лабиринте и выработки условной реакции активного избегания.

Известно, что непосредственно после судорожного приступа число пролиферирующих клеток в герминативных областях мозга увеличено. При этом подсчёт BrdU-позитивных клеток в субвентрикулярной зоне и в гиппокампе через 3 месяца после моделирования судорог не показал отличий по числу этих клеток между крысами, подвергавшимися и не подвергавшимися воздействию ПТЗ.

Таким образом, длительные нарушения памяти и обучения у крыс, вызванные однократным эпизодом генерализованных клонико-тонических судорог, не ассоциированы с долговременным изменением числа новых клеток в герминативных областях мозга. Поддержано грантом ПРАН Фундаментальные науки - медицине, грантом РФФИ

## **ЭЭГ-корреляты процессов центральной обработки тактильных стимулов у зрячих испытуемых**

*Круглякова Елена Сергеевна*

*Санкт-Петербургский Государственный Университет, биолого-почвенный факультет, г.  
Санкт-Петербург, Россия  
Krugliakova.es@gmail.com*

Способы обработки стимулов различных модальностей могут значительно отличаться у мужчин и женщин, по причине различия функционирования мозга у представителей разных полов. Исходя из этого, мы попытались выявить половые различия в центральных механизмах восприятия стереогностических стимулов.

В эксперименте приняло участие 12 зрячих испытуемых (6 мужчин и 6 женщин). Испытуемые опознавали на ощупь заранее заданные рельефно-точечные символы азбуки Брайля в четырех таблицах (две для выполнения нагрузки правой рукой и две- левой). И в фоне, и при выполнении тестов, регистрировали ЭЭГ от 19 отведений. Для описания пространственно-временной организации биопотенциалов мозга при стереогностической деятельности использовали методы оценки коэффициентов корреляции ЭЭГ: оценка объемов рассеяния ЭЭГ-векторов в факторном пространстве по методу В.П. Рожкова (1992) и

определение степени тесноты связей биоэлектрической активности одного отведения с совокупностью остальных.

При анализе межполушарной асимметрии пространственной синхронизации (ПС) ЭЭГ было выявлено сходство изменений ПС при стереогностической деятельности: у испытуемых обоих полов при выполнении тестов как правой, так и левой рукой, наблюдалось усиление межполушарных взаимодействий, что может свидетельствовать о вовлечении обоих полушарий в распознавание тактильных стимулов.

Также были выявлены половые различия пространственной организации биопотенциалов мозга. У мужчин, как в фоне, так и при выполнении заданий, отмечалось достоверное различие ПС ЭЭГ правого и левого полушарий. У женщин показатель ПС полушарий был сходен и в фоне и при выполнении заданий. Это подтверждает ранее полученные данные о меньшей функциональной латерализации у женщин, по сравнению с мужчинами.

У женщин значительно отличались показатели ПС процессов в затылочных отведениях О1 и О2 как в фоне, так и при выполнении заданий, у мужчин таких различий не было. Вовлечения затылочных отделов в стереогностическую деятельность у женщин, возможно, отражает участие зрительной коры в распознавании тактильных стимулов, что согласуется с предположениями о вовлечении первичных зрительных полей в обработку тактильной, слуховой информации.

### **Влияние тактивина и пирацетама в норме и на фоне воздействия диацетата свинца на экспрессию гена *c-fos* в гиппокампе и септуме**

*Крючкова Алина Викторовна<sup>1</sup>, Логинова Надежда Александровна<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГУБН НИИ ФХМ ФМБА России, Москва, Россия, [likkavolkhova@mail.ru](mailto:likkavolkhova@mail.ru), <sup>2</sup>ФГБУН ИВНД и НФ РАН, Москва, Россия [nadinvnd@yandex.ru](mailto:nadinvnd@yandex.ru)*

Важной практической задачей является коррекция токсического воздействия солей тяжелых металлов на обучение и память. Цель работы состояла в исследовании влияния тактивина и пирацетама в норме и на фоне воздействия диацетата свинца на структурно-функциональное состояние гиппокампа и септума. В качестве маркера состояния клеток использовали уровень экспрессии раннего гена *c-fos*.

Крысам-самцам Wistar ( $n = 48$ ) хронически (15 дней) внутривентриально вводили: трем группам – физиологический раствор, тактивин (0,4 мг/кг), пирацетам (300 мг/кг); трем другим группам – диацетат свинца ( $10^{-7}$  моль/литр), и через 4 часа – физраствор, тактивин и пирацетам соответственно ( $n = 8$  в каждой группе). Фронтальные срезы мозга окрашивали по стандартной иммуногистохимической методике, используя первичные антитела к *c-fos* (rabbit anti-rat) и вторичные флуоресцентные антитела (goat anti-rabbit). Проводили визуально-ранговый анализ площади и интенсивности свечения зубчатой фасции, полей СА1 и СА3 гиппокампа и латерального септума.

Под воздействием тактивина площадь и интенсивность свечения увеличивались в зубчатой фасции и септуме. В полях СА1 и СА3 усиления свечения относительно нормы не было обнаружено. Пирацетам увеличивал площадь и интенсивность свечения только в септуме. Под воздействием диацетата свинца наблюдалось неспецифическое усиление экспрессии *c-fos* во всех исследованных областях. Тактивин не влиял на повышенную экспрессию *c-fos*, вызванную диацетатом свинца в полях СА1 и СА3 и в латеральном септуме, но усиливал интенсивность этого показателя в зубчатой фасции. Пирацетам на фоне введения диацетата свинца не изменял повышенную экспрессию *c-fos* в зубчатой фасции, поле СА3 гиппокампа и в септуме, но снижал этот показатель в поле СА1 гиппокампа.

Мы предполагаем, что действие диацетата свинца на исследованные области неспецифично, и повышенная экспрессия *c-fos* может свидетельствовать об увеличении апоптоза и реактивного глиоза во всей структуре. Тактивин специфически активизирует зубчатую фасцию и латеральный септум, а пирацетам – только латеральный септум. Действие тактивина и пирацетама на фоне введения диацетата свинца специфично, и, вероятно, реализуется разными путями.

*Авторы выражают благодарность проф. Ариону В. Я., д.б.н. Лосевой Е. В., д.б.н. Иноземцеву А. Н.*

## **Аромакоррекция функционального состояния человека в условиях сложной сенсомоторной деятельности**

*Кундупьян Оксана Леонтьевна, Кундупьян Юлия Леонтьевна*

*Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону,*

*diamanta@mail.ru*

Вопросы прогноза, контроля и коррекции функционального состояния (ФС) человека имеют большое практическое и теоретическое значение. Целью нашего исследования было изучить особенность выполнения сложной сенсомоторной реакции (ССМР) на фоне одорантов при МСИ 2 и 16 с по показателям времени реакции (ВР) и спектральным характеристикам ЭЭГ.

В исследовании принимало участие 54 практически здоровых молодых человека, средний возраст – 25,5 лет. Обследуемым предлагалась ССМР на 4 равновероятных стимула (зрительные и слуховые воздействия), которые подавались с МСИ 2 и 16 с в присутствии и отсутствии одорантов. Одорант предъявлялся в течение 5 минут открытым способом на расстоянии 2 см от кончика носа. В исследовании использовали чистые ароматические масла розмарина, мелиссы, мирры и мускуса (фирма-производитель – ООО «Горо», г. Ростов-на-Дону). Выбор и реализация режимов стимуляции, регистрация ЭЭГ осуществлялись с помощью компьютерного энцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03». Обработка данных проводилась в программной среде Matlab.

Анализ экспериментальных данных показал, что внесение одорантов в экспериментальную среду сопровождалось увеличением времени ССМР по сравнению с фоновыми значениями. Было обнаружено, что одоранты независимо от направленности действия увеличивали долю правильных реакций на слуховые и на зрительные стимулы. Спектральные характеристики ЭЭГ показали, что при выполнении ССМР на МСИ 2 с при действии одорантов (розмарин, мелисса, мускус) происходило увеличение выраженности тета-ритма, что связано с усилением концентрации внимания. На фоне розмарина, мелиссы и мускуса происходило снижение выраженности альфа- и тета- активности на МСИ 16 с, что свидетельствовало о снижении уровня напряжения. Розмарин при МСИ 2 и 16 с и мускус при МСИ 2 с увеличивали бета 1- и бета 2-активность.

Таким образом, при выполнении ССМР деятельности при МСИ 2 с одоранты снижают напряженную деятельность, а при МСИ 16 с уменьшают развитие состояния монотонии.

## **Влияние спектральных характеристик ЭЭГ в предстимульном интервале на характер поведенческой реакции испытуемого**

*Осокина Евгения Сергеевна*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Россия, Москва*

*eosokina@hse.ru*

Исследование направлено на выявление влияния спектральных характеристик ЭЭГ в предстимульном интервале на характер поведенческих реакций испытуемых на стимулы. 17 испытуемым предъявляли квазислучайную последовательность из 600 равновероятных звуковых стимулов 4 типов, различающихся по высоте (500 Гц / 2000 Гц) и «зашумленности» (чистые тоны и тоны с наложением широкополосного шума). Испытуемые должны были выбирать, на какую из двух кнопок нажимать, основываясь на конъюнкции ("связывании") признаков стимулов; задача не могла быть решена по любому из признаков в отдельности, что затрудняло выбор реакции и повышало нагрузку на внимание. ЭЭГ регистрировали с помощью энцефалографа NVX-52. Анализировали мощность осцилляций в альфа- (8-12 Гц) и гамма-диапазоне (32-48 Гц) перед моментом включения стимула в отведениях Fz, Cz, Pz и Oz при верных реакциях, ошибках и пропусках реакции. Дисперсионный анализ показал, что верные реакции совершались испытуемыми при достоверно более низком уровне фоновой альфа-активности, чем ошибки и пропуски реакции ( $p < 0.05$ ). Аналогично, верные реакции



совершались при достоверно более низком уровне гамма-активности, в сравнении с пропусками ( $p < 0.05$ ). Та же тенденция выявлена при сравнении верных реакций с ошибками, однако достоверность отмечена лишь для отведения Pz ( $p < 0.05$ ). Таким образом, правильное реагирование осуществлялось при условии низкой выраженности синхронизированной активности в предстимульном интервале. Поскольку отчетливых периодов снижения качества выполнения задачи не обнаружено, сбои в системе внимания, вероятно, не были обусловлены тоническим снижением уровня бодрствования. Напротив, можно предположить, что в моменты спонтанного повышения синхронизированной мозговой активности ресурсы внимания были заняты обработкой информации, нерелевантной по отношению к экспериментальной задаче – что соответствует состоянию так называемых "вспышек" (ignitions) в терминологии С.Деена-Ж.Шанжу. При этом возникал недостаток ресурсов для обработки релевантного стимула и наблюдался эффект невнимания, аналогичный "миганию внимания" или "слепоте невнимания".

Исследование осуществлено в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2012 году.

### **Механизм нарушения регуляции депо-управляемых кальциевых каналов нейронах при наследственной болезни Альцгеймера**

*Рязанцева Мария Андреевна, Поздняков Илья Андреевич, Львовская Светлана*

*Владимировна, Пупышев Алексей Алексеевич*

*Институт Цитологии РАН, Россия, Санкт-Петербург*

*mariaandreevna@gmail.com*

В 50% случаев наследственной болезни Альцгеймера (НБА) наблюдались мутации в гене белка пресенилин-1 (PS1). Белок PS1 образует кальциевые каналы в мембране эндоплазматического ретикулума (ЭР), регулирующие пассивный отток  $Ca^{2+}$  из просвета ЭР в цитоплазму, а также после прохождения процессинга становится компонентом комплекса гамма-секретазы, осуществляющей разрезание белка предшественника бета-амилоида (APP). Нарушения регуляции депо-управляемых кальциевых каналов (SOC) были показаны в различных моделях НБА, но механизм данных нарушений не был известен. Для создания клеточных моделей НБА были использованы первичные культуры нейронов гиппокампа трансгенных мышей 3XTG (KI-PS1-M146V, Thy1-APPKM670/671NL, Thy1-tauP301L), а также первичные культуры нейронов крыс линии Вистар и нейробластома мыши Neuro2a с лентивирусной трансдукцией мутантных генов белка PS1. Анализ изменения активности кальциевых каналов в моделях осуществлялся с помощью метода локальной фиксации потенциала в конфигурации «целая клетка», а также с помощью измерения концентрации кальция в цитоплазме с флуоресцентным зондом Fura2-AM. Было обнаружено подавление активности SOC каналов в первичной культуре нейронов гиппокампа мышшиной модели НБА 3XTG по сравнению с нейронами мышей дикого типа той же линии. Анализ клеточных моделей с экспрессией мутантных PS1 M146V, PS1 DE9, PS1 D257A и PS1 дикого типа показал, что нарушение активности SOC каналов происходит при экспрессии мутантов с нарушением функции канала белка PS1 (PS1 M146V, PS1 DE9), но не происходит при экспрессии мутанта с нарушением функции гамма-секретазы (PS1 D257A) или PS1 дикого типа. Также не было обнаружено изменений активности SOC каналов при аппликации блокатора гамма-секретазы L-685-458. Мутации PS1 M146V и PS1 DE9 вызывали изменения содержания  $Ca^{2+}$  в ЭР в нейронах гиппокампа в состоянии покоя, а также изменения скорости пассивного оттока  $Ca^{2+}$  из просвета ЭР в цитоплазму. Данные изменения не были обнаружены в нейронах стриатума. Следовательно, нарушение регуляции SOC каналов в нейронах гиппокампа, активирующихся при понижении концентрации кальция в ЭР, происходит в результате нарушения функции канала белка PS1. Изменение активности гамма-секретазы не оказывает воздействия на регуляцию депо-управляемых кальциевых каналов.

## **Анализ электроэнцефалограммы спортсменов-фридайверов во время длительной задержки дыхания**

*Салихова Р.Н.<sup>1</sup>, Кузнецов С.Ю.<sup>2</sup>, Нарычева И.Е.<sup>2</sup>, Попов Д.В.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> - Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,  
биологический факультет, Москва, Россия*

*<sup>2</sup> – ГНЦ РФ-Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия  
roxana@neurobiology.ru*

Фридайвинг – подводное плавание на задержке дыхания. Известно, что при длительных задержках дыхания происходят выраженные изменения в работе кардиореспираторной системы. Можно предположить, что снижение содержания кислорода и накопление углекислого газа в организме будут оказывать влияние на работу центральной нервной системы. Представляет интерес оценить влияние максимальной произвольной задержки дыхания (МПЗД) на электроэнцефалограмму (ЭЭГ) фридайверов и нетренированных мужчин и сравнить полученные данные с изменением кардиореспираторных показателей.

В исследовании приняли участие 14 фридайверов и 10 испытуемых контрольной группы. В состоянии спокойного бодрствования и при МПЗД, выполняемой с закрытыми глазами, регистрировали ЭЭГ в 19 отведениях, электрокардиограмму, артериальное давление, индекс оксигенации ткани (левой лобной области). Для оценки уровня концентрации внимания до и через 10 с после МПЗД проводили корректурную пробу.

Спектральные характеристики ЭЭГ у фридайверов во время выполнения МПЗД не изменяется по сравнению со спокойным состоянием при закрытых глазах, тогда как у испытуемых контрольной группы обнаружено снижение низкочастотной альфа-активности (поддиапазон альфа-1: от 7 до 9 Гц). МПЗД не привела к снижению результатов корректурной пробы в обеих группах. И у спортсменов, и у испытуемых контрольной группы к концу МПЗД было отмечено снижение частоты сердечных сокращений и повышение артериального давления, тогда как индекс оксигенации левой лобной доли не изменялся. Отсутствие изменений индекса оксигенации может быть связано с работой рефлекторных компенсаторных механизмов, направленных на поддержание нормального уровня доставки кислорода в головной мозг во время МПЗД.

Следует отметить, что до МПЗД у фридайверов в спокойном состоянии с открытыми глазами в лобной области альфа-активность, преимущественно в альфа-1 поддиапазоне, и бета-активность (14-20 Гц) были выше, чем у испытуемых контрольной группы. Возможно, эти изменения были приобретены вследствие регулярных тренировок.

## **Динамика ЭЭГ вентрального гиппокампа, медиальной префронтальной коры и миндалины при воспроизведении условного рефлекса одностороннего избегания.**

*Серков А.Н., Серкова В.В.*

*МГУ имени М.В.Ломоносова, биологический факультет, Россия, Москва  
a@neuroiology.ru*

Целью работы было изучение динамики ЭЭГ вентрального гиппокампа (**Г**), медиальной префронтальной коры (**К**) и базолатеральной миндалины (**М**) во время выработки и воспроизведения условного рефлекса (**УР**) одностороннего активного избегания. Крысы линии Вистар обучали на условный сигнал (**УС**) переходить в безопасный отсек камеры, предварительно проведя операцию по вживлению электродов в **К**, **Г** и **М**. С каждым животным проводили 3 опыта по одному в день, 20 – 30 предъявлений **УС** за опыт. Анализ ЭЭГ производили при помощи вейвлет-преобразования, когерентности, модифицированному индексу фазовой задержки и индексу кроссчастотной фазово-амплитудной модуляции. «Направление» синхронизации ЭЭГ оценивали по методу анализа Гранджера. По характеру ЭЭГ в отдельном испытании **УР** можно выделить три фазы. 1) Во время ожидания **УС** в **К** и в меньшей степени в **Г** и **М** регистрировалась низкочастотная активность (2-5 Гц), распространяющаяся из **К**, тета – ритм частотой 5 – 7 Гц присутствовал в **Г** и в меньшей степени в **К** и **М**. Во всех структурах наблюдалась ярко выраженная фазово-амплитудная модуляция гамма – активности (в двух

диапазонах: 30 -70 и 70-150 Гц) со стороны низкочастотной активности **К**, а в **Г** также со стороны собственного тета-ритма. 2) При выполнении инструментального движения условный сигнал вызывал вспышку высокочастотного, синхронизированного между структурами тета-ритма, распространявшегося из **Г**, частота которого падала с 9 – 11 Гц сразу после включения условного сигнала до 5-7 Гц после перехода в безопасный отсек. Тета – ритм в **Г** опережал по фазе тета-ритм в **К** и **М** в среднем на 0,8 и 0,98 рад. Низкочастотная модуляция гамма - активности сменялась тета-модуляцией во всех структурах. 3) При переходе в безопасный отсек частота тета-ритма понижалась до 5 – 7 Гц, модуляция гамма-активности пропадала. Низкочастотная (2 – 5 Гц) фазово-амплитудная модуляция гамма – активности в **К**, была зарегистрирована в ряде работ и предшествовала выбору направления в Т-образном лабиринте. Можно предположить, что в обоих случаях эта активность является частью механизма предустановки, необходимой для правильного и быстрого выполнения предстоящего движения.

## **Зрительные вызванные потенциалы на фоне одорации изовалериановой кислотой**

**Собищанский С.О., Чернинский А.А.**

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина  
s.sobishchanskyi@gmail.com*

На сегодня малоизученным остается вопрос о возможных функциональных взаимодействиях обонятельного и зрительного анализаторов, а именно: каким образом активация одной сенсорной системы может отображаться на функционировании другой. В данной работе на основе анализа компонентов вызванных потенциалов сделана попытка оценить особенности процесса восприятия зрительной информации на фоне действия неприятных запахов.

В экспериментах принимали участие 26 студентов в возрасте от 18 до 22 лет с нормальной обонятельной чувствительностью на момент проведения эксперимента. Во время опыта проводили регистрацию зрительных вызванных потенциалов при предъявлении эмоционально нейтральных и негативных изображений без ольфактивного раздражителя (контроль) и при фоновой одорации помещения изовалериановой кислотой (опыт, ИВК).

Сравнительный анализ вызванных потенциалов, полученных в экспериментах без ольфактивного фона и при действии ИВК, показал, что вызванные потенциалы в затылочных отведениях отличались как латентностями, так и амплитудами. Было выявлено увеличение амплитуды компонента P1 на фоне действия ольфактивного раздражителя при предъявлении "нейтральных" и "эмоциональных" стимулов в обоих затылочных отведениях. По сравнению с контролем, компонент N2 на фоне ИВК имел большую амплитуду при предъявлении "нейтральных" и "эмоциональных" стимулов. Компонент P2 на фоне действия изовалериановой кислоты имел несколько меньшую амплитуду, чем в контроле при предъявлении "нейтральных" изображений. Выявлено отсутствие колебания P2-N3 на фоне действия изовалериановой кислоты при предъявлении "эмоциональных" стимулов. Амплитуда компонента P3 на фоне действия ИВК при предъявлении "эмоциональных" стимулов была больше колебания P3 в контроле в обоих затылочных отведениях.

Таким образом, результаты проведенного исследования показали, что фоновая одорация изовалериановой кислотой сопровождается увеличением амплитуды ранних (до 200 мс) компонентов зрительных вызванных потенциалов у человека в ответ как на нейтральные, так и на негативно эмоциональные стимулы, что может быть проявлением неспецифической активации головного мозга структурами обонятельного анализатора.

## **Исследование способности серых ворон к обобщению признаков «сходство» и «различие» при использовании нового метода**

*Таратынова Мария Олеговна*

*НИУ ВШЭ, Россия, Москва*

*buka\_tuka@mail.ru*

Одним из основных методов, используемых для исследования способности животных к обобщению по признаку сходства (основы выполнения большинства мыслительных операций), служит метод выбора по сходству с образцом (ВПО). Для формирования обобщенного правила ВПО, применимого к любым новым стимулам, даже высокоорганизованным птицам - серым воронам - требуется длительное обучение (3000 - 5000 проб). Это диктует необходимость поиска новых более адекватных подходов к исследованию этой проблемы. Ранее Стародубцев и его коллеги успешно исследовали способность дельфинов к обобщению признака «сходство», используя методику, при которой дельфинов подкрепляли за последовательный выбор двух одинаковых предметов из трех. Животные достаточно быстро усваивали отвлеченное правило выбора (за 700-800 предъявлений). Мы видоизменили и адаптировали эту методику, сделав ее применимой для птиц. Вороне одновременно предъявляли три кормушки, накрытые карточками – стимулами для выбора, два из которых (накрывающие центральную и одну из боковых кормушек) были одинаковы. Корм помещали только в кормушки, накрытые сходными стимулами: одну личинку мучного хрущака - в центральную и три личинки - в боковую кормушку (ее положение относительно центральной варьировали квазислучайно). Птице разрешали открыть все три кормушки. Порядок выбора фиксировали. В результате обучения вороны начинали чаще первыми открывать кормушки, накрытые сходными стимулами. При статистической обработке данных подсчитывали число проб, в которых птица открывала пустую кормушку последней. Когда таких проб было не менее 58 из 96 (т.е. не менее 60%), считали, что птица достигла критерия обученности ( $p < 0.0001$ ; биномиальный тест). Обучение трех ворон с тремя базовыми наборами стимулов (черными и белыми карточками; изображениями арабских цифр 1 и 2; изображениями множеств из 1 и 2 элементов) в сумме потребовало 840, 1008 и 1304 проб. При использовании стандартного метода ВПО обучение только с черными и белыми карточками требовало более 2000 предъявлений. Тесты на перенос показали, что этот метод действительно позволил сформировать у птиц обобщенное правило выбора, основанное на оценке сходства и различия и потребовало менее длительного обучения, чем ВПО.

*Работа поддержана грантом РФФИ 11-06-12036-офи-м-2011*

### *Стендовые доклады*

## **Влияние сигнальных белков апоптоза на дифференцировку нейрональных клеток-предшественников в органотипической культуре гиппокампа мышей**

*Беляева Ю.С.*

*Студент*

*Санкт-Петербургский Государственный университет, биолого-почвенный факультет,  
кафедра общей физиологии, Санкт – Петербург, Россия  
y.s.belyaeva@gmail.com*

Хорошо известно, что гиппокамп млекопитающих содержит нейрональные клетки-предшественники. В представленной работе мы изучали пролиферацию и механизмы дифференцировки нейрональных стволовых клеток. В качестве модели использовали органотипическую культуру гиппокампа мышей. Полученный материал анализировали с помощью методов: вестерн блоттинг и иммуногистохимический. Наши данные показали, что при длительной инкубации органотипической культуры в среде Neurobasal с добавлением N2 и B27 (активные добавки, специально разработанные для культивирования нейрональных клеток-предшественников) приводит к стимуляции пролиферации нейрональных клеток-предшественников, что подтверждалось экспрессией нестина и гистона H3 в пролиферирующих



клетках. Добавление нейрональных факторов роста в культуру, содержащую пролиферирующие нейрональные клетки-предшественники, привело к стимуляции дифференцировки по нейрональному типу, о чем свидетельствовало возникновение экспрессии MAP2 или GFAP в изучаемых клетках. С другой стороны, ингибирование активности белков апоптоза (Bcl-2, p53, Pim-1) привело к изменению направленности дифференцировки нейрональных клеток-предшественников и скорости пролиферации. Таким образом, мы показали, что сигнальные белки апоптоза включаются в механизмы дифференцировки нейрональных клеток-предшественников.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ грант № 10-04-00127.

## **Влияние высокочастотной электрической стимуляции базального ядра Мейнерта на эпилептическую активность у крыс линии WAG/Rij**

*Блик Виталия Александровна*

*МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, Москва*

*vs\_angel@mail.ru*

До 30% случаев эпилепсии относятся к группе фармакорезистентных форм, лечение которых с помощью имеющихся в настоящее время лекарственных средств не оказывает необходимого эффекта. В связи с этим огромное значение имеет разработка новых, альтернативных способов предупреждения эпилептических приступов. Одним из потенциально эффективных методов является электрическая стимуляция (ЭС) мозговых структур. В данной работе было исследовано влияние ЭС базального ядра Мейнерта (NB), участвующего в регуляции цикла сон-бодрствование и стимулирующего пробуждение, на эпилептическую активность у крыс линии WAG/Rij с врождённой предрасположенностью к абсансной эпилепсии. ЭС проводили с помощью вживлённых в NB биполярных электродов. Специально разработанная программа позволяла осуществлять кратковременную высокочастотную (130Гц) стимуляцию NB в момент появления характерного для абсансной эпилепсии пик-волнового разряда (SWD) на ЭЭГ. ЭС проводилась в течение 3 (эксперимент 1) и 24 часов (эксперимент 2). Исследование показало, что пороговая интенсивность стимула, необходимого для прерывания SWD, при униполярной стимуляции больше, чем при биполярной. Также было обнаружено, что порог в дневное время (14:00) достоверно ниже, чем в утреннее время (9:00). При трёхчасовой стимуляции наблюдалась тенденция к увеличению количества SWD, однако их суммарная длительность снижалась. При 24-часовой стимуляции количество SWD было достоверно больше, чем в контроле, причём повышенное количество SWD сохранялось и в первые 12 часов после прекращения стимуляции. В этот же период происходило снижение двигательной активности, оцениваемой с помощью инфракрасного датчика. Эффективность прерывания SWD в течение всех 24 часов не изменялась и была выше 90%. Таким образом, высокочастотная ЭС базального ядра Мейнерта способна останавливать приступы абсансного типа на модели генетически детерминированной эпилепсии у крыс. Однако при длительной стимуляции происходит увеличение количества приступов. Это может быть связано с депривацией сна и увеличением количества переходных состояний между сном и бодрствованием, в течение которых вероятность появления SWD максимальна.

## **Усиление функциональной синхронизации ЭЭГ медиальной префронтальной коры и вентрального гиппокампа при длительной потенциации гиппокампо-корковых связей.**

*Серков А.Н., Георгиевская К.Б.*

*МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет, Россия, Москва*

*a@neuroiology.ru*

ЭЭГ медиальной префронтальной коры (К) и вентрального гиппокампа (Г) синхронизированы в полосе частот тета-ритма (4-8 Гц). Моносинаптические проекции Г в К характеризуются способностью к длительной потенциации (ДП) фокальных вызванных потенциалов (ВП). Приводит ли увеличение синаптической эффективности к усилению синхронизации ЭЭГ между этими структурами? Опыты проведены на 8 свободно подвижных

крысах Вистар, которым предварительно была проведена операция по вживлению электродов в **К** и **Г**. Тестовое раздражение **Г** проводили одиночными импульсами (0,2 мс), вызывающими ответ величиной в 40 % от максимального, которые подавали 1 раз в 30 сек в течение 2-4 часов до и после тетанизации. Для выработки ДП **Г** тетанизировали 2 пачками импульсов с интервалом 10 мин (50 имп, 250 Гц, 0,2 мсек, амплитуда равна амплитуде тестовых импульсов). Мощность тета-ритма, когерентность, индекс фазовой синхронизации и индекс кросс-частотной фазово-амплитудной модуляции гамма-ритма в **К** со стороны тета-ритма в **Г**, определяли в отрезках записей длительностью 30 сек между тестовыми импульсами. В ответ на тестовую стимуляцию **Г** в медиальной префронтальной **К** регистрировали моносинаптические негативно-позитивные ВП с латентным периодом негативного пика 15 - 20 мсек. Тетанизация вызывала длительное, в течение нескольких часов, увеличение ВП на тестовую стимуляцию **Г** на 150-300 %. На фоне ДП наблюдалось статистически значимое усиление: 1) мощности тета-ритма в **Г**, 2) когерентности и фазовой синхронизации ЭЭГ **Г** и **К** в тета-диапазоне и 3) кросс-частотной модуляции мощности гамма-активности (30-70 Гц) в **К** в зависимости от фазы тета-ритма в **Г**. Величина всех использованных индексов синхронизации положительно коррелировала с мощностью тета-ритма **Г**. Это предполагает, что основной вклад в усиление синхронизации после тетанизации может вносить возрастание мощности тета-ритма. Однако во всех случаях усиление синхронизации ( $p < 0,01$ ) наблюдалось также при сравнении интервалов со статистически неразличающимися ( $p > 0,2$ ) значениями мощности тета – ритма. Таким образом, увеличение эффективности моносинаптических связей между вентральным гиппокампом и медиальной префронтальной корой вызывает усиление синхронизации ЭЭГ в тета-диапазоне между этими структурами.

#### **Сравнение поведения мышей разных генотипов при повторных предъявлениях когнитивного теста**

*Голибродо Василиса Антоновна*

*Аспирант*

*Московский Государственный Университет имени М. В. Ломоносова, биологический*

*факультет, Москва, Россия*

*Vasilisa2006@gmail.com*

Исследовали успешность решения когнитивного теста - задачи на экстраполяцию направления движения пищевого раздражителя, исчезнувшего из поля зрения, при многократных (до 120) ее предъявлениях мышам линий ЭКС, F8, КоЭКС и 101/НУ. Существующие экспериментальные данные свидетельствуют о существовании генетического компонента в изменчивости этого признака- решения теста на экстраполяцию. Это является предпосылкой для проведения селекции на его высокие показатели. В этом селекционном эксперименте критериями отбора, наряду с высокими показателями решения данного теста, является еще и низкий уровень проявлений страха при тестировании. Контрольной популяцией служат мыши исходной генетически гетерогенной популяции (Ко-ЭКС), которые разводятся без отбора в режиме случайного скрещивания. По данным многократного предъявления теста на экстраполяцию достоверных межлинейных различий в его решении выявлено не было. При многократном предъявлении теста было выявлено формирование условно-рефлекторного навыка в виде повышения наклона «кривых накопления», которое было более четким у мышей инбредной линии 101/НУ. Мыши линии ЭКС обнаружили меньшую реакцию страха в тесте неофагофобии (предъявление голодной мыши новой пищи в незнакомой обстановке), чем мыши КоЭКС и 101/НУ. Тест неофагофобии оценивает и уровень тревожности животных, и их стремление (или отсутствие стремления) к исследованию новой обстановки. Уровень тревожности по показателям теста приподнятого крестообразного лабиринта у мышей этого поколения различался незначительно, но исследовательская активность мышей линии ЭКС была несколько выше, чем у КоЭКС. Превосходство мышей линии ЭКС в этих экспериментах тесте подтверждает обнаруженный в предыдущих поколениях селекции их более низкий уровень тревожности, который является ответом на искусственный отбор против проявлений тревожности. Таким образом, селекция на высокие показатели решения теста на экстраполяцию

(линия ЭКС) в F8 не привела к повышению этого показателя, тогда как уровень тревожности животных этой линии снизился с некоторым повышением положительной реакции на новую обстановку.

Работа поддержана грантом РФФИ № 04-07-00287.

### **Изменение функционального состояния человека-оператора и качества его деятельности при длительной работе на симуляторе вождения.**

*Каримова Е.Д., Лебедева Н.Н., Вехов А.В.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН, Россия, Москва  
e.d.smirnova@yandex.ru*

Жизнь современного человека не возможна без пользования личным транспортом, при этом, качество его деятельности влияет на здоровье и жизнь других людей. Однообразная деятельность приводит к состоянию, имеющему свои особенности: оператор начинает выполнять работу «автоматически», притупляется внимание, ухудшается реакция, оператор забывает и пропускает какие-либо действия, появляется усталость и сонливость. При всей опасности состояния монотонии на сегодняшний день крайне мало работ по психо- и электрофизиологическому исследованию этого состояния.

В исследовании принимали участие 10 практически здоровых испытуемых. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали во время работы (90 минут), а также до и после работы при проведении функциональных проб с открытыми и закрытыми глазами. До и после эксперимента проводилось психологическое тестирование, тест на сложную зрительно-моторную реакцию. Так же оценивалось качество вождения по отклонению движения от траектории. С каждым участником проводилось три опыта – фоновый, плацебо, с воздействием низкоинтенсивного ЭМП мм-диапазона.

Аппарат КВЧ-терапии КВЧ-МТА применялся для коррекции негативного влияния монотонной деятельности на функциональное состояние оператора, так как волны мм-диапазона применяются в терапии различных заболеваний и негативных состояний.

Общей динамикой параметров ЭЭГ для испытуемых было достоверное уменьшение мощности дельта-ритма после работы на симуляторе в фоне и его увеличение в плацебо и при воздействии. Также во всех экспериментах в течение 5 минут после «вождения» мощность альфа-ритма снижалась в среднем в 2.5 раза.

Данные психологического тестирования выявили значительное и достоверное увеличение ситуативной тревожности в фоновых экспериментах и плацебо и снижение этого показателя при воздействии ЭМП. Результаты вариационной кардиометрии показали достоверное снижение индекса напряженности в опытах с воздействием ЭМП.

Интересно, что качество водительской деятельности в первом фоновом эксперименте у всех испытуемых выше, чем во втором и третьем. При этом качество вождения коррелирует с суммарной по всем частотам мощностью ЭЭГ.

### **Электрофизиологическая оценка изменений функционального состояния мышц конечностей у пациентов с развивающейся болезнью Паркинсона**

*Курина Анна Юрьевна, Нуриева Алия Ринатовна  
Казанский (Приволжский) федеральный университет  
Россия, Казань  
anna\_bf@mail.ru*

Доклиническая диагностика ранних симптомов болезни Паркинсона (БП) является одной из актуальных задач современной медицины. В этой связи большое значение придается разработке инструментальных методов ранней диагностики БП, а также способов объективного контроля эффективности лечения. Одним из таких методов является метод спектрально-статистической обработки интегральной электрической активности мышц.

Целью нашей работы являлась первичная диагностика болезни Паркинсона с помощью методики спектрально-статистической обработки электромиограммы (ЭМГ). Исследования проводились на людях без проявления болезни Паркинсона (контроль) и на группе пациентов с ранней стадией болезни Паркинсона.

Группа состояла из 38 человек, из них 8 человек контрольная группа и 30 человек - пациенты с ранней стадией болезни Паркинсона. Исследовались мышцы лучезапястного (*m. extensor carpi radialis longus*) и голеностопного суставов (*m. tibialis anterior*) правой и левой стороны. Сигналы ЭМГ регистрировались стандартными накожными электродами, усиливались аналоговым усилителем и вводились в цифровой форме. После ввода всей информации проводилась ее обработка на компьютере.

Результаты исследования показали, что для дрожательной формы характерно наличие частот пиков в области 4 - 6 Гц. Для ригидной формы болезни Паркинсона, как правило, частота лежит в диапазоне 6.4-9 Гц. Акинетическая форма имеет более высокие частоты пиков в диапазоне 9-40 Гц. Известно, что при болезни Паркинсона в основном встречаются смешанные формы. Патологический пик в области частот от 3 до 9 Гц - один из маркеров болезни Паркинсона. Частота нормального физиологического тремора в диапазоне 10-12 Гц.

Таким образом, выделенные нами диагностические признаки позволяют говорить о преимуществе той или иной формы БП. Для каждого обследуемого получены спектры ЭМГ мышц рук и ног (от 15 до 20 спектров), обобщенный спектр для каждой исследуемой мышцы («портрет» мышцы), проведен статистический анализ параметров, выделенных в спектрах. Данная методика позволяет использовать метод спектрально-статистической обработки ЭМГ для диагностики болезни Паркинсона на ранней стадии.

## **Классификация пространственно-временных паттернов ЭЭГ в нейросетевом подходе**

**Лазуренко Д.М., Шепелев И.Е.**

*НИИ Нейрокибернетики ЮФУ, Россия, Ростов-на-Дону*

*mityasky@ya.ru, shepelev@krinc.ru*

Создание интерфейса мозг-компьютер (ИМК) на основе ЭЭГ представляет собой экономически эффективный и безопасный способ передачи команд и сообщений во внешний мир без использования традиционных нервно-мышечных каналов коммуникации. Актуальным для практического применения является разработка асинхронного ИМК, способного осуществлять классификацию паттернов ЭЭГ, соответствующих выполнению различных идеомоторных актов пользователем в произвольном режиме.

В исследовании участвовало три человека, двое из которых прошли обучение, а третий использовался для формирования дополнительной верификационной выборки. Обследуемым было предложено выполнять заданные движения руками с интервалом 10 с в любой последовательности с тем условием, что после реального движения должно следовать его мысленное воспроизведение (по 70 циклов для каждой руки). Источником данных для анализа и классификации служили обучающие, тестовые и верификационные отрезки ЭЭГ, зарегистрированные от 14 отведений по системе «10-20» (f7, f8, f3, f4, c3, c4, p3, p4, o1, o2, t3, t4, t5 и t6). Анализировались отрезки ЭЭГ на интервалах  $-500 \div -150$  мс и  $+2000 \div +4000$  мс относительно метки инициации реального движения, а также состояния покоя с закрытыми и открытыми глазами (2 функциональные пробы - ФП, по 120 с). Дополнительная верификационная выборка состояла из 2 ФП, по 240 с. Классификатор состоял из радиально-базисной нейронной сети и интерпретатора временной последовательности её ответов.

Для обучения нейронной сети до уровня точности распознавания 90% на 2468 примерах для одного обследуемого и 2251 – для другого использовалась сеть с размером скрытого слоя ~50 нейронов. После обучения на обучающих примерах сеть тестировали на верификационных выборках для определения наилучшего порога длины паттернов интерпретатора. Порог длины составил 11 квантов времени (44 мс) для всех анализируемых случаев. Включение в работу интерпретатора с установленным порогом на длину непрерывной последовательности ответов нейросети позволило достичь точности работы классификатора не менее 91% на верификационных выборках. Тестирование после обучения классификатора показало, что сеть с



высокой вероятностью (до 85-96%) распознает паттерны ЭЭГ, связанные с мысленным воспроизведением моторного акта. В состоянии покоя с закрытыми и открытыми глазами до и после обследования классификатор распознавал у обследуемых единичные ложные паттерны мысленных движений, а именно, в рамках погрешности (не более 5% от общей длины ФП), что, однако, не исключало неосознаваемую тренировочную реализацию обследуемыми идеомоторных актов в данных состояниях.

Выражаем благодарность за поддержку директору НИИ НК ЮФУ - д.б.н., проф. В.Н.Кирою.

### **Влияние иммунокорректирующего препарата тимуса «Тактивина» на болевую чувствительность животных.**

*Матвеева Ольга Дмитриевна, Новоселецкая Анна Владимировна*

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия*

*olga.vnd.bio@gmail.com, neuron1211@rambler.ru*

В последнее время в нейробиологической науке интенсивно развивается новое направление нейроиммунофизиология. Предполагается, что иммунная система принимает участие в работе стресс-лимитирующей системы. Одним из общепризнанных стрессоров являются раздражители, вызывающие боль как сформировавшийся в эволюции сигнал опасности для целостности организма. Постулирование участия тимуса в работе стресс-лимитирующей системы делает логичным предположение о влиянии полипептидов вилочковой железы на болевую чувствительность. В связи с этим в работе поставлена цель экспериментально проверить указанное предположение и проанализировать возможную роль опиоидной системы в реализации анальгетических эффектов тактивина.

Эксперимент выполнен на 40 самцах крыс линии Wistar весом 180-200 г. Животным вводили внутривенно тактивин в дозе 0,5 мг/кг объемом 0,5 в течение 5 дней (один раз в сутки); контролем служили крысы, получавшие физиологический раствор. Анальгетическую активность тактивина оценивали с помощью теста «tail flick». Использовали прибор, который фокусировал обжигающий луч света на хвосте животного и автоматически выключался при отдергивании хвоста или по истечению 30 с, которые принимались за максимально возможный латентный период отдергивания хвоста. Измерения проводили пятикратно с интервалом 5 мин. Для снижения активности опиоидной системы внутривенно вводили неселективный блокатор опиоидных рецепторов налоксон (1 мг/кг)- в виде гидрохлорида, 0,4 мг/1 мл, Польша.

Пятикратное введение тактивина привело к увеличению латентного периода отдергивания хвоста на 28% в сравнении с контрольной группой. Это свидетельствует об уменьшении болевой чувствительности на фоне тактивина, Введение налоксона у контрольных животных привело к уменьшению латентного периода отдергивания хвоста на 3%, а на фоне тактивина - до фоновых значений. На основе этих данных можно заключить, что уменьшение болевой чувствительности тактивином имеет полностью опиоидную природу, и, следовательно, введение тактивина активирует опиоидную систему.

### **Особенности поведения, организованного на основе импринтинга пространственной информации во взрослом состоянии**

*Серкова В.В.*

*Аспирант*

*Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Биологический*

*факультет, Россия, Москва*

*dulsin@mail.ru*

Ранее установленный факт пространственного запечатления по типу импринтинга во взрослом состоянии у мышей линии BALB/c делает актуальным изучение влияния этого феномена на процесс организации целенаправленного поведения и его пластичность.

Мышам предлагали две лабиринтные среды меньшего (среда А) и большего (среда Б) объема, при этом первая являлась частью второй. Отличия состояли в том, что в среде Б

имелись и прямой, и обходной варианты подхода к подкрепляемым кормушкам, в то время как в среде А – только обходной вариант. В отличие от контроля, опытным группам предварительно предоставлялась возможность познакомиться с лабиринтом А, после чего путем снятия перегородок мыши оказывались в среде Б. Пластические свойства поведения выясняли в условиях изменения пространственной структуры среды (тест 1) и изменения условий задачи (тест 2).

Оказалось, что пространственное запечатление во взрослом состоянии происходило уже в пределах первой пробы, не зависело от числа выполнений и интервала между ними ( $r = 0.03$ ). Запечатленный сенсомоторный след устойчиво воспроизводился на протяжении всего периода исследований (2 месяца). Отсутствие оптимизации навыка, низкая вероятность подкрепления и малое число проб указывали на возможность конфликта двух конкурирующих пространственных образов при их актуализации в оперативной памяти. Для проверки этого предположения животных временно переводили в среду А. Результаты теста не подтвердили выдвинутое предположение, поскольку перевод в «знакомую» среду А вызвал у животных выраженное депрессивное состояние.

Выраженный «негативизм» на процедуру в тесте 1 требовал проверки характера воспроизведения запечатленной информации в случае сохранности пространственного образа (среды А+Б). В тесте 2 изменяли семантику задачи – отменяли подкрепление (процедура угашения). Оказалось, что в этом случае животные адекватно отреагировали на изменение ситуации, демонстрируя способность к пластическим перестройкам в виде двух способов угашения: либо игнорирование пищевых зон, либо сохранение маршрутной структуры решения без заглядывания в кормушки.

Высказывается предположение об универсальности механизма запечатления как необходимого процесса, действующего на всех этапах онтогенеза. Структура запечатленного следа определяет направление аналитико-синтетической деятельности и пластические возможности сформированного поведения.

## **Исследование динамики пространственной синхронизации потенциалов мозга при решении арифметических задач разного уровня сложности**

*Фомина Анна Сергеевна*

*Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону*

*a\_bogun@mail.ru*

Целью исследования стало изучение особенностей локальной и дистальной синхронизации зон коры при выполнении арифметических задач разного содержания и уровня сложности. Обследовано 40 человек. Методика состояла из 2 частей. 1. Дифференцировка однозначных цифр и невербальных стимулов (серые/черные квадраты) в рамках простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) сенсомоторной реакции. 2. Решение примеров на сложение и умножение двузначных чисел в условиях произвольного и навязанного алгоритмов. Стимулы предъявлялись в ПО «Аудиовизуальный слайдер». Регистрация ЭЭГ проводилась с использованием электроэнцефалографа-анализатора «Энцефалан-131-03» по системе 10-20. Вычислялась значения функции когерентности (КОГ) для 25 пар отведений и 4 ритмических диапазонов ЭЭГ. Во 2 части КОГ рассчитывалась для отрезков «условие-решение-отдых» для произвольного алгоритма и «1-5 операции» для навязанного. Для анализа брались значения  $КОГ \geq 0.5$ . Достоверность оценивалась с помощью дисперсионного анализа MANOVA. Картина связей при ПЗМР не зависела от типа стимулов; асимметрия КОГ возникала за счет изменений связей в левом полушарии. При СЗМР с увеличением сложности КОГ возрастала в дельта- и тета-диапазонах в левом полушарии и альфа-диапазоне справа. Для сложных задач при чтении условия происходило усиление КОГ в левом полушарии между лобными, теменными и височными областями. В альфа-диапазоне усиливалось взаимодействие левой лобной и теменной областей, что, возможно, связано с подготовкой к следующему этапу. Для тета-частот показано усиление КОГ в правом полушарии, что сохранялось при решении примера. При умножении асимметрия КОГ сглаживалась. После окончания решения в правом полушарии уровень КОГ возвращался к фоновым значениям. Оптимальное число арифметических

операций сопровождалась небольшими изменениями КОГ в левом полушарии в тета- и бета-частотах. Вероятно, различия между задачами связаны с отражением в левополушарной КОГ принятия решения, а правополушарной - реализации алгоритма. Т.к. в литературе предполагается связь зоны Брока с левой зоной Вернике, наличие в КОГ лобно-височной связи может отражать это взаимодействие, образуя систему вербального кодирования числовой информации.