

УДК 577.35:611.818:612.822.3 577.38

**Организация активности пирамидных нейронов гиппокампа в условиях коактивации дендритных рецепторов, чувствительных к глутамату и ГАМК: модельное исследование** / Кулагина И. Б., Каспиржый А. В., Корогод С. М. // *Neurophysiology/Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 111-120.

На модели пирамидного нейрона гиппокампа с реконструированным деревом дендритов, обладающих активными электрическими свойствами мембраны, исследовали влияния тонической активации дендритных рецепторных каналов, чувствительных к глутамату и ГАМК, на паттерны импульсной активности в аксоне и соответствующие им электрические процессы в дендритах. Активацию рецепторов указанных типов представляли введением однородно распределенных по мембране проводимостей  $G_{sc}$  и  $G_{si}$ , характеризуемых потенциалами инверсии тока 0 и  $-60$  мВ соответственно. Установлено, что дендритная мембрана с потенциалзависимыми ионными каналами, свойственными нейронам данного типа, под действием сверхпороговой активации глутаматных рецепторов становится источником автоколебаний мембранного потенциала или стойкой деполяризации мембраны с характерными различиями электрических процессов в метрически асимметричных частях дендритного разветвления. На выходе нейрона при этом генерируются регулярные периодические или стохастические последовательности потенциалов действия (ПД), средняя частота следования которых  $f$  находится в логарифмической зависимости от  $G_{sc}$ . Коактивация ГАМК-рецепторов ( $G_{si} > 0$ ) приводит к повышению порога и снижению частоты автоколебаний в дендритах (в данном случае в ветвях, где развивалась стойкая деполяризация, возобновляются автоколебания), а также к снижению средней частоты разрядов ПД, причем логарифмический характер зависимости  $f$  от  $G_{sc}$  сохраняется. Обнаружен ранее не описанный эффект – трансформация разрядных паттернов (нерегулярного, стохастического, и регулярного, периодического) при определенных соотношениях проводимостей  $G_{sc}$  и  $G_{si}$ . Предполагается, что описанные особенности формирования разрядных паттернов у пирамидных нейронов гиппокампа обусловлены динамическим пространственным сопряжением локальных автоколебательных процессов. Это сопряжение зависит от геометрии и мембранных проводимостей дендритов, модулируется коактивацией рецепторов разных типов и определяется параметрической чувствительностью дендритных передаточных функций. Ил. 5. Библиогр. 22.

УДК 612.172:004.94

**Градиентные триггерные механизмы, связанные с режимами бистабильности, в модели контроля сердечных сокращений у пиявки** / Гуан И. Ж., Лю Ш. К., Зенг И. Дж. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 121-128.

Мы исследовали пачечные импульсные паттерны, формирующиеся на основе феноменов бифуркации, и хаотическую импульсную активность в компьютерной модели управления сердечными сокращениями у пиявки. Мы наблюдали градиентные физические свойства, определяющих характеристики последовательностей импульсов и амплитуду (смещения мембранного потенциала), при небольших изменениях параметра  $g_{leak}$  (проводимости утечки). Было также обнаружено, что существуют разные зоны бистабильности. Результаты компьютерного моделирования указывают на то, что, во-первых, в таком режиме может обеспечиваться классификация интенсивности входной информации; во-вторых, рабочий уровень для нейрона может определяться его положением в типичной бифуркации, и, в-третьих, существуют «невидимые» триггеры, на которых базируются тонкие механизмы модели. Ил. 6. Библиогр. 23.

УДК 577.352:615.213

**Влияние леветирацетама на агрегацию и слияние мембран синаптических везикул в бесклеточной модели экзцитоза** / Гуменюк В. П., Трикаш И. О. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 129-133.

Изучали влияние антиэпилептического препарата леветирацетама на процессы агрегации синаптических везикул (СВ) и их кальцийиндуцированного слияния с мембранами-мишенями в бесклеточной модели нейросекреции. Размер СВ и их агрегатов в суспензии измеряли с применением лазерно-корреляционной спектроскопии. Слияние мембранных структур количественно определяли по изменению величины самогашения флуоресценции зонда октадецил-родамин В хлорида (R18). Воздействие леветирацетама приводило к увеличению кластеризации СВ и уменьшению уровня стимулированного кальцием слияния таких везикул как с плазматическими мембранами, так и друг с другом. Таким образом, получены новые данные о влиянии леветирацетама на регуляцию процесса экзцитоза на этапах кластеризации СВ и их кальцийстимулированного слияния с мембранами-мишенями. Ил. 3. Библиогр. 15.

**Влияния агентов, воздействующих на серотонинергическую и каннабиноидную системы, на формирование памяти в тесте избегания у мышей** / Резапур Н., Шахиди С., Комаки А. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 134-140.

У взрослых белых мышей-самцов исследовали обучение поведению избегания и деактивацию этого процесса в системе с челночной камерой. Измеряли латентный период пересечения границы при обучении до инъекции тестированных агентов – флуоксетина и URB597 (ингибитора обратного захвата серотонина – SSRS – и вещества, препятствующего декомпозиции эндоканнабиноидов) и после таких инъекций (STLa и STLg) соответственно; определяли также общее время, проведенное в темном компартменте в данных ситуациях (TDC). У мышей, получавших флуоксетин (5, 10 или 20 мг/кг) STLg становились большими, чем в контроле, причем в случае использования 10 мг/кг разница средних была достоверной. Инъекции URB597 уменьшали значения TDC, и при средних и высоких дозах (0.3 и 1.0 мг/кг) различия превышали уровень достоверности. Флуоксетин во всех дозах обуславливал существенное уменьшение значений TDC, а инъекции URB597 увеличивали этот показатель (при 0.3 и 1.0 мг/кг, сдвиги были достоверными). Комбинированные инъекции флуоксетина и URB597 (5 + 0.1, 10 + 0.3 и 20 + 1.0 мг/кг) приводили к увеличению значений STLg и уменьшению TDC до уровней, сравнимых с теми, которые наблюдались в условиях изолированных введений флуоксетина в соответствующих дозах. Таким образом, флуоксетин улучшает память, тогда как URB597 нарушает ее; флуоксетин способен нейтрализовать негативные эффекты URB597. Ил. 2. Библиогр. 37.

**Нейропротекторный эффект витамина Е в условиях каинатиндуцированной модели «височной» эпилепсии у крыс** / Киасалари З., Халили М., Рогани М. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 141-148.

«Височная» эпилепсия (ВЭ) известна как наиболее распространенная форма эпилепсии у взрослых, причем наиболее резистентная к лечению. Как перспективное направление в профилактике и лечении ВЭ рассматриваются подходы, основанные на нейропротекции. Мы исследовали возможный нейропротекторный эффект витамина Е на модели ВЭ у крыс, основанной на интрагиппокампальном введении каината. Такие инъекции обуславливали повышенную вероятность проявления судорог, а предварительное курсовое введение витамина Е существенно снижало соответствующий индекс. Инъекции каината также приводили к возрастанию уровней малонового альдегида и нитритов/нитратов и падению активности супероксиддисмутазы; под воздействием витамина Е соответствующие значения нормализовались. Кроме того, интрагиппокампальные введения каината вызывали существенную дегенерацию нейронов в зонах CA1 и CA3 и хилусе гиппокампа, а витамин Е значительно ограничивал эти изменения. Результаты окраски, по Тимму, продемонстрировали наличие феномена спраутинга мшистых волокон в зубчатой извилине крыс после введения каината; витамин Е существенно снижал интенсивность указанного процесса. Наши данные позволяют полагать, что предварительное воздействие витамина Е способствует уменьшению интенсивности судорог, уменьшает гибель нейронов в гиппокампе и ограничивает спраутинг в условиях каинатной модели ВЭ. Положительный эффект витамина Е частично обусловлен его способностью подавлять оксидативный стресс. Ил. 5. Табл. 1. Библиогр. 46.

**Предваряющие изменения Н-рефлекса камбаловидной мышцы человека при движениях стопы контралатеральной нижней конечности в положении стоя** / Иванченко Е. З. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 149-153.

В исследованиях на здоровых людях изучали изменения величины Н-рефлекса и интенсивности фоновой ЭМГ камбаловидной мышцы в премоторный период произвольных движений контралатеральной нижней конечности. При положении испытуемых стоя с опорой на пятки обеих ног примерно за 60 мс до начала кондиционирующего тыльного сгибания стопы отмечались облегчение тестируемого Н-рефлекса и увеличение интенсивности ЭМГ. В случае же подошвенного сгибания стопы в аналогичных условиях наблюдались предваряющее торможение Н-рефлекса и уменьшение интенсивности фоновой ЭМГ. Характер этих изменений в целом соответствовал реципрокным отношениям между мышцами голени. Противоположные результаты были получены тогда, когда испытуемые пользовались дополнительной поддержкой рук. При этом они опирались лишь на тестируемую конечность, а кондиционирующая не была опорной. Подошвенное сгибание контралатеральной стопы вызывало в данных условиях предваряющее облегчение тестируемого Н-рефлекса. Таким образом, премоторная динамика Н-рефлекса и фоновой ЭМГ камбаловидной мышцы при произвольных движениях контралатеральной нижней конечности зависит не только от вида движения. Она определяется также положением тела, наличием дополнительной поддержки и выполнением/невыполнением нижними конечностями опорной функции. Ил. 3. Библиогр. 18.

**Связи между показателями variability ритма сердца и параметрами фоновой ЭЭГ у пациентов с хроническим заболеванием почек** / Попович И. Л., Козьякина Н. В., Козьякина О. В., Королишин Т. А., Лукович Ю. С., Барыляк Л. Г. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 154-163.

Мы исследовали корреляционные связи (каноническую корреляцию) между показателями variability ритма сердца (ВРС), измеренными на основе регистрации кардиоинтервалограммы (КИГ), и параметрами основных ритмов параллельно отводимой фоновой ЭЭГ у мужчин, страдающих хроническим пиелонефритом в фазе ремиссии. Получены ряд уравнений множественной регрессии, отражающих взаимозависимости абсолютных и относительных спектральных и временных показателей КИГ, с одной стороны, и амплитудно-частотных и спектральных параметров ЭЭГ – с другой. По значениям коэффициента канонической корреляции с параметрами ЭЭГ показатели КИГ располагались в следующем порядке: амплитуда моды ( $R = 0.72$ ), спектральная плотность мощности (СПМ) низкочастотного (LF) компонента ( $R = 0.66$ ),  $pNN_{50}$  ( $R = 0.65$ ), мода ( $R = 0.64$ ), SDNN ( $R = 0.63$ ), СПМ очень низкочастотного – VLF ( $R = 0.625$ ) и высокочастотного – HF ( $R = 0.55$ ) компонентов, RMSSD ( $R = 0.545$ ), СПМ сверхнизкочастотного (ULF) компонента ( $R = 0.455$ ) и вариационный размах ( $R = 0.38$ ). Относительные СПМ компонентов КИГ, как и LFnc, слабее коррелировали с параметрами ЭЭГ ( $R = 0.535-0.42$  и  $R = 0.42$  соответственно), однако отношение LF/HF продемонстрировало достаточно тесную связь ( $R = 0.56$ ). Максимальная связь с параметрами ЭЭГ была констатирована у стресс-индекса Баевского ( $R = 0.80$ ). Наибольшее влияние на показатели ВРС, судя по факторным нагрузкам, оказывают абсолютная СПМ  $\alpha$ -ритма в локусах O1 ( $r^* = -0.51$ ), P3 ( $r^* = -0.35$ ) и C4 ( $r^* = -0.29$ ),  $\delta$ -ритма в локусах Fp1 ( $r^* = -0.41$ ), O1 ( $r^* = -0.40$ ), T5 ( $r^* = -0.39$ ), F7 ( $r^* = -0.39$ ) и T6 ( $r^* = -0.35$ ),  $\beta$ -ритма в локусе O1 ( $r^* = -0.34$ ), относительная СПМ  $\theta$ -ритма в локусах F8 ( $r^* = 0.38$ ), Fp1 ( $r^* = 0.32$ ) и F4 ( $r^* = 0.28$ ), а также индекс  $\theta$ -ритма ( $r^* = 0.47$ ) и модальная частота  $\beta$ -ритма ( $r^* = 0.43$ ). Ил. 7. Библиогр. 21.

**Спектральные характеристики фоновой электроэнцефалограммы детей со зрительной дисфункцией** / Редька И. В., Майоров А. Ю. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 164-173.

Регистрировали и определяли средние значения модальной частоты (МЧ), а также абсолютной и относительной спектральных мощностей (СМ) дельта-, тета-, альфа-ритмов и бета1- и бета2-субритмов фоновой ЭЭГ у 31 ребенка с врожденными зрительными (средняя острота зрения порядка 0.2) дисфункциями и у 49 детей восьми–12 лет с нормальным зрением. Фоновая ЭЭГ-активность головного мозга детей со зрительными дисфункциями характеризовалась сниженной абсолютной СМ всех частотных диапазонов (максимально в альфа-диапазоне), сниженной относительной СМ колебаний альфа-диапазона на фоне повышения относительной СМ дельта-диапазона (и бета2-диапазона у мальчиков), а также повышением модальной частоты (МЧ) медленно-волновой активности и бета-осцилляций (бета2-диапазона у девочек, бета1- – у мальчиков) на фоне неизменной МЧ альфа-активности в большинстве областей коры головного мозга. Полученные данные, очевидно, свидетельствуют о повышении активности каудальных отделов ствола головного мозга при наличии зрительных дисфункций; это приводит к изменениям характера взаимодействий активирующих и деактивирующих систем мозга. Выявлены вероятные компенсаторные механизмы в интегративной деятельности головного мозга при зрительных дисфункциях. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. 23.

**ЭЭГ-активность при просмотре нейтральных и эмоциональных изображений у мужчин и женщин с разным уровнем эмпатии** / Демидова К. Ю., Дубовик В. В., Кравченко В. И., Макарчук Н. Е. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 174-182.

Проведена сравнительная оценка характеристик ЭЭГ у 14 мужчин и 32 женщин в возрасте 18–21 год во время просмотра нейтральных и эмоционально окрашенных изображений (отрицательных, положительных и эротических) из базы данных IAPS; у женщин тестирование выполняли во время разных фаз овуляторного цикла. Показано, что зональные характеристики основных ритмов ЭЭГ, связанные с восприятием изображений всех типов, у представителей разного пола существенно различаются. Паттерны ЭЭГ мужчин при действии указанных стимулов были наиболее сходными с таковыми у женщин на протяжении фолликулярной фазы овуляторного цикла. В целом у женщин по сравнению с мужчинами изменения ЭЭГ при просмотре изображений всех типов были более существенными. Для мужчин наиболее активирующими мозг были эротические и отрицательные изображения. Обнаружена определенная специфика ЭЭГ-паттернов в зависимости от уровня эмпатии. Высокий уровень эмпатии у мужчин и женщин связан с более высокой спектральной мощностью бета- и тета-ритмов соответственно. Склонность к сопереживанию по-разному проявлялась в зависимости от уровня половых гормонов у женщин; те визуальные стимулы, которые в фолликулярной фазе не вызывали эмоционального резонанса, становились более активирующими для эмпатичных женщин в лютеиновой фазе. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 24.

**Когнитивные способности и регуляция сердечно-сосудистой системы у людей с недостаточным интеллектуальным развитием** / Ким Х. Д., Чой М. Х., Ли И. Х., Хонг С. П., Йоу Р. К., Ким Х. С., Лим Д. В., Чунг С. Ч. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 183-186.

Ранее мы изучали положительные влияния воздуха, обогащенного кислородом, на когнитивные способности людей с недостаточным интеллектуальным развитием (НИР). В настоящей работе мы исследовали корреляцию между показателями когнитивной активности в тесте визуального соответствия и частотой сердечных сокращений (ЧСС) у таких субъектов в условиях дыхания нормальным воздухом. В тестах участвовали 18 мужчин (средний возраст  $28.7 \pm 5.0$  года) и 22 женщины ( $35.5 \pm 6.9$  года) с оценкой уровня интеллектуального развития  $2.3 \pm 0.6$ . Эксперимент (общая длительность 7 мин) включал в себя три фазы: состояние расслабления (3 мин), контроль (2 мин) и тест визуального соответствия (2 мин). Значения ЧСС в пределах данного теста по сравнению со значениями в условиях расслабления и контроля возрастали. Показатели когнитивных способностей коррелировали со значениями ЧСС; корреляция времени ответа была негативной, а точности ответа – позитивной. Таким образом, адаптивные изменения регуляции сердечно-сосудистой системы, вероятно, связанные с когнитивными усилиями и эмоциональным возбуждением, являются существенным фактором, влияющим на снабжение мозга кислородом у людей с НИР (как и у здоровых испытуемых). Результаты настоящей работы согласуются с полученными ранее свидетельствами того, что дыхание воздухом, обогащенным кислородом, положительно влияет на когнитивные возможности людей с НИР. Ил. 2. Библиогр. 18.

**Изменения уровня экспрессии гена инозитол-1,4,5-трифосфатных рецепторов в нейронах моторной коры и мозжечка крыс с экспериментальным гемипаркинсонизмом** / Федоренко О. А., Мамонтов С. М., Котык Е. А., Таланов С. А. // *Нейрофизиология / Neurophysiology.* – 2014. – 46, № 2. – С. 187-190.

Несмотря на большой интерес ученых к изучению внутриклеточной кальциевой сигнализации и, в частности, механизмов ее нарушения при разных патологиях, к этому времени накоплено относительно немного сведений о роли инозитол-1,4,5-трифосфатных рецепторов ( $IP_3R$ ) в развитии нейродегенеративных процессов. Целью нашей работы было определить, происходят ли изменения в экспрессии  $IP_3R1$  в нейронах в условиях экспериментального паркинсонизма. В наших исследованиях мы вызывали одностороннее повреждение дофаминергических нейронов черной субстанции крыс путём стереотаксической инъекции 6-гидроксидофамина в левый восходящий медиальный пучок переднего мозга (состояние экспериментального гемипаркинсонизма). Используя метод полимеразной цепной реакции в реальном времени, мы исследовали уровень экспрессии гена *itpr1*, кодирующего субъединицу  $IP_3R$  типа 1 в нейронах мозжечка и моторной коры у интактных крыс и животных с экспериментальным гемипаркинсонизмом. У последних наблюдался более высокий уровень экспрессии гена *itpr1* в нейронах обоих упомянутых отделов мозга. В частности, в моторной коре экспрессия этого гена превышала таковую у контрольных крыс более чем вдвое, а в мозжечке – почти на 30 %. Повышенный уровень экспрессии гена *itpr1* в нейронах головного мозга может быть одной из причин избыточного выхода  $Ca^{2+}$  из клеточных депо во время развития нейродегенеративных процессов. Ил. 1. Библиогр. 21.

**Перераспределение белков клеточной адгезии в головном мозгу и особенности поведенческих реакций крыс при развитии хронического панкреатита** // Макачук В. А., Ушакова Г. А. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 191-193.

Показано, что в условиях развития экспериментального хронического панкреатита в мозжечке и таламусе крыс происходят изменения концентраций растворимой и мембранной форм нейронной молекулы клеточной адгезии (NCAM), что сопровождается снижением локомоторной и ориентировочно-познавательной активности животных и развитием состояния стресса. Ил. 1. Библиогр. 14.

УДК 577.125:612.66:612.821.3

**Влияние ингибитора сфингомиелиназ N-ацетилцистеина на когнитивные функции у старых крыс** / Бабенко Н. А., Шахова Е. Г. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 194-196.

В работе изучали условнорефлекторную деятельность 24-месячных крыс (рефлекс активного избегания в челночной камере) на фоне действия N-ацетилцистеина (N-АЦЦ), вводимого перорально в течение 18 дней. N-АЦЦ улучшал когнитивные функции у старых животных; улучшалась оценка животными экспериментального задания, сокращался латентный период реакции на действие безусловно-раздражителя. Это в целом способствовало ускорению выработки рефлекса по сравнению с таковым у контрольных крыс. Учитывая то, что N-АЦЦ подавляет активность нейтральной сфингомиелиназы (СФМазы) и нормализует содержание керамидов в гиппокампе и неокортексе 24-месячных животных, можно предположить следующее. Важным фактором, обеспечивающим улучшение когнитивных функций у старых животных под действием N-АЦЦ, является снижение гиперпродукции керамидов в мозгу крыс; этот эффект реализуется в результате снижения активности нейтральной СФМазы. Ил. 1. Библиогр. 8.

УДК 616.89+57.02+616-071

**Диагностика расстройств аутистического спектра, основанная на анализе ЭЭГ (обзор)** / Хашемян М., Пургасем Х. // *Neurophysiology / Нейрофизиология.* – 2014. – 46, № 2. – С. 197-209.

Расстройства аутистического спектра (autism spectrum disorders – ASD) – это глубокие отклонения развития нервной сферы, которые характеризуются нарушением социальных взаимодействий, коммуникационных привычек и стереотипного поведения. Поскольку регистрация и анализ ЭЭГ являются одними из фундаментальных средств диагностики и идентификации нейрофизиологических расстройств, исследователи пытаются использовать ЭЭГ-сигналы для диагностики ASD у тех или других лиц. Как мы установили, исследования, направленные на диагностику ASD с применением ЭЭГ-методик, могут быть разделены на две группы, когда анализ базируется либо на технике сравнений, либо на технике распознавания образов. В этом обзоре мы пытались описать применение двух соответствующих комплексов алгоритмов, а также методики их использования и полученные результаты. Наконец, обсуждается сравнительная эффективность указанных алгоритмов диагностирования. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр. 76.