

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН  
Отделение физиологических наук РАН  
Российское физиологическое общество им. И.П. Павлова**

## **ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ**

**VI Всероссийская конференция с международным участием,  
посвященная 175-летию со дня рождения академика И.П. Павлова  
и 120-летию со дня вручения академику И.П. Павлову Нобелевской премии  
10-12 декабря 2024**

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2024**

ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ: VI Всероссийская конференция с международным участием, Санкт-Петербург (10-12 декабря 2024 г.). – Тезисы докладов. – СПб.: Ин-т физиологии им. И.П. Павлова РАН, 2024. 204 с.

В сборнике представлены тезисы докладов, вошедших в программу VI Всероссийской конференции с международным участием «Интегративная физиология» в 2024 году. Конференция является платформой для обмена результатами фундаментальных исследований в области интегративной физиологии и установления междисциплинарного сотрудничества, способствует комплексному анализу исследуемых процессов, повышению полноты понимания их значимости для целостного организма.

Тезисы 171 докладов демонстрируют современный уровень развития физиологической науки. Тезисы сгруппированы по темам заседаний: «Пленарное заседание», «История и популяризация физиологии», «Интегративные механизмы функционирования висцеральных систем», «Молекулярно-клеточные механизмы функционирования организма», «Интегративные механизмы функционирования сенсорных систем», «Стресс и интегративная физиология», «Интегративные механизмы поведения», «Интегративные механизмы функционирования двигательных систем», «Генетические и эпигенетические механизмы физиологических процессов и поведенческих функций», «Интеграция физиологических функций и ее механизмы», «Физиологические механизмы ноцицепции», «Физиология экстремальных состояний».

Сборник необходим для обмена результатами фундаментальных исследований в области интегративной физиологии и установления междисциплинарного сотрудничества, а также для клиницистов, преподавателей физиологии, исследователей истории науки.

*Конференция проводится при финансовой поддержке:*

*Грант на создание и развитие НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» и при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (№075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.)*

© ФБГУН ИФ РАН, 2024

© Коллектив авторов, 2024

© ООО «Мономакс», оформление, 2024

## ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ И.П. ПАВЛОВА

Филаретова Л.П.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
filaretovalp@infran.ru*

Всероссийская конференция с международным участием «Интегративная физиология-2024», – шестая в ряду конференций, начатых в год 170-летия со дня рождения И. П. Павлова. Конференция посвящена 175-летию со дня рождения академика И.П. Павлова и 120-летию со дня вручения ему Нобелевской премии. 20 лет отделяет нас от празднования международным научным сообществом 100-летнего юбилея Нобелевской премии И.П. Павлова. Большинство научных мероприятий 2004 года по физиологии были посвящены этой дате, среди них особо выделяются торжественные мероприятия, прошедшие в Санкт-Петербурге, с которым связана большая часть жизни Ивана Петровича. Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (ИФ РАН), созданный И.П. Павловым в 1925 году, был в центре организации этих юбилейных мероприятий. Первым в ряду юбилейных мероприятий оказалось международное - INTERNATIONAL PAVLOV CENTENARY SYMPOSIUM “Integrative Physiology and Behaviour”, прошедший в ИФ РАН 19-22 июня 2004 г. Проведение такого симпозиума в созданном И.П. Павловым институте было инициировано известными зарубежными учеными, по просьбе которых Л.П. Филаретова и В.А. Багаев стали локальными со-организаторами этого симпозиума. Тема симпозиума - влияние научного наследия И.П. Павлова на современное понимание взаимодействия мозга и кишечника. С докладами выступили известные ученые, среди которых были Dockray G., Grundy D., Singer M., Smith G., Raybould H., Gebhart J., Tache Y., Wood J., Furness J., Holzer P., Bruce Overmier B., Bueno L. На открытии с пленарной лекцией «Влияние Павлова на физиологию двадцатого века» выступила Tansey T. (Wellcome Institute for the History of Medicine, London). В программу симпозиума были включены исторические экскурсии в лабораторию И.П. Павлова в Колтушах и его квартиру в Санкт-Петербурге. Позднее, 23-25 ноября 2004 г., в Санкт-Петербурге состоялась Юбилейная научная сессия с торжественным заседанием в Таврическом дворце 23 ноября 2004 г. В ИФ РАН прошел симпозиум «Развитие идей И.П. Павлова в области физиологии пищеварения».

## **ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**

## ПОВЕДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ

Маркель А.Л.<sup>1,2</sup>

1 - *Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия*

2 - *Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия*

markel@bionet.nsc.ru

Поведение – это интегральная характеристика организма, конечный результат генетических, биохимических, морфологических и функциональных процессов, говоря общими словами – это продукт взаимодействия организма со средой, поэтому поведенческие признаки, как внешнее выражение внутренних процессов, в конечном итоге, являются материалом для естественного отбора и эволюции. Принято считать, что исходной причиной поведения является генотип. Однако генов прямого действия на поведение животных нет. Формирование и реализация поведения - это сложный процесс, контролируемый генетически организованной нервной системой. Головной мозг высших животных, осуществляющий этот контроль, представленный миллиардами нейронов, образующих сложные и динамичные нервные сети, приобретает дополнительные степени свободы при регуляции поведения, что обозначается как поведенческая пластичность. Это позволяет поведению осуществлять тонкую настройку работы организма в соответствии с изменениями условий жизни, а также активно работать над преобразованием этих условий – конструированием экологических ниш. Активность поведения способствует поиску и созданию новых эволюционных направлений, новых векторов отбора и дисперсии вида. Это дает основание для следующих утверждений: “Indeed, behavior is in the vanguard of evolution” (p.183) (Plomin, 1990), или - “behavior is the real spearhead in evolution” и далее - “mutations can succeed only if they fall in with an already established behavioral pattern” (p. 69). (Popper, 1994). Яркой иллюстрацией роли поведенческих новаций в эволюции является антропогенез. Одним из самых значительных в буквальном смысле «шагов» на этом пути стал переход к бипедализму. Конечно, эта поведенческая новация имела генетические предпосылки, но она же открыла новые перспективы для эволюции рода *Homo*. Другими важными изменениями поведения на этом пути стали изготовление орудий, овладение огнём и изменение диеты, наконец, формирование речи - второй сигнальной системы (И.П. Павлов), наконец, человеческого социума и культуры. Таким образом, гены и поведение формировали мозг *Homo sapiens*, а мозг человека влиял на формирование поведения и эволюцию генома.

Список литературы:

1. Plomin R. (1990). The role of inheritance in behavior. *Science*, 248 (4952), 183–188.
2. Popper K. R. (1995). *Knowledge and the body - mind problem: in defence of interaction*. Routledge. 168 pp.

# ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ХРОНИЧЕСКОГО СОЦИАЛЬНОГО КОНФЛИКТА В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

**Кудрявцева Н.Н.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
kudryavtsevann@infran.ru*

**Введение.** Многолетними исследованиями показано, что модель хронического социального конфликта [1] может быть использована для моделирования различных патологических состояний, развивающихся у мышей под влиянием повторного опыта агонистических взаимодействий.

**Цель исследования.** В соответствии с симптомами болезней у людей необходимо было экспериментально подтвердить сходство формируемых патологий у мышей: сходство симптоматики, этиологии, нейрохимических изменений в мозге, а также позитивный эффект фармакологических средств, используемых в клинике.

**Материалы и методы.** В исследованиях единообразно использовалась модель хронического социального конфликта [1,2].

**Результаты и обсуждение.** Были выявлены и описаны различные формы патологического поведения у мышей разных линий, позволяющие исследовать нейрофизиологические и нейромолекулярные механизмы на разных стадиях развития болезни, в частности, смешанного тревожно/депрессивного расстройства, состояния по типу психоза, психогенного иммунодефицита и др. При скрининге фармакологических препаратов появляется возможность изучать их лечебные и протекторные свойства в условиях, приближенных к клиническим [3]. Модель позволяет разрабатывать подходы к фармакогеномной терапии, а также выявлять периферические маркеры исследуемых патологий.

**Заключение.** Модель может быть рекомендована для использования в медико-биологических исследованиях.

## **Список литературы**

1. Kudryavtseva N.N. Agonistic behavior: A model, experimental studies, and perspectives. *Neurosci. Behav. Physiol.* 2000. V. 30, № 3. P. 293-305.
2. Kudryavtseva N.N. et al. Repeated positive fighting experience in male inbred mice. *Nature Protoc.* 2014. V. 9. №. 11. P. 2705- 2717.
3. Kudryavtseva N.N. et al. An experimental approach for the study of psychotropic drug effects under simulated clinical conditions. *Curr. Drug Metab.* 2008. V. 9. № 4. P. 352-360.

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ПАТОГЕНЕЗ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Безпрозванный И.Б.

*Санкт-Петербургский Политехнический Университет им Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Россия  
mnlabspb@gmail.com*

Нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера (БА), болезнь Паркинсона, болезнь БП, боковой амиотрофический склероз (АЛС), болезнь Хантингтона (БГ) и Спиноцеребеллярные атаксии (СМА) представляют собой огромную медицинскую, социальную, финансовую и научную проблему. Несмотря на интенсивные исследования причин этих расстройств, ни от одного из них не существует лечения. Основное внимание научной общественности уделялось выявлению причин этих заболеваний и разработке способов борьбы с этими причинами. Например, для лечения БА было предложено воздействовать на накопление белка амилоида а при БГ было предложено уменьшить уровень экспрессии мутантного белка Хантингтина. Пока что эти подходы не дали желаемых результатов в клинике. В моем докладе я планирую обсудить перспективы воздействия на нейрональную кальциевую сигнализацию как альтернативного подхода к решению этой сложной проблемы. Уже давно показано что нарушения нейрональной кальциевой сигнализации играют важную роль при развитии нейродегенеративных заболеваний. Однако пока что не удалось разработать лекарственных препаратов на основании «кальциевой гипотезы нейродегенерации», в первую очередь из-за побочных эффектов связанных с использованием блокаторов кальциевой сигнализации. В своем докладе я хотел бы обсудить перспективы использования недавно разработанных положительных аллостерических модуляторов (РАМ) кальциевого насоса сарко-эндоплазматического ретикулума (SERCA) как возможного подхода к решению этой сложной проблемы.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО ДЛИТЕЛЬНОЙ  
ФИЗИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, И  
РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ИХ ПРОФИЛАКТИКЕ**

**Томиловская Е.С., Шигуева Т.А., Рукавишников И.В., Швед Д.М.,  
Пономарев С.А., Колотева М.И., Орлов О.И.**

*ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия  
finegold@yandex.ru*

В докладе будут освещены основные результаты деятельности Центра изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции ГНЦ РФ – ИМБП РАН, входящего в состав НЦМУ «Павловский центр "Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости». Работа Центра посвящена исследованию влияния долговременной изоляции и пребывания в условиях снижения двигательной активности на деятельность сенсомоторной, иммунной системы, гемостаза и психофизиологического состояния испытуемых, а также изучению и разработке подходов к профилактике данных эффектов.

Одной из лучших моделей, позволяющей проводить изучение влияния стресс-факторов на организм человека, является длительная изоляция в контролируемых условиях среды обитания. В части воспроизведения ограничения двигательной активности и его последствий для физической работоспособности человеческого организма наряду с моделью изоляции перспективными являются такие модели гравитационной разгрузки как «сухая» иммерсия и антиортостатическая гипокинезия.

Центр изучения и профилактики эффектов долговременной изоляции при участии российских организаций космической отрасли и международных партнеров проводят масштабный международный изоляционный проект SIRIUS. Изоляционные эксперименты воспроизводят основные условия космического полета различной длительности, моделируя автономную космическую миссию. В число задач, выполняемых в ходе эксперимента, входит отработка новых методов диагностики и профилактики воздействия стресса, вызываемого длительной изоляцией и двигательной разгрузкой.

В рамках профилактики эффектов длительной изоляции и сниженной двигательной активности разрабатываются методы, основанные на технологиях виртуальной реальности, электромиостимуляции, гравитационной терапии.

При поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-298 от 18.04.2022 г.

# СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В СОЗДАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Шичкина Ю.А., Куприянов М.С.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия  
strange.y@mail.ru*

**Введение.** Новые технологии в производстве призваны улучшить качество жизни. В то же время их применение имеет высокие требования к когнитивным функциям человека. Это приводит к повышению психоэмоциональной нагрузки на человека и может вызывать когнитивные нарушения, утомление, профессиональное выгорание, стресс и, в конечном итоге, приводит к развитию хронических заболеваний. Решить эту проблему возможно с применением современных технологий искусственного интеллекта. В то же время дальнейшее развитие интеллектуальных агентов и совершенствование процесса их взаимодействия с человеком возможно с учетом индивидуальных психофизиологических особенностей человека. Таким образом эти две области: контроль состояния человека и развитие искусственного интеллекта являются взаимосвязанными. В докладе будет сделан акцент на взаимном развитии этих областей и продемонстрирован ряд разработок для контроля психофизиологического состояния человека.

**Цель исследования.** Разработка системы мониторинга и контроля психофизиологического состояния человека и развитие концепции построения интеллектуальных ассистентов человека на принципах системности и взаимного развития с человеком

**Материалы и методы.** Концепция построения интеллектуальной экосистемы и создании прототипов интеллектуальных систем в медицине на ее основе. Мы показываем, что ИИ необходимо строить не как инструмент, а как полноценного интеллектуального агента экосистемы. Наши утверждения базируются на существующих теориях эволюции.

**Результаты и обсуждение.** В настоящее время нами разработана и продолжает совершенствоваться система, позволяющая контролировать и управлять психофизиологическим состоянием человека на разных стадиях его деятельности и при разных формах активностей. К основным возможностям такой системы относятся: 1) предварительное обследование состояния человека; 2) оценка и контроль состояния человека в процессе выполнения трудовых и иных функций, а также оценки состояния пациентов в промежутках между визитами к врачу; 3) реабилитация человека; 4) восстановление когнитивных функций человека.

**Заключение.** Два таких направления как, развитие технологий искусственного интеллекта для построения интеллектуальных помощников человека и разработка систем контроля психофизиологического состояния человека, вносят существенный вклад в развитие друг друга, помогая человечеству отвечать на глобальные вызовы не только в медицине, но и в экономике, экологии и во всех областях человеческой деятельности.

# **ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ЧЕЛОВЕКА: ИННОВАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ**

**Герасименко Ю.П.**

*Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
gerasimenko@infran.ru*

Традиционные и современные технологии нейрореабилитации основаны на концепции нейропластичности, предполагающей большое количество повторений моторных действий, необходимых для структурно-функциональной реорганизации спинного мозга, чтобы восстановить двигательную функцию. Сообщалось, что только после сотни локомоторных тренировок спинальные больные восстанавливали способность ходьбы на тредбане с внешней поддержкой веса тела.

В основе разработанной нами инновационной стратегии восстановления двигательных функций у пациентов с двигательной патологией, лежат интегративные механизмы регуляции локомоции человека, активируемые мультимодальной неинвазивной стимуляцией спинного мозга. Мультимодальная стимуляция воздействует на разные отделы спинного мозга, чтобы синергично активировать различные нейронные спинальные сети, связанные с регуляцией локомоторной функции. Такой подход сочетает непрерывную стимуляцию для активации нейронной локомоторной сети (генератор центрального паттерна) с пространственно-временной стимуляцией, нацеленной на дорсальные корешки, проецирующиеся на моторные пулы сгибателей и разгибателей ног и активирующие их в определенные фазы шагательного цикла. Дополнительная непрерывная стимуляция шейного отдела улучшает кортикально-спинальное взаимодействие, а стимуляция в области копчика усиливает нейромодуляцию локомоторной сети. У спинальных пациентов, не имеющих практики локомоторных тренировок и предварительной стимуляции спинного мозга, мы наблюдали инициацию шагательных движений непосредственно в момент нанесения мультимодальной стимуляции. Есть все основания полагать, что стратегия синергической мультимодальной неинвазивной активации локомоторных систем, локализованных в разных отделах спинного мозга, демонстрирующая интеграцию важнейших спинальных механизмов для эффективной регуляции локомоции, может стать прорывной технологией двигательной нейрореабилитации.

**Источник финансирования:** Программа НЦМУ Павловский центр (№075- 15-2022-303; 21.04.2022 г.)

## **ИНТРАНАЗАЛЬНО ВВОДИМЫЙ ИНСУЛИН – НОВЫЕ МИШЕНИ И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ФАРМАКОЛОГИИ**

**Шпаков А.О.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова, Российская академия наук, Санкт-Петербург, Россия  
alex\_shpakov@list.ru*

В организме человека и животных инсулин присутствует не только на периферии, но и в структурах мозга. В мозг он попадает из кровотока путем транспорта через гематоэнцефалический барьер (ГЭБ), но также может синтезироваться в самом мозге, причем его синтез de novo происходит не только на ранних стадиях развития, то и во взрослом мозге. Функции инсулина в мозге весьма разнообразны, и не ограничиваются его свойствами как нейротрофического фактора, неймодулятора и нейропротектора. Показано участие инсулина мозга в контроле энергетического обмена на периферии, функций эндокринной и сердечно-сосудистой систем, и это существенно расширяет возможности применения в медицине позитивных регуляторов инсулиновой сигнальной системы мозга. Среди таких регуляторов интраназально вводимый инсулин (ИВИ), который, минуя ГЭБ, воздействует на инсулиновую систему в нейронах и глиальных клетках мозга, а также усилители этой системы (ингибиторы тирозиновых фосфатаз и инсулин-деградирующего фермента, активаторы лептиновой и меланокортиновой систем). Наибольший интерес представляет применение ИВИ при сахарном диабете (СД) и метаболическом синдроме (МС), поскольку он, не вызывая гипогликемических эпизодов, предотвращает когнитивный дефицит, улучшает глюкозный гомеостаз, инсулиновую и лептиновую чувствительность, ослабляет дислипидемию, нормализует пищевое поведение. ИВИ также восстанавливает нарушенные при СД и МС функции тиреоидной и гонадной систем. Нами показано вызываемое ИВИ потенцирование восстанавливающих эффектов метформина и агонистов глюкагоноподобного пептида-1 (ГПП-1) на метаболические и гормональные показатели при СД и МС, что указывает на перспективность комбинированной терапии ИВИ и этими антидиабетическими препаратами.

**Источник финансирования.** Работа поддержана Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2022-296, на создание и развитие НЦМУ «Павловский центр «Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

**СЕКЦИЯ «ИСТОРИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИИ»**

## **И.П. ПАВЛОВ - ОСНОВОПОЛОЖНИК ДИЕТОЛОГИИ**

**Абдурасулова И.Н.<sup>1</sup>, Александрова С.С.<sup>2</sup>**

*1 - Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Государственный музей политической истории России, Санкт-*

*Петербург, Россия*

*i\_abdurasulova@mail.ru*

«Лекции о работе главных пищеварительных желез» – монументальный обобщающий труд И.П. Павлова по физиологии пищеварения, за который он был удостоен «Нобелевской премии» в 1904 году. «Со времен Гейденгайна не было еще случая, чтобы один исследователь в течение нескольких лет сделал в физиологии столько открытий, сколько описано в книге Павлова», - писал в своей рецензии о «Лекциях ...», пораженный значительностью достигнутых результатов Г. Мунк. Восьмую, заключительную лекцию, вошедшую в издание 1897 года, можно рассматривать, как рекомендации диетологам. Однако И.П. Павлов сам воплотил эти рекомендации в жизнь. В 1920-е гг. им была создана «гастроэнтерологическая поликлиника Института экспериментальной медицины (Институт общественного питания)», руководила которой М.К. Петрова, где «особое внимание уделяли целебным водам и диетическому питанию». Нельзя не упомянуть работавшую в ИЭМ «фабрику желудочного сока». Получаемый во время «многого кормления» собак желудочный сок с успехом применялся для улучшения пищеварения у людей. Организуя и развивая работу в санатории Батгл-Крик, Д.Г. Келлог, специально приехал к И.П. Павлову, чтобы «ознакомиться из первых рук с важными фактами, раскрытыми павловской методикой исследования, и с новейшими последними достижениями». «Открытия Павлова ... оказали новую и существенную поддержку развитию рациональной диетической системы», - писал Д.Г. Келлог в своих воспоминаниях. В России, опираясь на открытия И.П. Павлова, свою диету для лечения заболеваний ЖКТ и сердечно-сосудистых заболеваний разработал Яроцкий А.И. Развивал павловские идеи о питании и диететике И.П. Разенкова, который начал работу под руководством И.П. Павлова в 1924 г. и изучал влияние различных диетических режимов на функции организма. В.П. Кашкадамов отмечал, что И.П. Павлов «способствовал правильному подходу при решении ... вопросов общей гигиены (гигиены питания, гигиены умственного труда и др.)». «Этот русский гений ... заложил для нас фундамент большей части наших знаний о пищеварительных процессах и проложил пути для лечения желудочно-кишечного тракта», - писал о И.П. Павлове Президент Королевского медицинского общества (Лондон) Бертран Доусон. Можно с уверенностью сказать, что мечта И.П. Павлова, чтобы «...лабораторная коллективная работа заметно дала себя знать на устройении человеческого счастья и чтобы она в моей любимой науке оставила достойный памятник нашего русского ума!» - осуществилась.

Работа выполнена по государственному заданию ФГБНУ «ИЭМ», FGWG-2022-0008.

**ЕКАТЕРИНА ОЛИМПИЕВНА ШУМОВА-СИМАНОВСКАЯ –  
БЛИЖАЙШАЯ СПОДВИЖНИЦА И.П. ПАВЛОВА НА ПУТИ К ПЕРВОЙ  
НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ РОССИИ**

**Парфенова Н.С.<sup>1</sup>, Поляков Е.Л.<sup>2</sup>**

*1 - Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт физиологии имени И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

*nina.parf@mail.ru*

Во второй половине XIX – начале XX века в России появилась целая плеяда женщин, которые, несмотря на все ограничения и препоны, чинимые в те годы царским правительством, стремились к знаниям, хотели получить образование и быть тем самым полезными своему народу.

Одной из самых ярких среди них является Екатерина Олимпиевна Шумова-Симановская (1852-1905). Она родилась в Самаре, в семье почетного гражданина города, образование получила сначала в Гейдельбергском университете, слушая лекции на философском факультете по естественным наукам, затем в Берне, в Швейцарии, закончив медицинский факультет университета. Вместе с сестрой Надеждой Олимпиевной Зибер-Шумовой (1856-1916) они работали в лаборатории М.В. Ненцкого и защитили диссертации на степень доктора наук. Вернувшись в Петербург, Е.О. Шумова-Симановская работала у С.П. Боткина, вела исследовательскую деятельность в физиологической лаборатории, руководимой И.П. Павловым. С 1891 г. работала с М.В. Ненцким в лаборатории химии и выделила из желудочного сока «зернистый пепсин». В 1904 г. совместно с Н.О. Зибер-Шумовой исследовала изменение уровня окислительных процессов при интоксикациях; изучена флора тонкого кишечника. Этими работами она создала себе научное имя. Е.К. Шумова-Симановская является соавтором операции по перерезке пищевода и процедуре «мнимого кормления». Екатерина Олимпиевна и ее муж, известный петербургский врач, отоларинголог Николай Петрович Симановский дружили с художником Николаем Ярошенко, он много раз рисовал их портреты и дружеские шаржи. Писал художник и Н.О. Зибер-Шумову, М.В. Ненцкого, И.П. Павлова и его маленького сына Волю. Екатерина Олимпиевна Шумова-Симановская проработала в лаборатории И.П. Павлова более двадцати лет, явившись одним из его ближайших сподвижников на пути к первой Нобелевской премии России.

## **К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ПАМЯТНИКА И.П. ПАВЛОВУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

**Поляков Е.Л., Вовенко Е.П.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
eugeneleo49@bk.ru*

После кончины И.П. Павлова 27 февраля 1936 г. Совет народных комиссаров Союза СССР постановил: «Воздвигнуть на одной из центральных площадей г. Ленинграда монументальный памятник И.П. Павлову, поручив исполнение этого Ленинградскому совету». Было решено установить памятник на площади Лассала (ныне площадь Искусств). В довоенные годы памятник ученому создан не был. Лишь в 1949 г. к 100-летию со дня рождения академика скульптор В.В. Лишев (1877–1960) изваял памятник И.П. Павлову (изобразив ученого во весь рост, в хирургическом халате, с сидящей у его ног собакой) для установки в городе. Однако Художественный совет не нашел тогда подходящего места для памятника в Ленинграде и он был установлен в 1951 г. на территории научного городка в Колтушах. Таким образом, в городе на Неве, где И.П. Павлов жил и творил более 60 лет, памятника великому ученому не было.

Только в 2004 г. усилиями творческого коллектива во главе с академиками А.Д. Ноздрачевым (С.-Петербург) и М.А. Пальцевым (Москва) к 100-летию юбилею присуждения И.П. Павлову первой Нобелевской премии России, в исторической части Васильевского острова около Института физиологии был установлен монументальный памятник И.П. Павлову (скульпторы А.Г. Дёма, В.Ф. Онежко, архитектор И.Д. Билибин). Торжественное открытие памятника состоялось 24 ноября 2004 г. Под звуки гимна Великому городу покрывало с памятника было снято и перед собравшимися предстал И.П. Павлов – не седым старцем, каким привыкли его видеть на известных портретах М.В. Нестерова, а в период расцвета его творческого дарования, когда и была присуждена ему Нобелевская премия. На лицевой стороне гранитного пьедестала размещены бронзовый лавровый венок с орлом, дата «1904» и надпись «Первому нобелевскому лауреату России Ивану Петровичу Павлову». На тыльной стороне пьедестала выбиты слова Павлова «Наука... составляет первенствующую силу в человеческой жизни». Церемония открытия памятника завершилась торжественным маршем почетного караула Ленинградского гарнизона.

**«ДОЛГОЛЕТИЕ ПО ПАВЛОВУ». ПРОГРАММА ИНСТИТУТА  
ФИЗИОЛОГИИ ИМ. И. П. ПАВЛОВА РАН В РАМКАХ ФЕСТИВАЛЯ  
«НАУКА НА СТРЕЛКЕ», ИЮНЬ — ОКТЯБРЬ 2024**

**Актуганова И.И., Семенова В.В., Кудряшов А.В.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
iaktuganova@infran.ru*

Иван Петрович Павлов, всемирно известный ученый, до глубокой старости сохранивший жизненную энергию и бодрость духа, утверждал, что залогом его здоровья и долголетия является привычка к активной физической и интеллектуальной жизни. Несомненно, физический труд на свежем воздухе и умственные нагрузки делают жизнь более энергичной и здоровой, но это не главное.

Главное все-таки — это понять как устроено старение, каковы его механизмы, почему мы стареем, и возможно ли сегодня как-то влиять на этот процесс. Как ученые изучают старение и какие выводы они делают, в связи с этим была посвящена программа Института физиологии имени И. П. Павлова «Долголетие по Павлову».

С июня по октябрь было организовано 6 встреч с учеными, философами, биохакерами, футурологами, программистами, инженерами, которые рассказывали широкой публике о своих исследованиях в области старения организмов, о том какие они проводят эксперименты и что выясняют в процессе. Также обсуждались актуальные сегодня теории старения, гипотезы остановки или даже отката старения, были проведены дебаты и диспуты, посвященные возможности радикального продления жизни. В фойе института с октября работает выставка «Дорожная карта бессмертия», а также издан гид по долголетию.

Источник финансирования: Программа проходила в рамках проекта Фестиваль «Наука на Стрелке», поддержанного грантом Минобрнауки России в рамках федерального проекта «Популяризация науки и технологий»

**СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ»**

# ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ФОНЕ 7-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Жедяев Р.Ю.<sup>1</sup>, Виноградова О.Л.<sup>1</sup>, Боровик А.С.<sup>1</sup>, Попов Д.В.<sup>1</sup>,  
Тарасова О.С.<sup>1,2</sup>, Томиловская Е.С.<sup>1</sup>

1 - ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва,  
Россия

2 - МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия  
zhedyayev-r@mail.ru

**Введение.** Электростимуляция скелетных мышц (ЭМС) является одним из вспомогательных методов профилактики снижения работоспособности мышц космонавтов, применяемым в длительных космических полётах. Однако её влияние на сердечно-сосудистую систему (ССС) в условиях гравитационной разгрузки, моделью которой является «сухая» иммерсия (СИ), изучено недостаточно.

**Цель исследования.** Оценить влияние низкоинтенсивной ЭМС при 7-суточной «сухой» иммерсии на ортостатическую реакцию ССС и работоспособность стимулируемых мышц нижних конечностей.

**Материалы и методы.** Двадцать практически здоровых мужчин находились 7 дней в условиях СИ. Половина добровольцев выполняла ежедневные тренировки с ЭМС передней и задней поверхности голени и бедра (группа СИ+ЭМС); другая половина не подвергалась профилактическим воздействиям (группа СИ). До и после СИ проводили оценку максимальной произвольной силы (МПС) и аэробной работоспособности стимулируемых мышц, а также пассивную ортопробу. Регистрировали непрерывно ЭКГ, АД, рассчитывали ударный объем (УО). Оценивали изменения ЧСС, среднего за кардиоцикл АД и УО, а также чувствительности кардиального барорефлекса (ЧБР) при вертикализации тела.

**Результаты и обсуждение.** В СИ+ЭМС стимуляция предотвратила падение МПС и аэробной работоспособности мышц-разгибателей в коленном суставе, однако увеличила падение работоспособности мышц-сгибателей в голеностопном суставе. В горизонтальном положении после СИ в двух группах наблюдали сходное увеличение ЧСС и АД, а также снижение УО. Изменение реакций УО и АД на ортопробу после СИ было сходным в двух группах, но реакция ЧСС в СИ+ЭМС изменялась слабее, чем в СИ. Значимое снижение ЧБР при ортостазе обнаружили в СИ, но не в СИ+ЭМС.

**Закключение.** ЭМС обладает как локальным влиянием – изменяет работоспособность стимулируемых мышц, так и системным – ослабляет вызванное СИ повышение ЧСС и снижение ЧБР при ортопробе.

**Источник финансирования.** При поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-298 от 18.04.2022 г.

# ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ ЙОГИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ НА ИНТРАКРАНИАЛЬНЫЙ АРТЕРИАЛЬНЫЙ КРОВОТОК

**Фролов А.В.<sup>1</sup>, Ермолаева С.А.<sup>1</sup>, Дидур М.Д.<sup>2</sup>**

1 - ООО «Санкт-Петербургский институт восточных методов реабилитации», Санкт-Петербург, Россия

2 - ФГБУ «Институт мозга человека имени Н.П. Бехтерева РАН», Санкт-Петербург, Россия  
polyclinic@list.ru

**Введение.** Дыхательные упражнения йоги с произвольными изменениями параметров вентиляции легких потенциально способны оказывать воздействие на мозговое кровообращение за счет изменений содержания  $\text{CO}_2$  в артериальной крови. **Цель.** Оценка влияния дыхательных упражнений йоги на параметры кровотока в средней мозговой артерии (СМА).

**Методы.** В исследовании приняли участие 21 человек, способные выполнять упражнения с частотой дыхания (ЧД) 3-3,5/мин и 1-1,5/мин. Средний возраст участников составил  $39,5 \pm 8,7$  лет. В течение 5 минут участники выполняли свободное дыхание (этап 1), дыхание с ЧД=3-3,5/мин (этап 2), и с ЧД=1-1,5/мин (этап 3). На 2 и 3 этапах выполнялась техника “полное дыхание” с максимально глубоким вдохом и выдохом. Выполнялся спирогазоанализ с регистрацией ЧД, ДО, МОД,  $\text{PetCO}_2$  и  $\text{FeO}_2$ . В правой СМА методом транскраниального дуплекса регистрировались параметры кровотока  $V_{ps}$  и  $V_d$  (см/сек), TAMAX, RI. Рассчитывался индекс вариации скорости (ИВС).

**Результаты.** По сравнению с 1 этапом 2 этап (ЧД=3-3,5/мин) сопровождался увеличением МОД,  $\text{FeO}_2$  и RI, снижением  $\text{PetCO}_2$ ,  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , TAMAX; ИВС незначимо уменьшался. 3 этап (ЧД=1-1,5/мин) по сравнению 1 этапом сопровождался увеличением  $\text{PetCO}_2$ ,  $V_{ps}$ ,  $V_d$ , TAMAX, ИВС, уменьшением МОД,  $\text{FeO}_2$  и RI.

**Выводы.** Дыхательные упражнения йоги с ЧД=3-3,5/мин и 1-1,5/мин сопровождаются разнонаправленными сдвигами параметров вентиляции и газообмена, а также изменениями параметров кровотока в СМА (уменьшение скорости при гипервентиляции и увеличение при гиповентиляции). ИВС, отражающий колебания скорости кровотока, возрастает при снижении МОД, что может быть связано с вазодилатационным эффектом гиперкапнии.

# СОКРАТИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ БРЫЖЕЕЧНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРЫС ПРИ ОЖИРЕНИИ

Лобов Г.И.

*Институт Физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
lobovgi@infran.ru*

**Введение.** За последние 50 лет распространенность ожирения во всем мире приобрела характер пандемии. В литературе данных о влиянии ожирения на лимфатические сосуды и узлы практически нет.

**Цель работы** – исследовать параметры и механизмы нарушения сократительной функции брыжеечных лимфатических узлов крыс при ожирении, вызванном диетой с высоким содержанием жира.

**Материал и методы.** Исследование проведено на 50 самцах крыс линии Sprague-Dawley. Крысы в возрасте 6 недель были разделены на группы: контрольная (10 крыс), получавшая стандартный корм, и группа крыс (40 животных), получавших на протяжении 16 недель корм с высоким содержанием жира – 60% (HFD). В конце эксперимента у крыс под анестезией забирали брыжеечные лимфатические узлы (ЛУ) и исследовали в миографе их сократительную функцию с применением 1400W, династата и темпола.

**Результаты.** ЛУ крыс контрольной группы имели высокий уровень тонуса и генерировали высокоамплитудные фазные сокращения. В ЛУ крыс HFD был выявлен низкий исходный тонус и редкие низкоамплитудные фазные сокращения. Ингибирование iNOS приводило к значительному увеличению тонуса, амплитуды и частоты фазных сокращений ЛУ крыс HFD, и не оказывало влияния на ЛУ крыс контрольной группы. Ингибирование циклооксигеназы 2 стимулировало сократительную функцию ЛУ крыс HFD. Темпол значительно повышал тонус ЛУ, увеличивал амплитуду и частоту фазных сокращений ЛУ крыс HFD.

## **Заключение**

1. Диета с высоким содержанием жира приводит к ожирению, что сопровождается нарушением сократительной функции ЛУ крыс и может создавать дополнительные препятствия на пути движения лимфы, способствуя ее просачиванию в окружающие ткани.
2. Ожирение сопровождается развитием воспаления в ЛУ и перинодальной жировой ткани, что индуцирует экспрессию индуцельной NO-синтазы, циклооксигеназы-2 и накопление активных форм кислорода.
3. NO, простагландины и АФК оказывают ингибирующее действие на ГМК капсулы ЛУ, приводя к снижению тонического напряжения и ослаблению спонтанных фазных сокращений.
4. Причиной ингибирования сократительной функции ЛУ является ожирение, но не потребление пищи с высоким содержанием жира.
5. Перевод крыс HFD на диету с ограничением калорийности приводит к снижению массы тела и массы висцерального жира и улучшению сократительной функции ЛУ, по крайней мере, частично.

## РОЛЬ РЕЦЕПТОРА СЛАДКОГО ВКУСА T1R3 В РЕГУЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА

**Муровец В.О., Созонтов Е.А., Лукина Е.А., Хропычева Р.П., Золотарев В.А.**

*Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
murovetsvo@infran.ru*

Современные данные обосновывают положение, что мембранный рецептор сладкого T1R3 является важным интегратором потребления углеводов и их метаболизма, который дополняет основной механизм метаболической детекции, связанный с активностью глюкокиназы и АТФ-чувствительных K<sup>+</sup> каналов. Ранее в лаборатории физиологии пищеварения ИФ РАН впервые *in vivo* было показано ослабление толерантности к глюкозе, увеличение резистентности к инсулину, массы жировой ткани, и триглицеридемии, вызванное делецией гена *Tas1r3* [Murovets et al. 2015. PLoS One. V.10: e0130997]. Также впервые было выявлено влияние полиморфизма *Tas1r3* на углеводный обмен [Murovets et al. 2020. PLoS One 15(7): e0235913]. Вместе с тем, до сих пор неясно, могут ли T1R3-зависимые эндокринные механизмы оказывать влияние на энергетический обмен на уровне организма, что определено задачи нашей работы.

**Материалы и методы.** Объектом исследования были мыши инбредных линий: C57BL/6J – носители доминантной аллели гена *Tas1r3*, и *Tas1r3*-ген-нокаутная линия C57BL/6J-*Tas1r3*tm1Rfm. С помощью комплексной системы Promethion Core (Sable Systems, Germany) проводилась непрямая калориметрическая оценка энергозатрат. Методом рвПЦР оценивалась экспрессия регуляторных нейропептидов и рецепторов гормонов в гипоталамусе.

**Результаты и обсуждение.** Полученные приоритетные данные свидетельствуют, что T1R3, в нормальных условиях, на стандартной низкокалорийной диете способствует росту утилизации углеводов и общего расхода энергии. В гипоталамусе это сопровождается повышением синтеза AGRP, окситоцина и рецепторов к лептину на фоне понижения синтеза проопимеланокортина. При голодании T1R3 способствует усилению липолиза, что позволяет компенсировать недостаток глюкозы и поддерживать более высокий уровень расхода энергии. В гипоталамусе при голодании T1R3 способствует увеличению синтеза AGRP и NPY – ключевых орексигенных нейротрансмиттеров нейронов аркуатного ядра.

**Источник финансирования.** Государственная программа РФ 47 ГП (2019-2030), Тема № FMUG-2019-0001 раздел 64.1.

# ИЗМЕНЕНИЯ В НЕЙРОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ БАЗОЛАТЕРАЛЬНОЙ АМИГДАЛЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ ПОСТВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ И ПОСТСТРЕССОРНОЙ КИШЕЧНЫХ ГИПЕРАЛГЕЗИЙ

Любашина О.А., Сиваченко И.Б.

*ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

*lyubashinaoa@infran.ru*

**Введение.** Современные исследования свидетельствуют о вовлечении миндалевидного комплекса мозга (амигдалы) в развитие кишечной гипералгезии как воспалительного, так и стрессорного генеза. Оба состояния ассоциированы с молекулярными и нейрохимическими перестройками в этой структуре, которые гипотетически могут приводить к изменениям в механизмах контроля ею висцеральной болевой чувствительности. Однако происходящие при этом в амигдале нейрональные перестройки и их специфика при поствоспалительной или постстрессорной гипералгезии до сих пор остаются неясными.

**Цель исследования.** Сравнительная оценка изменений в функциональных свойствах реактивных к висцеральной боли нейронов базолатеральной амигдалы, которые возникают после перенесенного кишечного воспаления или стресса.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на трех группах самцов крыс Вистар: 1) контрольных, 2) перенесших экспериментальный колит и 3) подвергнутых длительному эмоционально-болевого стрессу по схеме К.Гехта. Во всех группах под общей анестезией осуществляли микроэлектродную регистрацию фоновой импульсной активности амигдаларных нейронов и их реакций на болевое колоректальное растяжение (КРР) до и после электростимуляции инфраламбической коры.

**Результаты.** Крысы постколитной и постстрессорной групп при поведенческом тестировании проявляли признаки кишечной гипералгезии. У постколитных животных она сопровождалась сниженной, а у стрессированных – повышенной по сравнению с контролем фоновой активностью КРР-реактивных нейронов амигдалы. При этом в обеих группах было отмечено усиление возбуждающих влияний на такие нейроны инфраламбической коры, особенно выраженное после стресса.

**Заключение.** Постколитная и постстрессорная кишечные гипералгезии ассоциированы с различными перестройками в функциональных свойствах ноцицептивных нейронов базолатеральной амигдалы, которые могут приводить к присущим каждому из этих состояний нарушениям в амигдаларном контроле сенсорного и эмоционального компонентов висцеральной боли.

# БЛОКАДА ИНФРАЛИМБИЧЕСКОЙ КОРЫ ПОДАВЛЯЕТ АВТОНОМНЫЕ ЭФФЕКТЫ МИКРОЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ КОРЫ

Губаревич Е.А., Рыбакова Г.И.

*Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия  
gubarevichea@infran.ru*

**Введение.** Автономные функции находятся под контролем центральной автономной сети, в состав которой входят две области так называемой «автономной» префронтальной коры - инфралимбическая (IL) и инсулярная (INS). Предыдущими исследованиями установлено, что префронтальная латеральная орбитальная область (LO) также может участвовать в контроле функций кровообращения и дыхания.

**Цель исследования.** Экспериментальная проверка гипотезы, согласно которой участие LO в автономном контроле реализуется с участием висцеромоторной IL.

**Материалы и методы.** Острые эксперименты были выполнены на лабораторных крысах Wistar (n=12), анестезированных уретаном (1,6 г/кг). Регистрировали артериальное давление (АД) и пневмотахограмму. В ходе экспериментов стимулировали LO и однократно вводили микрообъем раствора  $CoCl_2$ , неспецифического блокатора синаптической передачи, в IL (ипси- и/или контрлатерально) или в INS (ипсилатерально).

**Результаты и обсуждение.** В контрольных и экспериментальных группах микроэлектростимуляция LO приводила к падению АД и специфическим перестройкам паттерна дыхания. Микроинъекция  $CoCl_2$  в ипсилатеральную IL подавляла оба этих эффекта. Введение физраствора, ингибирование контрлатеральной IL и INS достоверных изменений на стимуляцию не вызвало.

**Заключение.** Полученные результаты подтвердили выдвинутую гипотезу и доказали, что IL действительно опосредует участие LO в контроле автономных функций. Механизмы, реализующие участие полей префронтальной коры в контроле автономных функций требуют дальнейшего исследования.

**Источник финансирования** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411787-0-3.1.8).

## ДЕКСАМЕТАЗОН ВЛИЯЕТ НА МЕХАНИЗМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

Туманова Т.С.<sup>1</sup>, Рыбакова Г.И.<sup>2</sup>

*1 - Российский государственный педагогический университет  
им А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт физиологии им И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
tanudoubutsu@yandex.ru*

**Введение.** Известно, что глюкокортикоидные гормоны (ГКГ) оказывают влияние на состояние висцеральных систем. Хорошо изучены периферические эффекты ГКГ (работа сердца, изменения дыхательного паттерна и др.), при этом гораздо меньшее внимание уделяется влиянию ГКГ на структуры ЦНС, вовлеченные в контроль автономных функций. Между тем, рецепторы к ГКГ присутствуют в коре больших полушарий и тех зонах ствола мозга, где происходит замыкание рефлекторных дуг барорефлекса (БР) – важнейшего механизма поддержания стабильного уровня артериального давления (АД).

**Цель исследования** заключалась в экспериментальной проверке гипотезы, согласно которой экзогенное повышение уровня ГКГ может оказывать влияние на барорефлекторную чувствительность (БРЧ), а также на процесс ее модуляции инсулярной автономной корой (ИНС).

**Материалы и методы.** Синтетический ГКГ дексаметазон (ДМ) вводили в/б крысам линии Вистар (анестетик – уретан). БРЧ тестировали при помощи введения альфа-адреномиметика фенилэфрина, влияющего на гладкую мускулатуру сосудов, повышающего АД и вызывающего рефлекторное снижение частоты сердечных сокращений. Модулирующий эффект ИНС оценивали, тестируя БРЧ на фоне электрической микроstimуляции.

**Результаты и обсуждение.** Стимуляция ИНС вызывала хорошо воспроизводимые эффекты в виде снижения АД. При тестировании БР было обнаружено, что БРЧ на фоне стимуляции ИНС ниже, чем без ее стимуляции. При этом, введение ДМ приводило к усилению БРЧ и устраняло модулирующее влияние ИНС на барорефлекс.

**Заключение.** Выдвинутая гипотеза была подтверждена. Экспериментально доказано, что ГКГ действительно могут оказывать влияние на центральные механизмы, контролирующие активность системы кровообращения.

# ЭФФЕКТЫ ПРОПРАНОЛОЛА, БИСОПРОЛОЛА И МЕТИЛДОФЫ НА ВЕНОЗНУЮ ГЕМОДИНАМИКУ У КРОЛИКОВ ПРИ ПОСТУРАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

**Евлахов В.И.<sup>1,2</sup>, Березина Т.П.<sup>1</sup>, Пасатецкая Н.А.<sup>1,2</sup>**

*1 - Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия*

*viespbu@mail.ru*

**Введение.** В клинической практике для лечения гиперadrenergической формы синдрома постуральной ортостатической тахикардии применяются блокатор  $\beta_{1,2}$ -адренорецепторов пропранолол,  $\beta_1$ -блокатор бисопролол и центральный агонист тормозных пресинаптических  $\alpha_2$ -адренорецепторов - метилдофа. Сведения о влиянии указанных препаратов на кровотоки в полых венах при постуральных воздействиях в литературе отсутствуют.

**Цель исследования.** Изучение изменений кровотоков в полых венах у кроликов при проведении ортостатического и антиортостатического воздействий в условиях применения пропранолола, бисопролола и метилдофы.

**Материалы и методы.** В острых опытах на наркотизированных кроликах изучали изменения кровотоков в краниальной и каудальной полых венах при ортостатическом (угол наклона стола головой вверх на  $25^\circ$ ) и антиортостатическом (угол наклона стола головой вниз на  $-25^\circ$ ) воздействиях в течение 20 с на фоне предварительного внутривенного введения пропранолола, бисопролола и метилдофы.

**Результаты и обсуждение.** До применения указанных препаратов в ответ на ортостаза на 4 и 20 с отмечено снижение кровотоков в краниальной и каудальной полых венах. При антиортостазе на 4 с кровоток в каудальной вене возрастал, а к 20 с снижался до исходного значения; кровоток в краниальной вене на 4 с уменьшался, а к 20 с - был больше исходного. В ответ на применение пропранолола кровоток в каудальной полый вене снижался в большей степени, чем при внутривенном введении бисопролола и метилдофы. После применения метилдофы при ортостазе к 20 с кровоток в краниальной полый вене уменьшался более выражено, чем в каудальной, тогда как на фоне действия пропранолола и бисопролола в условиях ортостаза кровотоки в полых венах снижались примерно в равной степени. При антиортостазе к 20 с на фоне применения пропранолола кровоток в каудальной полый вене возрастал больше чем в краниальной. В условиях применения бисопролола и метилдофы в ответ на антиортостаза кровоток в краниальной полый вене возрастал не только в большей степени, чем в каудальной, но и более выражено по сравнению с его приростом у кроликов исходно.

**Заключение.** При постуральных воздействиях на фоне применения указанных препаратов проявляются различия механизмов перераспределений кровотоков в бассейнах краниальной и каудальной полых вен.

# СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ $\text{Eu}^{3+}$ НА СПОНТАННЫЕ СЕРДЕЧНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

Соболь К.В.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
peer9@yandex.ru*

**Введение.** Негативные кумулятивные эффекты влияния лантаноидов на организм человека хорошо известны, они связаны, преимущественно, с токсическим воздействием редкоземельных металлов (РЗЭ) на мышечную ткань. Однако эффекты низких концентраций этих металлов на мышцы изучены значительно хуже.

**Целью настоящего исследования** было изучение стимулирующего влияния низких концентраций европия ( $\text{Eu}^{3+}$ ) на сокращение препаратов предсердий сердечной мышцы, как в норме, так и в присутствии ингибитора митохондриального дыхания азида натрия ( $\text{NaN}_3$ ).

**Материалы и методы.** Исследование проводилось с использованием мышечных препаратов, полученных из изолированных предсердий сердца лягушки *Rana ridibunda* [1].

**Результаты и обсуждение.** В результате проведенных исследований установлено, что  $\text{Eu}^{3+}$  в концентрации 0.2 мМ, при температуре 20 °С, потенцировал сокращения предсердий лягушки *in situ*, при этом увеличивалась как амплитуда, так и максимальная скорость нарастания силы одиночных спонтанных сокращений. Спонтанные сокращения предсердий становились более устойчивыми к воздействию 1мМ  $\text{NaN}_3$ . При этом  $\text{Eu}^{3+}$  не влиял на дыхание энергизованных митохондрий, (активированное АДФ (состояние 3) или 2,4-динитрофенолом (состояние 3Р<sub>днф</sub>)).

**Заключение.** На основании проведенных исследований был сделан вывод о том, что ионы  $\text{Eu}^{3+}$  при низкой концентрации (0.2 мМ) стимулируют сокращение предсердий, и оказывают положительное инотропное действие. Стимулирующий эффект низкой концентрации  $\text{Eu}^{3+}$  на сердце можно объяснить синергизмом в действии  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Eu}^{3+}$  на кальциевые каналы, стимуляцией  $\text{Ca}^{2+}$ -зависимых процессов в кардиомиоцитах и отсутствием негативного эффекта на дыхание митохондрий.

**Источник финансирования:** Работа выполнена в ИЭФиБ с использованием средств государственного бюджета по госзаданию № 075-00264-24-00.

## РЕФЛЕКТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ КРОВЕНОСНОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КРОВОПОТЕРИ

Крючкова О.А.<sup>1,2</sup>, Туманова Т.С.<sup>1,2</sup>

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия*  
*kriuchkovaoa@infran.ru*

Кровопотеря представляет собой экстремальный фактор, который запускает адаптивные и патологические процессы в системах кровообращения и дыхания. Важнейшим рефлекторным механизмом, который стабилизирует системное артериальное давление (АД), является барорефлекс (БР). Инспираторно-тормозящий рефлекс Геринга-Брейера (ИТР) контролирует центральную инспираторную активность. Влияние кровопотери на состояние обоих рефлекторных механизмов малоизучено.

Целью исследования стало изучение влияния кровопотери на состояние БР и ИТР.

Эксперименты выполнены на самцах крыс Wistar весом 250-300 г в условиях общей анестезии (уретан, 1.8 г/кг, в/б). Регистрировали системное АД, электромиограмму диафрагмы (ЭМГди) и пневмотахограмму. Тестировали чувствительность БР посредством внутривенного введения микродоз фенилэфрина и чувствительность ИТР методом функциональной ваготомии. Отбор крови производили из бедренной артерии в количестве 15 - 30% объема циркулирующей крови (ОЦК), что соответствовало второй степени кровопотери. В опытах контрольной серии (n = 8) АД, ЭМГди и минутный объем дыхания (МОД), а также чувствительность БР и сила ИТР были стабильны. В экспериментальной серии (n = 9) после кровопотери происходило понижение АД, увеличение МОД, снижение чувствительности БР при неизменной силе ИТР. Таким образом, было экспериментально установлено, что снижение ОЦК вследствие кровопотери приводит не только к падению среднего АД, но и ослабляет БР. Полученные результаты указывают на то, что рефлекторные механизмы систем кровообращения и дыхания по-разному реагируют на кровопотерю. Можно предположить, что полученный результат связан с нарушением кровообращения и последующим изменением активности структур, которые участвуют в контроле автономных функций.

## EFFECTS OF SINGLE DOSE OF COFFEE ON RESPIRATORY RHYTHM AFTER HYPERVENTILATION OF THE LUNG

**Pawar T.M., Silantyeva D.I., Lifanova A.S.**

*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

*tanayapawar1393@gmail.com*

**Introduction.** Caffeine has several effects, such as an analgesic, anorexiant, diuretic, and stimulant of the central nervous system. Caffeine exposure has been proposed to reduce the activity of the oxygen sensing in peripheral chemoreceptor pathways and to affect the breath rate by increasing the activity of respiratory neurons in the medulla.

**The aim of research.** To evaluate the effect of combined action of a single caffeine intake and lung hyperventilation on breathing pattern, length of breathing, and amplitude of chest motions.

**Materials and Methods.** A group of 7 healthy individuals participated in experiments, prior to conducting the experiment, they were informed of the safety conditions and rules and their consent was obtained. Respiratory parameters were recorded before coffee consumption, after coffee consumption (200 mg of caffeine in one dose) and after combined effects of hyperventilation (duration 3 min) and coffee consumption by using the pneumograph.

**Results.** It was found that the duration of whole respiratory cycle had tendency to decrease after combined action of hyperventilation and coffee consumption, however significant decrease of time was observed only in duration of inspiration: from  $2,2 \pm 0,2$  s in normal condition to  $1,7 \pm 0,1$  s after hyperventilation and coffee intake ( $P < 0,05$ ), the duration of expiration did not change. The breath rate after combined action of hyperventilation and coffee consumption was increased from  $16,7 \pm 1,1$  BPM in normal condition up to  $21,8 \pm 2,6$  BPM after hyperventilation and coffee. The amplitude of chest motions has tendency to increase after combined action of hyperventilation and coffee consumption.

**Conclusion.** Our results suggested that combined action of hyperventilation and coffee consumption decrease the length of breath pattern by shortening of inspiration time but at the same time the amplitude of chest motion was increased as a compensatory mechanism of providing the sufficient oxygen supply.

## ТОРМОЗНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МИКРОСТИМУЛЯЦИИ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ПРЕФРОНТАЛЬНОЙ КОРЫ

**Рыбакова Г.И., Губаревич Е.А.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
girybakova@yandex.ru*

**Введение.** Поля префронтальной коры (PFC) входят в состав центральной автономной сети, осуществляющей контроль автономных функций, в том числе функции дыхания. Установлено, что эти поля связаны между собой, но закономерности их взаимодействия в процессе контроля автономных функции неизвестны.

**Цель исследования.** Проверка гипотезы о возможном тормозном влиянии латеральной PFC на поля, расположенные на медиальной и орбитальной поверхностях больших полушарий.

**Материалы и методы.** Электрической микроstimуляции подвергали три области PFC анестезированных (уретан, 1600 мг/кг) крыс (самцы Вистар, n=12): латеральную (insular, IC), медиальную (infralimbic, IL) и орбитальную (lateral orbital, LO). Применяли продолжительные (5-15 с) серии прямоугольных импульсов тока отрицательной полярности (1 мс, 150-200 мкА, 50 имп/с). Регистрировали пневмотахограмму, рассчитывали объёмно-временные параметры дыхания.

**Результаты.** Микроstimуляция каждой из исследованных областей PFC вызывала специфические перестройки паттерна дыхания, которые проявлялись в изменениях длительности дыхательного цикла, дыхательного объёма и, соответственно, потоков на вдохе и выдохе. Реакция системы внешнего дыхания на стимуляцию IC описывается как тормозная, реакции на стимуляцию IL и LO как возбуждающие. Развитие реакций IL и LO прерывалось с началом стимуляции IC и возобновлялось после её прекращения. Стимуляция IL или LO не прерывала развитие реакции на стимуляцию IC.

**Заключение.** Результаты экспериментов подтвердили выдвинутую гипотезу и доказали возможность тормозного взаимодействия IC с другими областями PFC, участвующими в контроле функции дыхания.

**Источник финансирования** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411787-0-3.1.8).

# ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ РЕАКЦИИ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ В МОДЕЛИ КОМБИНИРОВАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сиваченко И.Б., Любашина О.А.

*Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
avans\_d@mail.ru*

**Введение.** Профессиональные задачи большинства профессий требуют умения объединять различные психические процессы в целостную деятельность, в ходе которой происходит практически одновременное осуществление когнитивных функций и двигательных актов. В комбинированной деятельности прежде всего проявляются интегративные процессы, обеспечивающие вовлечение «модулирующих» возможностей психики. Вместе с тем, свойства моделей, основанных на совмещении умственной и физической компонент нагрузки, в плане их реализации на разных физиологических уровнях, не до конца ясны.

**Цели исследования.** 1. Изучение особенностей реакций висцеральных систем при моделировании комбинированной умственной и физической нагрузки в зависимости от исходного функционального состояния индивида. 2. Оценка результативности выполнения умственных заданий под влиянием физической компоненты и нормирование тест-методики.

**Тест-методика и модель.** Комбинирование физической и умственной компонент достигалось путём одновременного выполнения ходьбы и решения математических примеров. В качестве физической составляющей процедуры предлагалось выполнение 3-х минутной ходьбы высокой интенсивности на беговой дорожке шириной 60 см. Интенсивность шага подбирали индивидуально для каждого участника и контролировали по показателям частоты сердечных сокращений (повышение ЧСС на 20% от исходного значения в положении стоя) и индекса напряжения Баевского (нагрудный беспроводной кардиодатчик, ООО НМФ «Нейротех», Россия). Умственная компонента комбинированной процедуры состояла в решении математических примеров (всего 15 шт.) со ступенчатым возрастанием уровней сложности. Все участники исследования (83 чел.) выполняли задание счёта примеров в положении стоя до начала движения на беговой дорожке, затем в условиях ходьбы, начиная с 3-ей минуты интенсивного шага.

**Результаты.** В результате проведенного исследования отмечены разнонаправленные, в зависимости от исходного функционального состояния, реакции висцеральных функций на выполнение процедуры комбинированной деятельности, что предположительно может быть связано с активным перераспределением физиологических ресурсов. Показан достоверный эффект улучшения результативности выполнения когнитивных заданий в условиях физической деятельности.

**Заключение.** Полученные сведения о скорости и точности решения примеров в предложенной модели комбинированной деятельности позволили разработать и представить таблицы дифференцированных норм (включая группы различного функционального состояния), для дальнейшего использования теста в исследовательской и диагностической практике.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8) с использованием материально-технической базы компании ООО «Таулаб».

# ЭФФЕКТЫ КИШЕЧНОГО ВОСПАЛЕНИЯ НА НОЦИЦЕПТИВНУЮ АКТИВАЦИЮ СЕРТОНИНЕРГИЧЕСКИХ И НЕСЕРТОНИНОВЫХ НЕЙРОНОВ В ЯДРАХ ШВА

Сушкевич Б.М., Любашина О.А.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
bob-jn@mail.ru*

**Введение.** Важнейшие болевые центры головного мозга – большое (БЯШ) и дорсальное (ДЯШ) ядра шва – нейрхимически гетерогенные структуры. Серотониновые нейроны составляют лишь часть их клеток, активирующихся при разных болевых воздействиях. Большинство ноцицептивных нейронов этих ядер синтезируют другие нейромедиаторы. Установлено, что кишечное воспаление сопровождается нейропластическими перестройками в БЯШ и ДЯШ, которые могут способствовать их вовлечению в патогенез поствоспалительных болевых синдромов. Однако остается неясным, как при этом изменяется вклад серотонинергических и несеротониновых механизмов в ноцицептивный процессинг в пределах этих структур.

**Цель исследования.** Определение индуцируемых колитом изменений в соотношении серотонин-синтезирующих (5НТ) и несеротониновых клеток в БЯШ и ДЯШ, активируемых висцеральными и соматическими болевыми сигналами.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на анестезированных самцах крыс Вистар. Здоровых животных и крыс с экспериментальным колитом подвергали болевому растяжению кишки или сдавливанию хвоста. Животные обеих групп без стимуляции служили контролем. Ткань мозга транскардиально перфузированных животных обрабатывали иммуногистохимически для выявления c-fos- и c-fos/5НТ-позитивных клеток.

**Результаты.** У здоровых животных в БЯШ и ДЯШ активация серотониновых нейронов (около 30% от общего числа c-fos-позитивных) была отмечена только после сдавливания хвоста. Реагирующие на кишечную стимуляцию клетки обоих ядер были 5НТ-негативными. При колите несеротониновые нейроны в БЯШ сохраняли реактивность к висцеральной и соматической боли, но утрачивали её в ДЯШ. При этом в ДЯШ при сдавливании хвоста по-прежнему наблюдалась активация 5НТ-позитивных клеток.

**Заключение.** Кишечное воспаление вызывает нарушение серотонинергической ноцицептивной трансмиссии в БЯШ и приводит к дефициту серотонин-независимых процессов обработки болевых сигналов в ДЯШ.

**Источник финансирования:** Грант РФФ № 23-25-00151 <https://rscf.ru/project/23-25-00151/>

## **БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА ЭПИТЕЛИЯ КИШКИ КРЫСЫ ЧЕРЕЗ ЧЕТЫРЕ МЕСЯЦА ПОСЛЕ НЕФРЭКТОМИИ**

**Калашников Е.А.<sup>1</sup>, Фёдорова А.А.<sup>2</sup>, Марков А.Г.<sup>1,2</sup>**

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

2 - *ФГОУ высшего образования «Санкт-Петербургский государственный  
университет», Санкт-Петербург, Россия  
egor.kalaschnikov@yandex.ru*

Изменение функций внутренних органов при интоксикации остаётся востребованной темой научных исследований. Интерес в данной области представляет изменение функций желудочно-кишечного тракта при увеличении в плазме крови уремических токсинов (УТ). Особое внимание привлекает изменение барьерных свойств кишки, в частности, изучение межклеточной проницаемости. Наибольший интерес представляют определение уровня белков плотных контактов (ПК), которые являются молекулярной основой селективного межклеточного транспорта.

Целью данной работы являлось определение уровня УТ, изучение барьерных свойств эпителия кишки, а также определение уровня белков ПК через четыре месяца после нефрэктомии.

Работа выполнена на самцах крыс Вистар 180-200 г. Для повышения УТ использовали модель 5% нефрэктомии с передержкой в четыре месяца. Для валидации модели определяли электролиты и УТ в крови. Образцы тощей и толстой кишки монтировали в камеру Уссинга и определяли трансэпителиальное сопротивление (ТЭС), отражающее барьерные свойства тканей, и ток «короткого замыкания» ( $I_{кз}$ ), характеризующий интенсивность активного транспорта, а также парацеллюлярную проницаемость. Кроме того, определяли уровень белков плотных контактов (клаудин-1, -2, окклюдин) методом вестерн-блот.

Через четыре месяца после операции показано повышение электролитов, а также УТ триметиламида ( $p < 0,05$ ) и триметиламиноксида ( $p < 0,05$ ) в крови. В эпителии кишки зафиксировали повышение парацеллюлярной проницаемости тощей ( $p < 0,01$ ) и толстой ( $p < 0,05$ ) кишки, но не наблюдали достоверных изменений величины ТЭС и  $I_{кз}$ . Анализ уровня белков ПК показал снижение определяющего парацеллюлярную проницаемость для макромолекул окклюдина в тощей кишке, и увеличение содержания содержащего снижающего проницаемость для ионов клаудина-1. Изменения уровня клаудина-2 не происходило.

Таким образом, через четыре месяца после нефрэктомии обнаружено повышение проницаемости тощей и толстой кишки, вероятно, связанное с изменениями в белковом составе ПК.

# СДЕРЖИВАНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА UCP1 С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛЯРНЫХ ХОЛОДОВЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ

**Якуненков А.В., Елсукова Е.И.**

*Красноярский государственный педагогический университет  
им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия  
avy0905@yandex.ru*

**Введение.** Белок UCP1 – ключевое звено термогенного механизма бурых и бежевых адипоцитов. Снижение экспрессии белка UCP1 рассматривается как одно из ранних событий в развитии возрастных нарушений метаболизма в жировых тканях (ЖТ) и организме в целом.

**Цель исследования.** Оценить влияние регулярных холодовых экспозиций на экспрессию белка UCP1 в ЖТ у самцов аутбредных мышей ICR.

**Материалы и методы.** Контрольная группа мышей постоянно содержалась при  $23\pm 2$  °С. Мыши опытной группы, начиная с 1,5-мес возраста, проводили по 6 ч в камере с 6°С 5 дней в нед; корм предоставлялся в количестве, потребляемом контрольной группой. Продолжительность эксперимента – 16 нед. Экспрессию белка UCP1 в межлопаточной бурой жировой ткани (МБЖТ), в паховой (ПЖТ) и окологонадной (ГЖТ) белых жировых тканях мышей оценивали с помощью вестерн-блоттинга [1]. Также определяли скорость потребления  $O_2$  эксплантами ЖТ (нмоль/мин/мг) с помощью потенциометрического датчика, содержание общего белка (мкг/мг) в ЖТ методом Лоури, содержание триглицеридов и глюкозы в крови.

**Результаты и обсуждение.** В опытной группе белок UCP1 присутствовал во всех пробах ПЖТ и в 40 % проб ГЖТ, в контрольной группе слабый сигнал UCP1 определен только в 40% проб ПЖТ. В МБЖТ сигнал UCP1 не различался между группами. Более интенсивная экспрессия белка UCP1 у опытных мышей сочеталась с повышенным содержанием общего белка в ПЖТ (критерий Уэлча,  $p < 0.01$ ) и скоростью дыхания в ПЖТ и МБЖТ (U-критерий,  $p \leq 0.05$ ). Значимые различия между показателями углеводного и липидного обменов, массой тела, ПЖТ и ГЖТ не выявлены.

**Заключение.** Длительный курс регулярных холодовых воздействий предотвращает угнетение экспрессии белка UCP1 и снижение энергообмена в ПЖТ половозрелых мышей. Возможная связь экспрессии UCP1 в термогенных ЖТ с системным метаболизмом требует дальнейшего изучения.

## Список литературы

1. Yakunenkov A. V., Elsukova E. I., Natochy I. O. Age-Related Expression Dynamics of Uncoupling Protein 1 in Adipose Tissues of ICR Outbred Mice during Postnatal Ontogenesis //J. Evol. Biochem. Physiol. 2023. V. 59. P. 1020-1026.

## ВКУСОВОЕ ВОСПРИЯТИЕ СЛАДКОГО У МЫШЕЙ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ГИПЕРГЛИКЕМИЕЙ

Лукина Е.А., Муровец В.О.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
lukinaea@infran.ru*

Считается, что гипергликемия и сахарный диабет 2-го типа (Д2Т) негативно влияют на вкусовое восприятие сладкого, однако доказательная база этого находится в процессе накопления. Мыши линии Kasukabe – КК.Cg-a/J (КК) и выведенные на ее основе КК.Cg-Ay/J (Агути), несущие доминантную аллель гена Агути желтый леталь, хотя и являются распространенными моделями наследственного ожирения и Д2Т, совершенно недостаточно охарактеризованы по вкусовому восприятию сладкого.

**Задачей работы** было охарактеризовать данные линии по поведенческому предпочтению сладкого, и сопоставить их с хорошо охарактеризованной линией C57BL6/J (B6), которая имеет ту же аллель гена T1R3 субъединицы вкусового рецептора.

**Методы** В 48-ч двухбутылочном тесте (2БТ) и тесте краткого доступа (ТКД) в густометре оценивали вкусовое предпочтение 1–16% сахарозы и ряда некалорийных сахарозаменителей.

**Результаты и обсуждение** 2БТ с сахарозой показал, что мыши КК в сравнении с B6 потребляют больше 8 и 16% сахарозы, и меньше воды, при этом предпочтение 1 и 2% сахарозы было ниже. В тестах с сахариним КК не отличались от B6. Агути потребляли сахарозу и сахарин существенно выше, чем КК во всем диапазоне концентраций. Потребление воды было выше в тестах с 1 и 16% сахарозой и 0.2–6 мМ сахариним. Уровень предпочтения сахарозы у Агути был выше для 2% и ниже для 16%.

В ТКД линия КК показала схожую с B6 динамику потребления сахарозы, 0.2–60 мМ сахараина и 0.3-10 мМ сукралозы. Мутация Ay у КК нарушала выделение предпочитаемой концентрации сахарозы, сахараина и сукралозы, однако рост потребления с повышением концентрации сахарозы и сукралозы сохранялись. Модификация ТКД введением 24-ч пищевой депривации показала наличие влияния уровня базальной глюкозы крови на потребление низких концентраций сахарозы у Агути.

**Заключение** Полученные данные подтверждают предположение, что мыши линии КК по вкусовому восприятию сладкого в целом соответствуют линии B6. Мутация Агути леталь нарушает вкусовую чувствительность к сладкому как за счет прямого негативного влияния повышенной глюкозы крови на чувствительность вкусовых клеток, так и за счет усиления жажды.

**Финансирование:** Государственная программа РФ 47 ГП (2019-2030), Тема № FMUG-2019-0001 раздел 64.1

# ВЛИЯНИЕ БЛОКАДЫ РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН-АЛЬДОСТЕРОНОВОЙ СИСТЕМЫ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ КРЫС С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ ПОЧЕК

Иванова Г.Т.

*ФБГУН Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ivanovagt@infran.ru*

**Введение.** При дисфункции почек наблюдается гиперактивация ренин-ангиотензин-альдостероновой системы (РААС), при этом блокада РААС рассматривается как один из методов нефропротекции.

**Цель исследования** - оценить влияние ингибитора ангиотензинпревращающего фермента (ИАПФ), блокатора рецепторов ангиотензина 1-го типа (БРА), селективного блокатора медленных кальциевых каналов (БКК) на функциональное состояние микрососудов кожи крыс с нефрэктомией (НЭ), получавших высокосолевую диету (ВСД).

**Материалы и методы.** Исследовали 5 групп крыс Wistar. ЛО-группу составили ложнооперированные животные (ЛО), получавшие стандартный рацион, HS+NE-группу — крысы, подвергнутые  $\frac{3}{4}$  НЭ, получавшие ВСД (4 % NaCl). HS+NE+Leg-, HS+NE+Lis-, HS+NE+Los-группы — животные, подвергнутые  $\frac{3}{4}$  НЭ, получавшие ВСД и БКК лерканидипин (Leg, 3 мг/кг), ИАПФ лизиноприл (Lis, 30 мг/кг) или БРА лозартан (Los, 10 мг/кг) соответственно. Через 4 месяца после НЭ проводили исследование кожного кровотока методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ)

**Результаты.** У крыс HS+NE-группы уремия сопровождается ростом АД (на 16,9 % по сравнению с SO-группой). Применение ИАПФ и БРА у крыс с НЭ и ВСД препятствует подъему АД, а БКК — не снижает АД. ЛДФ-исследование показало, что повышенная интенсивность исходной перфузии кожи у крыс HS+NE-группы ( $7,2 \pm 0,3$  по сравнению с  $6,5 \pm 0,2$  перф.ед. у SO-группы) не корректируется БКК ( $6,9 \pm 0,3$  перф.ед.), но снижается применением ИАПФ ( $6,4 \pm 0,2$  перф.ед.) и БРА ( $6,1 \pm 0,2$  перф.ед.). Вейвлет-анализ колебаний показателя микроциркуляции показал, что характерное для дисфункции почек повышение тонических влияний на сосуды в эндотелиальном, нейрогенном и миогенном контурах регуляции снижается при применении всех исследованных препаратов. Блокада РААС у крыс с  $\frac{3}{4}$  НЭ и ВСД не препятствует снижению реактивности микрососудов кожи на ацетилхолин (АХ), а применение БКК восстанавливает реакцию кожного кровотока на АХ до контрольного уровня.

**Заключение.** У крыс Wistar НЭ в сочетании с ВСД приводит к росту АД, повышению тонических влияний на микрососуды кожи, а также снижению реактивности кожного кровотока на АХ. Ингибирование РААС применением ИАПФ и БРА препятствует росту АД, но не улучшает реактивность микрососудов кожи. Применение БКК у крыс с НЭ и ВСД не снижает АД, но улучшает реактивность на АХ сосудов микроциркуляторного русла кожи.

**Источник финансирования** Работа выполнена при поддержке Госпрограммы 47 ГП «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (2019-2030), тема 0134-2019-0003.

## АЗОАКТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ СЕРОВОДОРОДА ПРИ МЕТАБОЛИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ

**Панькова М.Н.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
pankova\_mn@infran.ru*

**Введение.** Сероводород ( $H_2S$ ) способен оказывать протективное влияние на сосудистую стенку, предотвращая развитие гипертензии и атеросклероза в ряде патологических состояний путем модуляции сосудистого тонуса, усиливая вазорелаксационные процессы. Метаболический синдром (МС) характеризуется повышением артериального давления, что обусловлено нарушением баланса между процессом вазодилатации и вазоконстрикции в сторону преобладания последнего.

**Цель исследования.** Изучение роли  $H_2S$  в регуляции сократительной активности аорты в норме и при моделировании МС с использованием диеты кафетерия (CAF).

**Материалы и методы.** При моделировании МС были использованы половозрелые самцы крыс Wistar, которые находились на диете в течение 7 недель. Реактивность сегментов грудной части аорты интактными эндотелием и периваскулярной жировой тканью оценивали с помощью миографии. Статистическая обработка данных проведена с использованием программы GraphPad Prism8.

**Результаты и обсуждение.** Содержание животных на CAF диете приводило к избыточному накоплению висцеральной жировой ткани, нарушениям углеводного и липидного обмена. Сократительная активность аорты при адренорцепторной стимуляции фенилэфрином (PhE) была повышена у животных CAF по сравнению с контролем, однако после инкубации с пропариглицином, ингибитором  $H_2S$ -продуцирующего фермента цистатионин- $\gamma$ -лиазы (CSE), усиление вазоконстрикции было зарегистрировано только у животных контрольной группы. Это свидетельствует о том, что продукция эндогенного  $H_2S$  играет значительную роль в снижении адренергических вазоконстрикторных влияний, которая уменьшается при развитии метаболических нарушений, вызванных диетой. Напротив, чувствительность сосудистых гладких мышц к  $H_2S$  при МС была повышена, что проявлялось в увеличении вазорелаксации, вызываемой введением экзогенного донора  $H_2S$ .

**Заключение.**  $H_2S$  оказывает, преимущественно, релаксационное действие на гладкие мышцы аорты крысы. При развитии МС в результате использования CAF диеты антисократительное действие эндогенного  $H_2S$  снижается вследствие уменьшения его продукции. Однако при этом происходит увеличение величины релаксационных ответов при действии экзогенного  $H_2S$ , что может частично компенсировать снижение вазодилатации, обусловленной дефицитом  $H_2S$  при МС.

**Источник финансирования.** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8).

**СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА»**

**ПРОЦЕССЫ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ В  
СТРУКТУРАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ**  
**Клыс Л.И.<sup>1</sup>, Галкина О.В.<sup>1</sup>, Ветровой О.В.<sup>1,2</sup>, Потапова С.<sup>1,2</sup>, Ещенко Н.Д.<sup>1</sup>**

*1 - Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*st069065@student.spbu.ru*

Процессы свободнорадикального окисления (СРО) и их регуляции в головном мозге привлекают все больше внимания. Мозг чрезвычайно чувствителен к окислительному стрессу, а для развивающегося мозга эти процессы имеют особое значение. В процессе созревания головного мозга происходит апоптоз огромного числа клеток, в модуляции которого принимают участие активные формы кислорода (АФК). Не менее важна их роль в процессах роста и дифференциации клеток.

Целью работы было изучение процессов свободнорадикального окисления и их регуляции в головном мозге в норме и при патологии.

Нами установлено, что образование продуктов СРО липидов снижается в мозге в ходе онтогенеза, в то время как активность ключевых ферментов антиоксидантной системы (АОС) - СОД, каталазы, глутатион-пероксидазы - увеличивается с возрастом [3, с. 268; 4, с. 115]. Кроме того, становление АОС в ходе постнатального развития мозга сопровождается перераспределением активности ферментов между субклеточными фракциями, а также изменением соотношения основных путей устранения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: увеличением активности ферментов системы глутатиона и снижением активности каталазы [6, с. 245; 1, с. 220].

В регуляции интенсивности процессов СРО важнейшая роль отводится балансу между гликолизом и пентозофосфатным путем (ПФП). В экспериментах на крысах *in vivo* и клетках человека *in vitro* расшифрован один из важнейших механизмов повреждения мозга в результате гипоксии, связанный с нарушением транскрипции ферментов ПФП в период реоксигенации, что влечет за собой снижение концентрации восстановленного НАДФ, нарушение работы системы глутатиона и, как следствие, интенсификацию процессов СРО, приводящую к гибели нейронов [5, с. 248; 2, с. 660; 7, с. 644].

Таким образом, влияние неблагоприятных факторов среды на развивающийся мозг может приводить к изменениям метаболизма мозга, которые могут сохраняться на всю дальнейшую жизнь, приводя к устойчивому окислительному стрессу и вызывая формирование депрессивно-подобного состояния [8, с. 11].

# ХОЛОДО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ИОННЫЕ КАНАЛЫ TRPA1 И TRPM8 В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Козырева Т.В.

*Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск,  
Россия*

*kozyrevatv@neuronm.ru*

**Введение.** После длительного периода описательных исследований многообразия ионных каналов в клетках на первый план выходит проблема их физиологического значения в реакциях целого организма. Исследования функций ионных каналов важно в связи с перспективой их использования в качестве мишеней терапевтических воздействий. Назрела проблема фармакологической коррекции патологических процессов путем модуляции работы ионных каналов. Выяснение роли ионных каналов в регуляции и взаимодействии различных функциональных систем также является одной из важных проблем. Для выяснения этих вопросов открытые позже других TRP ионные каналы все больше привлекают внимание.

**Результаты и обсуждение.** Наши исследования показали, что холодочувствительные ионные каналы TRPM8 и TRPA1 вовлечены в регуляцию параметров различных висцеральных систем – терморегуляторной, сердечно-сосудистой, иммунной, обеспечивая их взаимодействие при охлаждении организма. В каждой из висцеральных систем ионные каналы TRPM8 и TRPA1 вовлечены в регуляцию разных параметров. В терморегуляторной системе ионный канал TRPM8 ответственен за ощущение холода, регуляцию жирового обмена в термонейтральных условиях, регуляцию температурных порогов и первой срочной фазы реакции организма на холод; в сердечно-сосудистой системе активация TRPM8 способствует повышению артериального давления, в иммунной системе активация этого ионного канала способствует значительному усилению антигенсвязывания. Ионный канал TRPA1 участвует в формировании второй мощной фазы реакции организма на охлаждение с вовлечением мышечной активности и усилении жирового обмена, что позволяет значительно усилить теплопродукцию. В сердечно-сосудистой системе активация TRPA1 способствует снижению артериального давления; в иммунной системе стимуляция TRPA1 усиливает антителообразование. Будут рассмотрены механизмы действия ионных каналов TRPM8 и TRPA1 в этих системах.

**Заключение.** Изменяя активность ионных каналов TRPM8 и TRPA1 с помощью их агонистов и антагонистов, мы можем по-разному влиять на работу висцеральных систем в условиях различных воздействий, включая действие холода, а возможно, и развитие патологических процессов.

**Источник финансирования.** Бюджетное финансирование фундаментальных научных исследований (тема № 122042700001-9).

# АСФИКСИЯ ИЗМЕНЯЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАМК И ПОДТИПА РЕЦЕПТОРА ГАМКА<sub>1</sub> В СТРУКТУРАХ ГИППОКАМПА У НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС В НЕОНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

Хожай Л.И.

*Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
astarta0505@mail.ru*

**Введение.** Повреждение структур гиппокампа (fascia dentate, CA3 и CA1-элементов тригиппокампальной трисинаптической петли, которая принимает пространственную и сенсорную информацию от многих отделов мозга) может играть ключевую роль в развитии энцефалопатий новорожденных.

**Цель исследования.** В работе изучали влияние перинатальной гипоксии на элементы тормозной ГАМКергической системы в гиппокампе крыс в неонатальный период.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на крысах линии Wistar, мозг исследовали на 5 и 10 сутки развития. В условиях перинатальной гипоксии изучали численность популяции ГАМКергических нейронов, уровень содержания в них ГАМК, а также подтипа рецепторного белка ГАМКА<sub>1</sub>в нейронах отделов гиппокампа, для выявления которых использовали моно- и поликлональные антитела фирмы Abscam (Великобритания). Содержание ГАМК и ГАМКА<sub>1</sub>в нейронах оценивали по плотности окрашивания продукта иммунной реакции (в ус. ед.) при помощи пакета компьютерных программ.

**Результаты и обсуждение.** В течение неонатального периода происходит постепенное увеличение числа ГАМКергических нейронов, уровня содержания самой ГАМК и рецепторного белка ГАМКА<sub>1</sub>во всех отделах гиппокампа. Воздействие перинатальной гипоксии приводит к сокращению числа тормозных нейронов, при этом выявлена прямая корреляция существенного снижения уровня содержания ГАМК и рецепторного белка ГАМКА<sub>1</sub>в исследованных отделах гиппокампа. Было отмечено нарушение цитоархитектоники fascia dentate.

**Заключение.** Перинатальная асфиксия у новорожденных крыс приводит к существенным изменениям в развитии ГАМКергической системы в отделах гиппокампа, которые выявляются к концу неонатального периода и могут вызывать дисфункцию тормозной системы уже на самом раннем этапе онтогенеза.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СЕРОТОНИНА И NO В ИЗМЕНЕНИЯХ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙРОНОВ УЛИТКИ ПОСЛЕ  
ВЫРАБОТКИ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА**

**Андрианов В.В.<sup>1,2</sup>, Гайнутдинов Х.Л.<sup>1,2</sup>, Арсланов А.И.<sup>1</sup>, Богодвид Т.Х.<sup>2,3</sup>,  
Винарская А.Х.<sup>4</sup>, Головченко А.Н.<sup>2</sup>, Дерябина И.Б.<sup>2</sup>, Муранова Л.Н.<sup>2</sup>,  
Силантьева Д.И.<sup>2</sup>, Шихаб А.В.<sup>2</sup>**

*1 - КФТИ им. Е.К. Завойского ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия*

*2 - Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия*

*3 - Поволжский университет физической культуры, спорта и туризма,  
Казань, Россия*

*4 - Институт высшей нервной деятельности РАН, Москва, Россия  
kh\_gainutdinov@mail.ru*

**Введение.** Серотонин и оксид азота (NO) являются важнейшими сигнальными молекулами, регулирующими метаболизм клеток и физиологические функции организма.

**Цель исследования.** Исследование роли серотонина и NO в механизмах формирования условного оборонительного рефлекса у виноградной улитки. Речь идет об изменении электрических характеристик идентифицированных нейронов дуги оборонительного рефлекса на разных этапах обучения.

**Материалы и методы.** Выработывали условные оборонительные рефлексы на постукивание по раковине, аверзии на пищу и на обстановку. После обучения проводили измерения электрических характеристик премоторных интернейронов оборонительного рефлекса ЛПа3 и ППа3. Исследовали эффекты инъекций серотонина, предшественника его синтеза, а также донора NO и блокатора его синтеза.

**Результаты и обсуждение.** Было найдено достоверное снижение мембранного и порогового потенциалов исследованных нейронов при выработке всех этих условных рефлексов. Показано их снижение в нейронах у животных, получавших инъекции серотонина. Продемонстрировано снижение мембранного потенциала (деполяризация) при применении блокатора синтеза NO и увеличение мембранного потенциала (гиперполяризация) при увеличении количества NO (in vitro).

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о мембранных коррелятах обучения.

**Источник финансирования:** Работа поддержана Программой Приоритет-2030 для КФУ.

**НАРУШЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА У КРЫС,  
ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ 2,3,7,8-  
ТЕТРАХЛОРОДИБЕНЗОДИОКСИНА В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ**

**Васильев Д.С.<sup>1</sup>, Туманова Н.Л.<sup>1</sup>, Алов А.В.<sup>2</sup>, Пахомов К.В.<sup>1</sup>**

*1 - Институт эволюционной физиологии и биохимии  
им. И.М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-  
Петербург, Россия  
dvasilyev@bk.ru*

**Введение.** 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин, или ТХДД - одно из сильнейших токсичных веществ антропогенного происхождения, имеющее особенность накопления в пищевой цепи и обладающий мутагенными, тератогенными и эмбриотоксическими свойствами. В силу большого периода полураспада он влияет и на пораженный организм, и на потомство. Механизмы воздействия диоксина на развитие нервной системы потомства изучены слабо активно исследуются в настоящее время.

**Цель исследования.** В данной работе было исследовано влияние ТХДД на радиальную миграцию и дифференцировку нейробластов, созревание нейропилия и клеточную гибель в коре мозга крысят.

**Материалы и методы.** ТХДД, растворённый в оливковом масле в концентрации 1 мкг/кг веса тела животного вводился самкам однократно перорально на 14 день беременности. Контрольной группе вводилось чистое оливковое масло. Также на 14 день беременности самкам из контрольной и опытной групп вводили маркер ДНК-репликации 5'этинил-2'дезоксисуридин. Ультроструктуру ткани коры мозга исследовали на 5, 10 и 20 день постнатального онтогенеза методом электронной микроскопии.

**Результаты и обсуждение.** При действии ТХДД общее количество меченых клеток снижалось, увеличивалось количество нейронов с неправильным пространственным расположением (в верхних слоях), а доля клеток с правильным положением (в нижних слоях) снижалась. Это свидетельствует о снижении интенсивности пролиферации клеток в вентрикулярной зоне и нарушение радиальной миграции нейробластов в кортикальную пластинку у ТХДД крысят. Электронная микроскопия показала признаки отставания в развитии ткани теменной коры (увеличенные межклеточные пространства, многочисленные конусы роста и незрелые синапсы), а также наличие признаков нейродегенерации (расслоения миелина, лизис клеточных органоидов).

**Заключение.** Результаты исследования показали, что действие ТХДД в период эмбриогенеза вызывает нарушение пролиферации и миграции нейробластов в коре мозга эмбрионов, а также отставание в созревании нервной ткани и гибель клеток в постнатальном онтогенезе.

**Источник финансирования** Исследования выполнены в рамках государственного задания №075-00264-24-00

# ИОНОТРОПНЫЕ ГЛУТАМАТНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА КАК МИШЕНЬ ВЛИЯНИЯ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ЦИТОКИНА ИНТЕРФЕРОНА I ТИПА

**Рыжова И.В., Вершинина Е.А., Тобиас Т.В.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ryzhovaiv@infran.ru*

**Введение.** Иммунные молекулы, такие как цитокины и хемокины, могут напрямую влиять на синаптическую пластичность, жизнеспособность нейронов и синапсов. Провоспалительные цитокины интерфероны (ИФН) широко используются в терапии при лечении вирусных инфекций, онкологических заболеваний и рассеянного склероза. Тяжелые побочные эффекты от применения ИФН связывают с их влиянием на медиаторные системы. ИФН I типа являются ототоксическими веществами, вызывающими вестибулярные дисфункции и потерю слуха. Вопрос о функциональном взаимодействии ИФН с медиаторными системами внутреннего уха в норме и патологии остается совершенно неизученным.

**Цель исследования.** Исследование влияния ИФН  $\alpha 2b$  на функцию ионотропных глутаматных рецепторов (иГР) вестибулярного эпителия.

**Материалы и методы.** Работа проведена *in vitro* с использованием электрофизиологического метода регистрации импульсной активности афферентных волокон в условиях перфузии синаптической зоны растворами ИФН  $\alpha 2b$  и агонистов иГР.

**Результаты и обсуждение.** ИФН  $\alpha 2b$  увеличивал частоту фоновой активности афферентных волокон. ИФН  $\alpha 2b$  (10 нг/мл) уменьшал отношение максимальной частоты импульсной активности на аппликацию глутамата по отношению к измененному ИФН-ному фону. Цитокин не изменял характеристик ответов, вызванных аппликацией NMDA, но оказывал различное модулирующее воздействие на активность AMPA и каинатных рецепторов. Активированные цитокином AMPA рецепторы значительно изменяли ответы, вызванные аппликацией NMDA. Изменение функционального взаимодействия различных подтипов иГР в присутствии цитокина модифицирует импульсный поток от вестибулярных органов в ЦНС.

**Заключение.** Данные впервые свидетельствуют об избирательном влиянии ИФН I типа на различные подтипы иГР, что позволяет рассматривать провоспалительный цитокин в качестве нейроиммунomodулятора глутаматергической синаптической передачи в вестибулярном эпителии.

**Источник финансирования.** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8).

# ФОТОКОНТРОЛЬ КАЛЬЦИЙ-ПРОНИЦАЕМЫХ AMPA РЕЦЕПТОРОВ АЗОБЕНЗОЛ-СОДЕРЖАЩИМИ ПОЛИАМИНАМИ

Николаев М.В.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
max.v.nikolaev@gmail.com*

**Введение.** Кальций-проницаемые глутаматные рецепторы AMPA типа обеспечивают быстрые процессы возбуждения в ЦНС и играют ключевую роль в синаптической пластичности. Современным способом изучения функций ионных каналов является использование фотопереклюателей - лигандов, действием которых можно управлять с помощью света. Эффективных фотопереклюателей кальций-проницаемых AMPA рецепторов не существует.

**Цель исследования** заключалась в разработке фоточувствительных лигандов для контроля кальций-проницаемых AMPA рецепторов.

**Материалы и методы.** Синтезирована серия азобензол-содержащих полиаминов. Изучено действие веществ на различные типы глутаматных рецепторов в электрофизиологических экспериментах пэтч кламп на изолированных нейронах мозга крысы.

**Результаты и обсуждение.**

Вещества обратимо угнетали AMPA кальций-проницаемые рецепторы в наномолярном диапазоне концентраций, облучение голубым светом восстанавливало ответы. Эффекты на NMDA и кальций-непроницаемые AMPA рецепторы наблюдались в концентрациях, превышающих 10  $\mu\text{M}$ . Действие веществ на AMPA кальций-проницаемые рецепторы зависело от мембранного потенциала, что указывает на блокаду ионного. Соединения состоят из фоточувствительной группы (азобензол) и полиметиленового азотсодержащего хвоста, обеспечивающего блокаду ионного канала. Переход в свернутую *цис*-форму при облучении уменьшает длину молекулы и приводит к потере активности соединения, по сравнению с вытянутой *транс*-формой.

**Заключение.** В работе показана возможность контроля кальций-проницаемых AMPA рецепторов с помощью светочувствительных блокаторов. Результаты открывают возможность создания новых фотопереклюателей для изучения кальций-проницаемых AMPA рецепторов с высокой временной и пространственной точностью, недоступной при использовании традиционных блокаторов.

**Источник финансирования**

Работа выполнена в рамках проекта РНФ 23-24-00481.

# ВЛИЯНИЕ АГЛИКОНОВ ФЛАВОНОИДОВ НА АПОПТОЗ, АКТИВАЦИЮ И ПРОКОАГУЛЯНТНУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ТРОМБОЦИТОВ

Найда Л.В.<sup>1,2</sup>, Балыкина А.М.<sup>2</sup>, Гамбарян С.П.<sup>2</sup>

1 - *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
nayda.lidiya@mail.ru*

**Введение.** В литературе описана способность опухолей инициировать активацию и прокоагулянтную трансформацию тромбоцитов. Прокоагулянтные тромбоциты усиливают свёртывание крови, а активированные – способствуют ангиогенезу и метастазированию. Серьёзным побочным эффектом химиотерапии может быть апоптоз тромбоцитов. Актуален поиск противоопухолевой терапии, сохраняющей жизнеспособность тромбоцитов. Индуктор апоптоза АВТ-737 блокирует активацию тромбоцитов. Флавоноиды являются растительными полифенолами с противоопухолевой активностью и установленным механизмом ингибирования активации тромбоцитов. Остаётся неизвестным, может ли совместное применение флавоноидов с АВТ-737 усиливать ингибирование активации без изменения жизнеспособности тромбоцитов.

**Цель.** Исследование влияния флавоноидов на апоптоз и активацию тромбоцитов при совместном введении с АВТ-737; изучение прокоагулянтной трансформации тромбоцитов под воздействием флавоноидов.

**Материалы и методы.** Тромбоциты были выделены из крови здоровых доноров. С помощью проточной цитометрии определяли экстернализацию фосфатидилсерина (ФС) и экспрессию Р-селектина, с помощью Вестерн блоттинга – фосфорилирование белка VASP.

**Результаты и обсуждение.** Расщепление каспаз в процессе апоптоза приводит к изменению асимметрии фосфолипидов мембран. Преинкубация тромбоцитов с флавоноидами способствовала ингибированию экстернализации ФС, вызванной АВТ-737. Основной сигнальный путь ингибирования активации тромбоцитов реализуется при участии AC/cAMP/PKA и GC/cGMP/PKG систем. Флавоноиды потенцировали фосфорилирование VASP, субстрата PKA и PKG, индуцированное АВТ-737. Прокоагулянтная трансформация тромбоцитов была индуцирована тромбином и collagen related protein (CRP). В прокоагулянтных тромбоцитах из альфа-гранул высвобождается Р-селектин. Степень экспрессии Р-селектина на мембране снижалась под воздействием флавоноидов.

**Заключение.** Полученные результаты могут лечь в основу разработки более безопасной комбинированной противоопухолевой терапии.

# НЕЙРОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА, ПРОЯВЛЯЮЩИЙСЯ СНИЖЕНИЕМ ЭКСПРЕССИИ КАСПАЗЫ-3 В МОЗГЕ КРЫС

**Баннова А.В., Шишкина Г.Т., Дыгало Н.Н.**

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
anitik@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Активация микроглии провоспалительными стимулами рассматривается среди факторов риска индукции нейродегенеративных процессов. Однако липополисахарид (ЛПС), быстро активирующий микроглию, способен оказывать также нейропротективный эффект.

**Цель.** Исследование взаимосвязи микроглиальной активации и регуляторов клеточной гибели в отделах мозга взрослых крыс в зависимости от дозы и режима внутрибрюшинного введения эндотоксина.

**Материалы и методы.** Уровни белков маркера активированной микроглии Iba-1 и исполнительной протеазы апоптоза каспазы-3 в отделах мозга взрослых крыс определяли методом вестерн-блота.

**Результаты и обсуждение.** Через сутки после однократного введения ЛПС (0.5 мг/кг) экспрессии Iba-1 и каспазы-3 в стволе, префронтальной коре и миндалине не отличались от контрольных значений. Введение эндотоксина в этой же дозе четырехкратно в течение 7 дней (1 раз в 2 дня) привело через 24 ч после последнего введения: в стволе мозга - к значительному увеличению уровня Iba-1, которое сопровождалось достоверным снижением экспрессии каспазы-3, в миндалине - к снижению уровня этой протеазы. Такие же эффекты в этих структурах наблюдались и через 7 дней после однократного введения ЛПС в более высокой дозе – 5 мг/кг, что указывает на реализацию механизмов подавления апоптоза в этих структурах. В среднем мозге после введения ЛПС в дозе 5 мг/кг также обнаружено снижение экспрессии каспазы-3. В префронтальной коре в 7-дневном эксперименте не было обнаружено изменений экспрессии каспазы-3, а увеличение уровня Iba-1 наблюдалось только после однократного введения ЛПС в высокой дозе.

**Заключение.** В целом, полученные результаты указывают на возможное участие активированной микроглии на ранних этапах нейровоспаления в проявлении защитных механизмов, направленных на развитие адаптивных нейропротективных процессов, что особенно важно для ствола мозга - структуры, отвечающей за такие ключевые функции организма, как дыхание, артериальное давление и сердцебиение.

**Источник финансирования.** Бюджетный проект № FWNR-2022-0023.

**АНТАГОНИСТЫ РЕЦЕПТОРОВ СИГМА-1 МОДУЛИРУЮТ  $Ca^{2+}$ -  
ОТВЕТЫ, ИНДУЦИРУЕМЫЕ ИММУНОМОДУЛЯТОРОМ  
МОЛИКСАНОМ В МАКРОФАГАХ**

**Миленина Л.С.<sup>1</sup>, Крутецкая З.И.<sup>1</sup>, Антонов В.Г.<sup>2</sup>, Крутецкая Н.И.<sup>1</sup>,  
Бадюлина В.И.<sup>1</sup>**

*1 - Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия  
l.milenina@spbu.ru*

**Введение.** Рецепторы сигма-1 – повсеместные многофункциональные лигандрегулируемые молекулярные шапероны в мембране эндоплазматического ретикулума, имеющие уникальную историю, структуру и фармакологический профиль; модулируют широкий спектр клеточных процессов в норме и патологии, включая процессы  $Ca^{2+}$ -сигнализации.

**Цель исследования.** Для выявления участия рецепторов сигма-1 в регуляции процессов  $Ca^{2+}$ -сигнализации в макрофагах, исследовали влияние двух структурно-различных, селективных антагонистов рецепторов сигма-1, соединения NE-100 и BD-1063, на  $Ca^{2+}$ -ответы, вызываемые дисульфидсодержащим иммуномодулятором моликсаном в перитонеальных макрофагах крысы.

**Материалы и методы.** Для измерения внутриклеточной концентрации  $Ca^{2+}$ ,  $[Ca^{2+}]_i$ , использовали автоматизированную установку на базе флуоресцентного микроскопа Leica DM 4000B и флуоресцентный  $Ca^{2+}$ -зонд Fura-2AM.

**Результаты и обсуждение.** Обнаружено, что преинкубация макрофагов с 60 мкМ BD-1063 в течение 40 мин до введения 100 мкг/мл моликсана приводит к значительному подавлению как мобилизации  $Ca^{2+}$  из  $Ca^{2+}$ -депо (на  $50,8 \pm 9,3\%$ ), так и последующего депозависимого входа  $Ca^{2+}$  в клетки (на  $54,0 \pm 10,1\%$ ), индуцируемых моликсаном. Кроме того, 60 мкМ BD-1063 или 40 мкМ NE-100, добавленные на фоне развившегося входа  $Ca^{2+}$ , индуцированного моликсаном, также значительно (на  $63,1 \pm 8,5\%$ ) подавляют депозависимый вход  $Ca^{2+}$  в макрофаги.

**Заключение.** Полученные данные свидетельствуют об участии рецепторов сигма-1 в комплексном сигнальном каскаде, вызываемом моликсаном и приводящем к увеличению  $[Ca^{2+}]_i$  в макрофагах, а также об участии сигма-1 рецепторов в регуляции депозависимого входа  $Ca^{2+}$  в макрофагах.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕЛЕЦИЙ HAR, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ГЕНЕ CNTN6, НА РАННИЕ ЭТАПЫ НЕЙРОГЕНЕЗА ЧЕЛОВЕКА *IN VITRO*

Чвилёва А.С.<sup>1</sup>, Юнусова А.М.<sup>2</sup>, Пристяжнюк И.Е.<sup>2</sup>, Рыжкова А.С.<sup>2</sup>,  
Смирнов А.В.<sup>2</sup>, Белокопытова П.С.<sup>1,2</sup>, Шнайдер Т.А.<sup>2</sup>

1 - Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

2 - Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

*a.chvileva@g.nsu.ru*

**Введение.** Головной мозг человека представляет собой один из наиболее значимых результатов эволюционного процесса. Одними из драйверов его эволюции являются human accelerated regions (HAR) – последовательности ДНК, накопившие специфические для человека мутации, закрепившиеся в популяции. Большинство HAR выполняют роль энхансеров для генов, участвующих в развитии мозга человека.

**Цель исследования.** Наша лаборатория исследует роль гена *CNTN6* в развитии мозга. Большинство ассоциированных мутаций в данном гене представлены CNV крупных размеров, однако точечная замена была обнаружена лишь в одном клиническом случае. Анализ литературных данных позволил выявить в интронах *CNTN6* два HAR, часто пересекающиеся с делециями у многих пациентов. Целью данной работы является исследование влияния данных HAR на ранние этапы развития мозга человека *in vitro*.

**Материалы и методы.** С помощью системы CRISPR/Cas9 нами были получены линии ИПСК человека с гомозиготными делециями районов, содержащих HAR. Данные линии были дифференцированы в церебральные органоиды (ЦО).

**Результаты и обсуждение.** При дифференцировке была выявлена тенденция к уменьшению размеров ЦО с делецией одного HAR по сравнению с контролем. Исследование внутренней организации ЦО позволило выявить, что в органоидах с делецией данного HAR наблюдается нарушения люминизации и процессов самоорганизации клеток радиальной глии.

**Заключение.** Таким образом, делеция HAR в гене *CNTN6* приводит к нарушению формирования ЦО, что может указывать на участие данной последовательности в регуляции ранних этапов развития мозга человека *in vitro*.

**Источник финансирования**

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 24-24-00447).

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ АУТОФАГИИ И АПОПТОЗА В КЛЕТКАХ HELa-V, HELa-R, MOLT-3 И HEK293 В УСЛОВИЯХ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ГОЛОДАНИЯ

Прокопенко Е.С.<sup>1,2</sup>, Соколова Т.В.<sup>1</sup>, Надей О.В.<sup>1</sup>, Агалакова Н.И.<sup>1</sup>

1 - Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова  
РАН, Санкт-Петербург, Россия

2 - Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*prokopenko.ekaterina01@mail.ru*

**Введение.** Подавление аутофагии как альтернативного источника энергии может быть способом сенсбилизации опухолевых клеток к химиотерапии. Голодание, в случае клеток отсутствие сыворотки в среде, способно сдвигать процессы аутофагии в сторону апоптоза, поэтому может служить хорошей моделью для изучения взаимодействия между этими процессами.

**Цель исследования.** Охарактеризовать экспрессию генов-маркеров апоптоза и аутофагии в клетках карциномы шейки матки человека HeLa-V и HeLa-R, Т-лимфобластной лейкемии MOLT-3 и в неопухолевых клетках HEK 293 в условиях голодания – 24- и 48-часового культивирования в среде без сыворотки.

**Материалы и методы.** Перед началом опыта клетки дважды промывали буфером DPBS и заменяли среду на DMEM или RPMI-1640 (для MOLT-3), содержащую сыворотку, и DMEM/RPMI-1640 без сыворотки. После 24 и 48 часовой инкубации из клеток выделяли общую РНК, а затем методом ОТ-ПЦР в реальном времени проводили анализ экспрессии генов-маркеров апоптоза (*BAX*, *BCL2*, *CASP3*) и аутофагии (*ULK1*, *MAP1LC3B*, *BECN1*).

**Результаты и обсуждение.** В клетках HeLa-V и HeLa-R в условиях голодания наблюдались различные изменения генов начальных этапов аутофагии *ULK1* и *BECN1*, но ни один из вариантов обработки не влиял на экспрессию гена *MAP1LC3B*. Также увеличивалась экспрессия гена анти-апоптотического белка *BCL2*. В клетках HEK 293 сывороточное голодание привело к увеличению уровня экспрессии генов *BECN1* и *MAP1LC3B*, также снижалось соотношение генов *BCL2/BAX* и активировался ген *CASP3*. В клетках MOLT-3 наблюдалось увеличение экспрессии генов про-апоптотических белков *CASP3* и *BAX* после инкубации в течение 48 часов.

**Заключение.** Культивирование в условиях голодания в течение 48 часов клеток HeLa, особенно HeLa-R, препятствует, а клеток MOLT-3, напротив, способствует развитию процессов апоптоза. В клетках HEK 293 процессы апоптоза и аутофагии происходят параллельно.

**Источник финансирования:** Грант РНФ № 23-25-00316.

# ПЕРИНАТАЛЬНАЯ ГИПОКСИЯ ИЗМЕНЯЕТ УЛЬТРАСТРУКТУРУ СТЕНКИ СОСУДОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА В ГИППОКАМПЕ КРЫС

Шишко Т.Т.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
tamarashishko46@gmail.com*

**Введение.** Одной из основных причин развития патологических процессов в мозге является часто встречающаяся в перинатальном периоде гипоксия-ишемия, вызывающая в мозге деструктивные процессы. Среди этих процессов важное место принадлежит формированию барьерных механизмов, в частности, состоянию эндотелиоцитов.

**Цель исследования.** В работе изучали ультраструктурные изменения в эндотелиоцитах (Э) в поле СА1 гиппокампа у крыс после воздействия острой перинатальной гипоксии.

**Материалы и методы.** Работа проведена на новорожденных крысах линии Wistar. Воздействие гипоксии на мозг осуществляли на 2-е постнатальные сутки. Исследование мозга проводили на 5-е (П5) и на 10-е (П10) сутки. В работе был использован метод электронной микроскопии.

**Результаты и обсуждение.** Показано, что у контрольных крыс на П5 в ядрах Э хроматин существенно конденсирован, в цитоплазме слабо развита эндоплазматическая сеть (ЭДС) и незначительное количество пиноцитозных везикул (ПВ). Выявлено начало формирования базальной мембраны (БМ), где внеклеточный мелкофибрилярный материал отсутствовал. После воздействия гипоксии повышается электронная плотность ядер Э, которые приобретают лопастевидную форму, увеличивается объем цитоплазмы, где практически отсутствует ЭДС и возрастает количество ПВ, БМ не выявляется. У контрольных животных на П10 отмечено формирование плотной пластины. После гипоксии на П10 увеличивается электронная плотность ядра и цитоплазмы Э, значительно возрастает число ПВ, появляется множество цитоплазматических отростков, что приводит к сужению просвета сосуда. БМ содержит мало волокнистых структур.

**Заключение.** Выявленные ультраструктурные нарушения стенки сосудов микроциркуляторного русла гиппокампа после воздействия гипоксии могут приводить к нарушению дифференцировки клеточных и неклеточных элементов нервной ткани.

# КОРРЕКЦИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА 1 ТИПА У КРЫС ИНТЕРВАЛЬНЫМ ГИПОКСИЧЕСКИМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ

**Кукина М.В., Баранова К.А.**

*Институт физиологии им И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия  
masha\_2299@rambler.ru*

**Введение.** Около 53 млн человек страдают сахарным диабетом I типа (СД1), преимущественно люди молодого трудоспособного возраста.

**Цель исследования.** В работе исследовали применение кондиционирующих и тренировочного режимов интервальной гипоксии (ИГ) для коррекции проявлений модельного СД1 у крыс и их влияние на клеточные, биохимические и гормональные показатели.

**Материалы и методы.** СД1 с умеренным инсулинодефицитом моделировали двукратным введением крысам 35 мг/кг стрептозотоцина. ИГ нормобарической прерывистой гипоксией проводили на установке «ОXYTERRA» в двух кондиционирующих (3 эпизода по 5 мин гипоксии 9% O<sub>2</sub>/15 мин нормоксии в день 3 дня подряд; 3 по 5 мин гипоксии 9% O<sub>2</sub>/3 мин гипероксии 30% O<sub>2</sub> в день 3 дня подряд) и тренировочном (5 по 5 мин гипоксии 12% O<sub>2</sub>/3 мин гипероксии 30% O<sub>2</sub> в день 10 дней подряд) режиме.

**Результаты и обсуждение.** Исследованные режимы ИГ проявили корректирующие эффекты в модели умеренного СД1, прекращая диабетическую потерю веса. При этом гипокси/гипероксические режимы достоверно по сравнению с нелечеными животными снижали уровень глюкозы в периферической крови натошак и показатели «сытой» глюкозы, а также повышали уровень инсулина, достоверно уменьшали площадь под сахарной кривой в глюкозотолерантном тесте, причем после кондиционирования в режиме 9/30%O<sub>2</sub> практически вдвое.

После лечения 9/30%O<sub>2</sub> ИГ в крови наблюдалось достоверное снижение общего числа лейкоцитов за счет уменьшения количества лимфоцитов, а после тренировки 12/30%O<sub>2</sub> отмечался выраженный рост содержания гемоглобина и эритроцитов, при этом объем тромбоцитов и тромбоцитрит возрастал у нелеченых животных и в группе СД1+9/21%O<sub>2</sub>. После всех видов ИГ достоверно возрастало содержание амилазы относительно СД1 крыс и повышался коэффициент АСТ/АЛТ. Падение содержания креатинина и магния при СД1 наиболее эффективно корректировалось 9/30%O<sub>2</sub> кондиционированием. Существенных изменений в базальной активности или стрессореактивности ГГАС обнаружено не было.

**Заключение.** В модели на животных показана эффективность отдельных режимов ИГ для смягчения некоторых проявлений СД1 и изучены клеточные и биохимические показатели крови.

**ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПЛАЦЕНТАРНОГО ТРАНСПОРТА  
АМИНОКИСЛОТ В МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ  
ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИИ С МЕТИОНИНОВОЙ НАГРУЗКОЙ**

**Бочковский С.К., Милютина Ю.П., Керкешко Г.О., Траль Т.Г.,  
Аругюнян А.В.**

*Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии  
и репродуктологии им. Д.О. Отта, Санкт-Петербург, Россия  
serega86bochkovsky@gmail.com*

**Введение.** Повышенное содержание гомоцистеина (ГЦ) в сыворотке крови матери (гипергомоцистеинемия (ГГЦ)), вызванное метиониновой нагрузкой, приводит к снижению массы тела плода, что может быть связано с нарушением формирования плаценты и распределения питательных веществ между матерью и плодом. Раскрытие механизмов транспорта аминокислот в плаценте при ГГЦ, необходимо для коррекции патологий плода и матери.

**Цель исследования.** Оценить влияние метиониновой нагрузки на содержание свободных аминокислот в амниотических жидкостях и крови крыс и их плодов на 20-й день беременности, а также уровень транспортеров систем А и L в лабиринтной области (ЛО) плаценты.

**Материалы и методы.** Подопытной группе крыс линии Wistar с 4-го по 19-й день беременности перорально вводили раствор метионина (0,6 г/кг массы). Контрольной группе перорально вводили воду. Содержания ГЦ оценивалось методом ИФА, протеиногенных аминокислот – методом ВЭЖХ. Уровень транспортеров SNAT 1 и 2, LAT 1 и 2 определяли при помощи Western blot. Также выполнен морфометрический анализ ЛО плацент.

**Результаты и обсуждение.** Развитие ГГЦ при метиониновой нагрузке подтверждено повышением уровня ГЦ в сыворотке крови матери и плода. При ГГЦ в ЛО плаценты обнаружено сужение синусоидального пространства и повышение уровня SNAT2 и LAT1. В материнской крови при этом повышено содержание гистидина, изолейцина, лизина, фенилаланина, триптофана, валина, аспарагина, аспартата, глутамина, тирозина, пролина и аланина с аргинином. В крови плодов установлено повышение содержания лизина, валина, а также снижение метионина, триптофана, глутамина и серина. При этом уровень ГЦ, метионина и ряда других аминокислот повышен в амниотических жидкостях.

**Заключение.** ГГЦ во время беременности приводит к нарушению транспорта аминокислот посредством нарушения морфологии ЛО плаценты и изменения количества белков транспортеров.

**Источник финансирования**

Поддержано грантом Российского научного фонда №22-15-00393.

# МАГНИТНАЯ МИКРОСФЕРИЧЕСКАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА, ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННАЯ ТКД-ПЕПТИДОМ – ИНСТРУМЕНТ СЕПАРАЦИИ РАКОВЫХ КЛЕТОК

Дмитриева А.С.<sup>1</sup>, Яковлева Л.Ю.<sup>2</sup>, Николаев Б.П.<sup>2,3</sup>

1 - *Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет), Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Институт цитологии РАН, Санкт-Петербург, Россия*

3 - *Технопарк Санкт-Петербурга, Инжиниринговый центр АФС,  
Санкт-Петербург, Россия  
dmitriyeva03@bk.ru*

**Введение.** Выделение циркулирующих опухолевых клеток (ЦОК) из биологических жидкостей является важным инструментом для диагностирования и контроля терапии онкологических заболеваний. В данной работе предлагается осуществить этот процесс посредством специфического взаимодействия mHsp70 с ТКД-пептидом, иммобилизованным на микросферической целлюлозной матрице (МКЦ) и последующей магнитной сепарации за счет включения магнитных наночастиц (МН) в структуру микроносителя. Известны коммерческие аналоги, лиганд которых взаимодействует с молекулой клеточной адгезии ЕpСАМ. Однако исследования указывают на подавление её экспрессии после эпителиально-мезенхимального перехода (ЭМП) клетки. Уровень экспрессии mHsp70 в малигнизированных клетках характеризуется как высокий и сохраняется после ЭМП. ТКД воспроизводит эпитоп связывания cmHsp70.1 с mHsp70, но в сравнении с антителом отличается менее трудоёмким синтезом.

**Цель.** Цель работы – синтез магнитного микроносителя МН-МКЦ-ТКД для выделения ЦОК из биологических жидкостей на принципах аффинного узнавания эпитопов mHsp70.

**Материалы и методы.** В качестве матрицы выбрана микросферическая целлюлоза, обладающая развитой сетью микро- и макропор и инертной в отношении солей железа, что позволяет включать МН в её структуру. Для ковалентной иммобилизации ТКД на МКЦ поверхность активирована NH<sub>2</sub>-группами. Конъюгация ТКД с аминокислотными производными посредством формирования амидной связи через карбодиймид – молекулу-линкер.

**Результаты и обсуждения.** Получены опытные образцы микроносителя МН-МКЦ-ТКД с содержанием Fe(III) = 4,5 мг/мл, NH<sub>2</sub>-групп = 2,6±0,8 мМ. Степень функционализации микроносителя ТКД по реакции Брэдфорда составила 90% от внесенного количества пептида. Магнитные свойства микроносителя подтверждены данными сокращения времен ядерной магнитной релаксации протонов воды.

**Вывод.** Синтезированы опытные образцы микроносителей МН-МКЦ-ТКД с характеристиками, позволяющими продолжать исследования на следующем уровне, включая доклинические испытания.

# ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ИОННОГО КАНАЛА TRPM8 НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ TRP КАНАЛОВ В СЕЛЕЗЕНКЕ У НОРМО- И ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС

Евтушенко А.А., Воронова И.П., Козырева Т.В.

*Научно-исследовательский институт нейронаук и медицины, Новосибирск, Россия*

*evtushenkoaa@neuronm.ru*

**Введение.** В последнее время появилось большое количество работ, посвященных роли иммунной системы в развитии и прогрессировании гипертонической болезни. Литературные данные, а также наши предыдущие исследования свидетельствуют о том, что иммунные реакции у нормо- и гипертензивных крыс развиваются по-разному. В частности мы показали, что у нормо-и гипертензивных животных активация периферического ионного канала TRPM8 холодом и ментолом приводит к различным изменениям процессов антигенсвязывания и антителообразования в селезенке, а также уровня провоспалительных цитокинов в крови. Кроме того нормо-и гипертензивные животные имеют разный профиль экспрессии генов TRP ионных каналов как в центре (гипоталамус), так и на периферии (селезенка). Не исключено, что TRP ионные каналы селезенки могут быть вовлечены в изменение иммунных реакций при артериальной гипертензии.

**Цель исследования:** оценить влияние активации периферического (кожного) TRPM8 холодом и ментолом на экспрессию генов термочувствительных TRP ионных каналов (TRPM8, TRPV1, TRPV2, TRPV3 и TRPV4) в селезенке нормо-и гипертензивных крыс.

**Материалы и методы.** Работа проводилась на самцах крыс гипертензивной линии НИСАГ и нормотензивной линии Wistar. Активация TRPM8: глубокое охлаждение со снижением ректальной температуры на 3 °С, аппликация 1% суспензии ментола (агонист TRPM8) на кожу. Экспрессию генов определяли методом количественного ОТ-ПЦР.

**Результаты и обсуждение.** Активация периферического ионного канала TRPM8 холодом и ментолом у нормотензивных крыс не влияла на уровень экспрессии генов исследованных TRP ионных каналов, а у гипертензивных крыс приводила к повышению экспрессии гена *Trpv1*. Известно, что у нормотензивных животных глубокое охлаждение приводит к угнетению антигенсвязывания в селезенке, а активация периферического TRPV1 к противоположному эффекту. У гипертензивных животных угнетающее действие глубокого охлаждения на этот показатель ослаблено, что, по-видимому, можно объяснить обнаруженным нами повышением экспрессии *Trpv1* в селезенке.

**Заключение.** Полученные результаты дают основание полагать, что ионный канал TRPV1 селезенки вовлечен в изменение иммунного ответа при артериальной гипертензии.

# БИОМАРКЕРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ФОКАЛЬНОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Колпакова М.Э.

*ФГБНУ НИИ Физиологии имени И.П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия  
kolpakovame@infran.ru*

**Введение.** Прогнозирование объема функционального восстановления позволяет достигать целей реабилитации после ишемического инсульта. Определение нейрональных белков необходимо для скрининга предрасположенности к ишемическому инсульту у лиц с сосудистыми факторами риска и при бессимптомном течении ишемии головного мозга.

**Цель исследования.** Сопоставление моторной функции конечностей с измерением концентрации сосудистых и нейрональных биомаркеров плазмы крови в постинсультном периоде.

**Материалы и методы.** Рандомизированное исследование проводили на половозрелых крысах-самцах SHR, WKY и Wistar массой  $250 \pm 50$  г,  $n=10$  в каждой группе. Фокальную ишемию моделировали по Koidzumi под общей анестезией в дозе 0,88 мл/кг (тилетамин гидрохлорид 250 мг+золазепам гидрохлорид 250 мг). На этапе острого постинсультного периода (21 день) оценивалась моторная функция конечностей. Показатели сопоставлялись с измерением концентрации сосудистых и нейрональных биомаркеров. Эвтаназия проводилась под общей анестезией через 21 день.

**Результаты и обсуждение.** Ранний постинсультный период сопровождался неврологическим дефицитом и развитием моторной дисфункции. Наблюдались достоверные различия по показателям моторной функции у животных линий SHR, WKY и Wistar. Мышечная сила в правой передней конечности снижалась до 2,0 Ньютонов (контроль- 4,0Н). На второй неделе постинсультного периода наблюдалось нарастание моторной дисфункции. Так, на 7 сут. постинсультного периода у животных линии SHR в правой передней конечности мышечная сила оценивалась в 2,0Н. Повышение концентрации нейрональных биомаркеров у крыс со спонтанной гипертензией отличалось в 10 раз по сравнению с контролем.

**Заключение.** Мониторинг биомаркеров дисфункции нейроваскулярной единицы необходим для оценки эффективности восстановления после ишемии головного мозга.

**Источник финансирования.** Программа «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства».

## СТРУКТУРНО РАЗЛИЧНЫЕ ИНГИБИТОРЫ ЦИКЛООКСИГЕНАЗ ПОДАВЛЯЮТ ТРАНСПОРТ $\text{Na}^+$ В ЭПИТЕЛИИ КОЖИ ЛЯГУШКИ

Мельницкая А.В.<sup>1</sup>, Крутецкая З.И.<sup>1</sup>, Антонов В.Г.<sup>2</sup>, Крутецкая Н.И.<sup>1</sup>

*1 - Санкт-Петербургский государственный университет,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия*

*a.melnitskaya@spbu.ru*

**Введение.** Кожа амфибий - классический модельный объект для исследования транспорта ионов через биологические мембраны. Арахидоновая кислота (АК) и ее производные - важные сигнальные молекулы, выступающие в качестве местных гормонов и медиаторов. В почках и других реабсорбирующих эпителиях, АК и ее производные участвуют в регуляции транспорта ионов и воды.

**Цель исследования.** Целью исследования являлось изучение роли циклооксигеназного (ЦОГ) пути окисления АК в регуляции транспорта  $\text{Na}^+$  в эпителии кожи лягушки. В экспериментах использовали структурно различные ингибиторы ЦОГ - индометацин и мелоксикам, широко применяющиеся в клинической практике в качестве нестероидных противовоспалительных средств.

**Материалы и методы.** Для регистрации вольт-амперных характеристик (ВАХ) кожи лягушки *Rana temporaria* использовали автоматизированную установку фиксации потенциала. Из ВАХ вычисляли электрические параметры кожи лягушки. Транспорт  $\text{Na}^+$  оценивали как амилорид-чувствительный ток короткого замыкания.

**Результаты и обсуждение.** Впервые показано, что индометацин (40 мкМ) и мелоксикам (40 мкМ) сходным образом подавляют транспорт  $\text{Na}^+$  в эпителии кожи лягушки. Обнаружено также, что ингибирующий эффект исследуемых препаратов более выражен при приложении их со стороны базолатеральной поверхности кожи.

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют об участии ЦОГ пути окисления АК в регуляции транспорта  $\text{Na}^+$  в эпителии кожи лягушки; а также способствуют более детальному пониманию молекулярных механизмов действия индометацина и мелоксикама и указывают на нежелательность совместного применения данных препаратов и диуретиков, ввиду возможного снижения натрийуретического эффекта последних.

**СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»**

## **РЕАКЦИИ ПОЗЫ НА КОНСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИХ ИСТОЧНИКА ПО АЗИМУТУ**

**Андреева И.Г., Тимофеева О.П.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
ig-andreeva@mail.ru*

**Введение.** Ранее было показано, что эмоционально значимые звуковые сигналы вызывают различные постуральные ответы в зависимости от направления прихода звука. Постуральные показатели различались в зависимости от расположения источника звука по отношению к опорной ноге (левой), изменения также были больше выражены при стимуляции звуком сзади, чем спереди.

**Цель исследования.** Выявить различия в показателях позы при реализации сторожевой функции слуха в ответ на конспецифическое движение с разных азимутальных направлений.

**Материалы и методы.** Стабилограмму регистрировали у 24-х испытуемых в возрасте 18-47 лет (в среднем 26 лет) при подаче в разных стойках спереди, сзади, слева или справа одинаковых звуков приближающихся шагов. Испытуемые с закрытыми глазами стояли на силовой платформе в течение 90 с (40 с до, 20 с во время и 30 с после стимуляции). Параметры позы оценивали за периоды по 8 с.

**Результаты и обсуждение.** У полнезависимых испытуемых (11 человек) звуки приближающихся шагов вызвали дестабилизацию позы с увеличением длины траектории центра давления на 8 % и на 5% при положении источника звука сзади и справа, соответственно. У полезависимых испытуемых обнаружили стабилизацию позы (уменьшение длины траектории центра давления на 8 %) в ответ на звуки шагов справа, и дестабилизацию позы при положении источника звука сзади (увеличение на 15%).

**Заключение.** Звуки приближающихся шагов вызывают небольшую дестабилизацию позы, ее показатели зависят от направления прихода звука. Данная звуковая стимуляция может быть использована в тренировочных реабилитационных мероприятиях при заболеваниях опорно-двигательного аппарата в дополнение к зрительной стимуляции.

**Источник финансирования** Работа выполнена по госзаданию (тема № 075-00264-24-00).

## ВОСПРИНИМАЕМЫЕ ТРАЕКТОРИИ БИНАУРАЛЬНЫХ БИЕНИЙ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ

**Летягин П.И., Петропавловская Е.А., Саликова Д.А., Шестопалова Л.Б.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
letyagin.ps@gmail.com*

**Введение.** Бинауральные биения - это феномен, образующийся в результате бинауральной интеграции при дихотической стимуляции. Было исследовано ощущение циклического движения, которое создавалось посредством линейного или ступенчатого паттерна изменений междушумной задержки.

**Цель исследования.** Испытуемые отмечали на графическом планшете положение точек начала и конца движения или положение неподвижных стимулов. Анализировали влияние паттерна междушумной задержки на длину и положение траекторий циклического движения.

**Материалы и методы.** Применяли три вида стимулов: плавное движение, мгновенное смещение и неподвижные реперные стимулы. Диапазон задержек определял их расположение во фронтальном или латеральном секторах пространства.

**Результаты и обсуждение.** Результаты указывают на наличие эффекта бинауральных биений при обоих типах движения. Субъективно ощущаемые траектории плавного движения были короче, чем траектории при мгновенном смещении. При мгновенном смещении воспринимаемые концы траекторий не показали статистически значимых отличий от положений неподвижных реперных точек. При плавном циклическом движении наблюдалось изменение воспринимаемого положения обоих концов траекторий. Точки поворота оказались дальше от реперов по сравнению с точками старта для всех положений в пространстве. Величина смещения в центральном секторе пространства была больше, чем в периферическом.

**Заключение.** Зависимость длины траектории от положения начального участка может объясняться нелинейными свойствами латерализации и проявлениями избирательной адаптации. Влияние паттерна изменений междушумной задержки предположительно опосредовано механизмами временной интеграции, которые обеспечивают сглаживающую функцию бинаурального слуха.

**Источник финансирования.** Грант РФФ № 24-25-00106.

## ВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ЗВУКА

**Шестопалова Л.Б., Петропавловская Е.А.**

*Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
shestopalovalb@infran.ru*

**Введение.** Отклик бинауральной системы на слуховое событие основан на временной интеграции информации, получаемой от обеих ушей. Процесс интеграции соответствует концепции «интегратора утечки», которая описывает бинауральную сглаживающую функцию как экспоненциальное убывание.

**Цель исследования.** Определить величину временного окна интеграции динамической слуховой информации при восприятии циклического движения.

**Материалы и методы.** Испытуемым подавались шумовые стимулы, создающие ощущение циклического движения за счет линейного или ступенчатого паттерна изменений межушной задержки по времени. Траектории движения стимулов располагались в центральном или латеральном секторах пространства. Воспринимаемое положение точек старта и поворота движения, а также положение неподвижных реперов регистрировали при помощи графического планшета. Экспериментальные данные сопоставляли с результатами моделирования процесса бинаурального сглаживания при помощи функции экспоненциального скользящего среднего. Величина временного окна интеграции определялась как параметр функции сглаживания.

**Результаты и обсуждение.** Согласно данным эксперимента, длина траекторий плавного движения была меньше расстояния между реперами на 34% при фронтальном и на 23% при латеральном положении траектории. По результатам моделирования, этим данным соответствовала величина окна интеграции  $230 \pm 10$  мс. Полученная величина обсуждается в контексте постоянных времени, описанных ранее на основе психофизических и электрофизиологических измерений слухового восприятия.

**Заключение.** Предложенная модель хорошо описывает длину воспринимаемых траекторий циклического движения и позволяет оценить величину временного окна интеграции как  $230 \pm 10$  мс.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-25-00106.

## СЛУХОВОЕ ВОСПРИЯТИЕ РИТМИЧЕСКИХ ЗВУКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

**Огородникова Е.А., Балякова А.А., Пак С.П.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ogorodnikovaea@infran.ru*

**Введение.** Слуховое восприятие ритма - важная характеристика для восприятия музыки и развития функции речи. Она связана с сегментным анализом речевого потока - основой распознавания устной речи и развития ее письменных форм (чтения и письма). Оценка способности к воспроизведению ритмических последовательностей применяется в логопедической практике. Показатель восприятия ритма используют при диагностике центральных нарушений слуха. У пожилых людей его снижение может свидетельствовать о ранней стадии возрастных проблем со слухом, когда данные аудиометрии еще сохраняются на уровне нормы. В то же время сведений о различении ритмических последовательностей молодыми людьми с нормальным слухом недостаточно.

**Цель исследования.** Проведение психофизического тестирования восприятия ритма при норме слуха и сравнение результатов измерений в интервале 10 лет.

**Материалы и методы.** Обследовано 100 испытуемых (43 мужчины, 57 женщин) с нормой слуха в возрасте от 15 до 23 лет. Измерения в подгруппе Б (n=63) проводили на 10 лет позже, чем в подгруппе А (n=37). Последовательности звуковых сигналов разной длительности (5 ритмических паттернов) предъявляли через головные телефоны на комфортном уровне прослушивания (65-70 дБ). Для оценки результатов использовали критерий «успешности» (уровень распознавания - 75% ответов) и критерий Стьюдента для несвязанных выборок.

**Результаты и обсуждение.** Показано, что «неуспешные» по восприятию ритма испытуемые составляют 26% в группе. Среди них доля женщин больше доли мужчин (31 и 18%). Данные подгрупп А и Б свидетельствуют о росте числа «неуспешных» auditors (19 и 30%) и времени их реакции ( $3.6 \pm 0.08$  и  $4.5 \pm 0.13$ ;  $p < 0.01$ ).

**Заключение.** Получены данные о восприятии ритма молодыми аудиторами с нормой слуха. Показана тенденция к ухудшению слухового восприятия ритмических последовательностей, которая коррелирует с данными о снижении уровня развития слухоречевой функции на фоне преобладания образной визуальной информации. Выявлены гендерные различия, которые могут быть связаны с межполушарной локализацией функций.

**Источник финансирования.** Выполнено по теме Госзадания.

## ВОСПРИЯТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛНОВОЙ КАЧКИ

Ляховецкий В.А.<sup>1</sup>, Скотникова И.Г.<sup>2</sup>, Карпинская В.Ю.<sup>1</sup>

*1 - Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт психологии РАН, Москва, Россия  
v\_la2002@mail.ru*

Известно, что изменения в работе вестибулярной системы влияют на зрительное восприятие. Волновая качка является естественной моделью гравитоинерционного воздействия. Низкочастотные колебания воспринимаются вестибулярным аппаратом как внезапные изменения вектора гравитации, не совпадающие с сигналами от других анализаторов. Эффективность выполнения зрительных когнитивных задач при естественной качке и при ее имитации уменьшается. Одним из тестов на изотропность восприятия пространства является оценка параметров отрезков, ориентированных под разным углом к горизонтали. Цель работы - исследование влияния естественной качки на сенсомоторную оценку таких отрезков.

Опыт проводился на берегу и на борту яхты класса Смарагд в водах Ладожского озера при высоте волны 2.5 - 5 м, силе ветра 3 - 10 м/с (3 - 6 баллов по шкале Бофорта). Исследовали влияние качки на моторную оценку длин и направлений отрезков различной ориентации ведущей рукой ( $n = 6$ ) в сравнении с контрольной группой ( $n = 22$ ). На этапе запоминания испытуемые вели ведущей рукой по видимому отрезку, расположенному под различным углом к горизонтали на сенсорном экране, а на этапе воспроизведения повторяли это движение в том же месте на пустом экране.

В обеих группах при запоминании ошибка в оценке длин и направлений отрезков была небольшой и не имела выраженной динамики; при воспроизведении получен моторный эффект отталкивания ("motor oblique effect", отталкивание отрезков различных направлений от канонических осей, вертикальной и горизонтальной). При качке длина отрезка стала оцениваться менее точно (движения становились все более гиперметрическими). Такой паттерн ошибок свидетельствует в пользу гипотезы векторного кодирования, при котором направление и длина планируемого движения кодируются независимо друг от друга. Причем гравитоинерционное воздействие избирательно влияет на точность кодирования длины, а не на направления движения ведущей руки.

Источник финансирования - грант РФФ №22-18-00074.

# ВЛИЯНИЕ ПРАЙМИНГА ИЗОБРАЖЕНИЕМ ЖИВОТНОГО НА ПАРАМЕТРЫ БАЗОВОЙ И СУПЕРОРДИНАТНОЙ КАТЕГОРИЗАЦИИ

Герасименко Н.Ю., Кушнир А.Б., Михайлова Е.С.

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва,*

*Россия*

*nger@mail.ru*

**Введение.** В задачах различения животных и предметов продемонстрировано преимущество детекции животных. Эти изображения могут категоризоваться не только на суперординатном уровне (категория «животные»), но и на базовом (например, «собака» или «кошка»).

**Цель исследования.** Проанализировать, сохранится ли преимущество детекции животных, если предъявлять их в качестве праймов, а не стимулов. Сопоставить влияние прайма-животного при базовой и суперординатной категоризации.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовало 19 испытуемых ( $23.6 \pm 0.7$  лет). Праймы и стимулы - черно-белые фотографии животных и предметов. Регистрировали точность опознания, время реакции и 128-канальную ЭЭГ. В двух сериях проводили категоризацию предметов и животных на базовом уровне, в третьей – на суперординатном. Длительность стимула – 100 мс, ему предшествовал прайм (100 мс) – животное или предмет. Межстимульный интервал - 2.8 - 3.2 с. Анализировали амплитуды компонентов зрительных вызванных потенциалов (ВП).

**Результаты и обсуждение.** При базовой категоризации праймы-животные по сравнению с предметами замедляли опознание стимулов. Прайм-животное вызывал увеличение амплитуд ранних компонентов ВП: височной N50, затылочно-височной P130 и фронтальной N130; центральная поздняя позитивность (LP), напротив, снижалась. При суперординатной категоризации прайм-животное по сравнению с предметом увеличивал точность опознания. Сходно с базовой, при суперординатной категоризации прайм-животное вызывал увеличение ранних компонентов: височной N50, лобно-центральной P50 и затылочной P130. В отличие от базовой категоризации при суперординатной прайм-животное вызывал увеличение LP.

**Заключение.** Прайм-животное произвольно захватывает внимание, что отражается в увеличении амплитуд ранних компонентов. Однако его влияние на параметры опознания стимула зависит от уровня категоризации. При базовой категоризации наблюдается ухудшение опознания значимого стимула, при суперординатной, наоборот, прайм-животное повышает точность его опознания.

# ОЦЕНКА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ МОЗГА И ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ

Дик О.Е.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
dick@infran.ru*

**Введение.** Сосудистая патология мозга связана с медленно прогрессирующей недостаточностью кровоснабжения, приводящей к диффузным структурным изменениям и нарушениям когнитивных функций мозга [1]. Важность ранней диагностики обуславливает необходимость поиска нейрофизиологических коррелятов сосудистой патологии. Отмечается необходимость исследования сверхмедленных колебаний электроэнцефаллограмм (ЭЭГ), относящихся к дельта-диапазону, так как они, вероятно, связаны с регуляцией ритмов дыхания и сердца [2]. В связи с этим одновременный анализ ЭЭГ в условиях форсированного дыхания (функциональной нагрузки в виде гипервентиляционной пробы) и электрокардиограммы (ЭКГ) сердца с последующим анализом динамики частот может способствовать поискам маркеров сосудистой патологии мозга.

**Цель исследования** – применение синхросжатого вейвлет-преобразования для оценки отношения мгновенных частот в низкочастотных составляющих ЭЭГ и временной последовательности интервалов между двумя последовательными R пиками, извлеченными из ЭКГ паттернов у пациентов с сосудистой патологией различной степени тяжести до и во время гипервентиляционной нагрузки.

**Материалы и методы.** Метод синхросжатого вейвлет-преобразования с последующим вычислением частот и времен возникновения корреляции дельта диапазона ЭЭГ и вариабельности сердечного ритма (ВСР) применен для 9 здоровых испытуемых и 15 пациентов с сосудистой патологией, ассоциированной с вегето-сосудистой дистонией (группа I) и связанной с вертебрально-базилярной недостаточностью, развившейся в результате шейного остеохондроза (II группа).

**Результаты и обсуждение.** Анализ частот в низкочастотных составляющих ЭЭГ и последовательности RR интервалов, извлеченных из ЭКГ, проведенный до и после гипервентиляционной нагрузки для двух групп испытуемых с сосудистой патологией разной степени тяжести, показал, что уменьшение времени возникновения корреляции между частотами дельта-диапазона ЭЭГ и ВСР связано со степенью сосудистой патологии головного мозга.

**Заключение.** Проведенный анализ может быть полезен при поиске нейрофизиологических коррелятов степени тяжести сосудистой патологии головного мозга.

## **Список литературы**

1. Walker K.A. JAMA, 322, 2019. 535–545.
2. Knyazev G.G. Neurosci. and Biobeh. Reviews, 36, 2012. 677–695.

## **Источник финансирования**

Исследование поддержано государственным финансированием Института физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411784-3-3.1.8)

# ЭКСПРЕССИЯ КАЛЬЦИЙ-СВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА КАЛЬРЕТИНИНА НЕЙРОНАМИ ДОРЗАЛЬНОГО НАРУЖНОГО КОЛЕНЧАТОГО ТЕЛА КОШКИ

**Михалкин А.А., Меркульева Н.С.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
mikhalkin@infran.ru*

**Введение.** Дорзальное наружное коленчатое тело (НКТд) – главное таламическое звено обработки зрительной информации на пути из сетчатки в зрительную кору. Ядро состоит из нескольких слоёв, содержащих элементы проводящих каналов, отвечающих за разные аспекты зрительного восприятия. Часть нейрональных популяций НКТд маркируется кальций-связывающими белками. Например, у приматов белки кальбиндин и кальретинин (CLR) маркируют нейроны Конио канала, участвующего в обработке информации о движении, глазодвигательной интеграции и др. При этом у хищных прямая связь кальбиндина с элементами W канала (аналога Конио канала) не показана, а информация по кальретинину в НКТд хищных практически отсутствует.

**Цель исследования.** Исследовать распределение и постнатальное развитие кальретинин-иммунопозитивных (CLR+) нейронов НКТд кошки.

**Материалы и методы.** В эксперименте использованы животные возрастом 0-70 недель. На фронтальных срезах зрительного таламуса проводили иммуногистохимическую реакцию с антителами к CLR и глутаматдекарбоксилазе-67 (GAD-67) – ферменту, отвечающему за синтез ГАМК. Визуализацию проводили посредством ДАБ-пероксидазного протокола или вторичных флуоресцентных антител.

**Результаты и обсуждение.** CLR+ нейроны выявлены во всех слоях НКТд независимо от возраста. При этом мечение нейропиля наиболее выражено в мелкоклеточных С слоях (Ср). У животных младше 5 недель площадь сомы меченых нейронов достоверно увеличивалась от дорзального слоя А к вентральным Ср слоям. В этот период в Ср слоях обнаружены крупные CLR+ нейроны, отсутствующие у животных старшего возраста. По ряду признаков они сходны с популяцией релейный нейронов НКТд, формирующих связи с I слоем первичной зрительной коры. Двойное мечение CLR и GAD-67 у животных в возрасте 3 месяцев указывает на то, что около половины CLR+ нейронов могут быть тормозными, при этом доля CLR+/GAD-67+ нейронов значительно снижена в Ср слоях.

**Заключение.** Характеристики ряда CLR+ нейронов НКТд позволяют отнести их к элементам W канала. При этом одна из его субпопуляций является транзиторной и исчезает у животных младше 5 недель.

## **Источник финансирования**

Работа выполнена при поддержке Госпрограммы 47 ГП «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», тема 63.3. № 1021062411653-4-3.1.8

# ИССЛЕДОВАНИЕ АКСОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА У МЫШЕЙ СКЛОННЫХ К НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТОКОНТРАСТНЫХ НАНОЧАСТИЦ И МРТ

Зуев Д.С.<sup>1,2</sup>, Шарапова М.Б.<sup>1</sup>, Ромашенко А.В.<sup>1</sup>

1 - *ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия*

2 - *НГУ, Новосибирск, Россия*

*zuevdaniil.zuevdaniil@gmail.com*

**Введение.** Нарушение аксонального транспорта (АТ) — ранний признак многих нейродегенеративных заболеваний (НЗ), например болезни Паркинсона (БП). На ранних этапах БП поражает обонятельные луковицы (ОЛ), ядра черепных нервов, поражение стриатума и черной субстанции наступает позднее [1]. Ранее было показано, что наночастицы (НЧ), например НЧ  $Mn_3O_4$ , захватываются обонятельными нейронами из носовой полости и транспортируются АТ в мозг; таким образом, НЧ могут служить для изучения АТ в ОЛ с помощью МРТ [2].

**Цель исследования** — сравнить распространение НЧ  $Mn_3O_4$  в ОЛ мышей линий C57Bl и B6.Cg-Tg(Prrp-SNCA\* $A53T$ )23Mkle (модель БП).

**Материалы и методы.** Использовали однопометных самцов C57Bl и B6.Cg-Tg в возрасте 8, 16 и 30 недель, по 6 мышей в каждой группе. Суспензию НЧ  $Mn_3O_4$  в физиологическом растворе закапывали интраназально и через 3, 6, 9, 12, 24, 48, 96 ч делали T1-взвешенные МРТ снимки мозга. Количество частиц определяли по интенсивности T1-МРТ сигнала (T1C).

**Результаты и обсуждение.** В возрасте 8 недель линии не отличались по скорости накопления НЧ  $Mn_3O_4$  в ОЛ, но в 16 и 30 недель у группы C57Bl скорость накопления была достоверно выше и максимальное значение T1C достигалось достоверно быстрее.

**Заключение.** МРТ, усиленная магнитоконтрастными НЧ, позволяет исследовать АТ и может лечь в основу подхода для ранней диагностики нейродегенеративных заболеваний.

## Список литературы

1. Del Tredici K. и др. // *Neuropathol Appl Neurobiol.* 2016. №1 (42). С. 33–50.
2. Romashchenko A.V. и др. Quantitative tracking of trans-synaptic nose-to-brain transport of nanoparticles and its modulation by odor, aging, and Parkinson's disease // *Nano Res.* 2023. № 5 (16). С. 7119–7133.

**Источник финансирования** бюджетный проект 0259-2019-004.

## ВКЛАД АКСОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ДОСТАВКУ НАНОЧАСТИЦ $Mn_3O_4$ ИЗ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ В ЦНС

Шарапова М.Б.<sup>1</sup>, Ромашенко А.В.<sup>1,2</sup>

1 - ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

2 - ФИЦ ИВТ СО РАН, Новосибирск, Россия

barberry1505@gmail.com

**Введение.** Ранее мы показали, что при интраназальном введении  $Mn_3O_4$ -НЧ накапливаются в обонятельных луковицах, перемещаясь внутриклеточно по аксонам, входящим в состав обонятельного нерва [1]. Однако, остается неясным вклад неаксонального транспорта (по сосудам, перинейрально и периваскулярно) в перемещение НЧ в другие структуры ЦНС.

**Цель исследования:** оценить роль аксонального и неаксонального транспорта в накоплении  $Mn_3O_4$ -НЧ в структурах ЦНС после их интраназального введения.

**Материалы и методы.** Работа была выполнена на самцах мышей линии C57Bl/6 SPF-статуса в возрасте 8 недель. Накопление НЧ в структурах ЦНС оценивали на T1-взвешенных изображениях, полученных на сверхвысокопольном магнитно-резонансном томографе BioSpec 17/16USR (Bruker, Германия) с напряженностью магнитного поля 11,7 Т. В качестве НЧ использовали парамагнитные  $Mn_3O_4$ -НЧ. Для подавления аксонального транспорта колхицин вводили интраназально за 5 минут до введения НЧ.

**Результаты.** Мы показали, что после интраназальной доставки НЧ могут накапливаться в структурах обонятельной системы (передние обонятельные ядра, латеральный обонятельный тракт и др.) и тройничном нерве (ТН), а также в гипофизе. При этом использование колхицина не влияло на интенсивность сигнала в гипофизе и ТН, но снижало его в обонятельных луковицах и других анатомически связанных структурах.

**Заключение.** Таким образом, мы продемонстрировали роль неаксонального транспорта в перемещении НЧ из носовой полости в гипофиз и вдоль ТН. При этом по структурам обонятельной системы НЧ перемещались с помощью аксонального транспорта. Данный результат может быть полезен при разработке новых подходов к адресной доставке лекарственных препаратов в обход ГЭБ.

### Список литературы:

1. Romashchenko A. V. и др. The role of olfactory transport in the penetration of manganese oxide nanoparticles from blood into the brain // Vavilovskii Zhurnal Genet Selektzii. 2019. T. 23. № 4. С. 482–488.

**Финансирование:** бюджетный проект 0259-2019-0004.

# СВЯЗЬ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В МОЧЕ САМЦОВ С ОБОНЯТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКОЙ ИХ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА САМКАМИ

Хоцкина А.С., Юсупова Д.И., Завьялов Е.Л.

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
dotcenko@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Выбор полового партнера является одним из важнейших факторов полового отбора, определяющим какие особи вступят в размножение и оставят потомство. Грызуны при помощи хемосигналов от других особей способны определить их пол, возраст, диету и иммунный статус. Данные признаки являются косвенными показателями приспособленности полового партнера к условиям окружающей среды и, следовательно, способности успешно размножиться и сохранить потомство. Тем не менее, остается не ясным, какую информацию о репродуктивном успехе полового партнера животные способны получить при анализе феромонов и метаболитов конспецифика.

**Цель исследования.** Установить сигнальную роль летучих органических соединений мочи самцов мышей в обонятельной оценке их репродуктивного потенциала самками.

**Материалы и методы.** В эксперименте использовали самцов и самок линии C57BL/6 SPF-статуса. Каждому самцу на 6 дней подсаживали по 2 самки и оценивали количество покрытий, а также число зачатых эмбрионов. У самцов собирали мочу до подсадки к самкам, а также после покрытия или в конце эксперимента. Образцы мочи использовали для хроматомасспектрометрического анализа, а также по два образца предъявляли самкам для оценки привлекательности самцов как половых партнеров.

**Результаты и обсуждение.** При помощи газовой хроматографии было детектировано 34 пика в моче интактных самцов. При содержании с самками количественное содержание 5 соединений достоверно снижалось, тем не менее уровень феромонов - SBT и экзобревикомина не изменялся. Самки в ольфакторном тестировании предпочитали самцов, имеющих половой опыт ( $p < 0,01$ ), а среди них – способных покрыть самок ( $p < 0,01$ ) и зачавших меньшее количество потомков ( $p < 0,05$ ). Многомерный анализ хроматографических данных позволил достоверно разделить исследованные группы самцов.

**Заключение.** Летучие органические соединения мочи самцов несут информацию об их репродуктивном успехе, которая распознается обонятельной системой самок и служит основанием для выбора полового партнера.

**Источник финансирования:** Бюджетный проект 0259-2019-0004

**НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ НЕВЕРБАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ У  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ КУЛЬТУР: РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ**  
**Жукова О.В.<sup>1</sup>, Шелепин Ю.Е.<sup>1</sup>, По Лей Ли<sup>2</sup>, Хао Тенг<sup>2</sup>, Васильев П.П.<sup>1</sup>,  
Фокин В.А.<sup>3</sup>, Труфанов Г.Е.<sup>3</sup>, Соколов А.В.<sup>3</sup>**

*1 - Институт физиологии им И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Национальный центральный университет Тайваня, Таоюань, Китай*

*3 - ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*volgazhukova@gmail.com*

**Введение.** Исследования механизмов распознавания мимики в системе межличностной коммуникации является важнейшей фундаментальной проблемой когнитивных наук.

**Цель.** Исследовать особенности паттернов невербальной коммуникации у представителей разных культур: русской и китайской.

**Материалы и методы.** Проведены исследования нейрофизиологических механизмов конструктивного невербального взаимодействия между участниками, представителями исторически разных культур, с принципиально различным языком и письменностью, в Санкт-Петербурге и в Тайбэе. В реальном масштабе времени, разработана специальная игра в Интернете, требующая достижение цели за минимальное время. Проведены fMPT и fNIRS исследования.

**Результаты.** Увеличение количества активированных вокселей показано в областях теменной, премоторной, фронтальной, нижнефронтальной и височной коры головного мозга. Необходимо отметить, что выявленные зоны активно участвуют на разных этапах невербальной коммуникации, в описании пространственных отношений (элементов лица), отношении и положении в пространстве между людьми, в привлечении внимания и в принятии решений. Активация в теменных отделах головного мозга играет ключевую роль в наших условиях социального взаимодействия, причем большая активация наблюдается в левом полушарии. При общении лицом к лицу активируется сеть «зеркальных нейронов».

**Заключение.** Полученные данные демонстрируют отличия в мимике, но поиск идёт одинаково. Выявленные единые алгоритмы социального взаимодействия у русских и китайских игроков позволяют предположить универсальность механизмов, лежащих в основе разных фаз конструктивного взаимодействия. Партнеры в совместной деятельности быстро вырабатывают единые алгоритмы поведения, которые открывают новые пути обучения искусственных нейронных сетей в обеспечении "интуитивного" невербального общения машины и человека.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНТАЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ СТРЕССА ПРИ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ

Лелеко Л.П., Онищенко Д.А., Кирсанов А.С.

*Научно-технологический Университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия  
lpleleko@gmail.com*

**Введение.** Повышение когнитивной нагрузки (КН) положительно связано с психофизиологическими показателями стресса и частотой совершаемых ошибок. Известно, что КН характеризуется сложностью задачи и влиянием дистракторов: внешних и внутренних. Мы предполагаем, что ментальные тренировки (МТ) могут снизить влияние дистракторов, благодаря повышению навыков саморегуляции и психической устойчивости и, следовательно, снизить интенсивность КН, что приведет к снижению стресса. В этой работе мы адаптировали и апробировали протокол ментальных тренировок, а также оценили его влияние на деятельность вегетативной нервной системы во время выполнения задач с варьируемой КН.

**Цель исследования.** Изучить влияние ментальных тренировок на психофизиологические корреляты стресса при контролируемой когнитивной нагрузке.

**Материалы и методы.** В pre- post-test исследовании участвовали здоровые люди случайным образом разделенные на экспериментальную (N=16) и контрольную группы (N=16). Участники выполняли МТ 3 недели 4 дня в неделю. В качестве МТ использовали аудиозаписи упражнений: контроль дыхания, идеомоторная тренировка и упражнения, направленные на понимание границ контроля жизненных ситуаций. Для регистрации психофизиологических коррелятов стресса использовали показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС), вариабельность сердечного ритма (ВСР) и электродермальную активность (ЭДА) (Shimmer, Германия), датчики располагали на пальцах не-ведущей руки. Для оценки уровня психической устойчивости использовался опросник MTQ-18. Для моделирования КН использовали методики 3D-MOT и N-back.

**Результаты.** МТ имеют существенное влияние на показатели ЭДА, ЧСС и ВСР, а также повышают результативность выполнения N-back и 3D-MOT.

**Заключение.** МТ могут быть эффективным методом для повышения когнитивных способностей в задачах, включающих активное использование рабочей памяти.

**Источник финансирования.** Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075- 10-2021-093; Проект ISR-RND-2252).

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧИ (К 100-ЛЕТИЮ ПРОФ. Л.А. ЧИСТОВИЧ И ПРОФ. В.А. КОЖЕВНИКОВА)

**Огородникова Е.А., Столярова Э.И., Пак С.П.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
ogorodnikovaea@infran.ru*

**Введение.** В 2024 году исполняется 100 лет со дня рождения известных исследователей речи профессоров Людмилы Андреевны Чистович и Валерия Александровича Кожевникова, возглавлявших лаборатории физиологии и биофизики речи в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН с 60-х по 80-е годы. Кроме того, 16 сентября 2024 года отметила 90-летний юбилей их ближайшая соратница, руководившая исследованием речевых сигналов после их ухода, Валентина Владимировна Люблинская. События послужили поводом для ретроспективы достижений экспериментального изучения речи и планов его развития в Институте.

**Цель исследования.** Представлен обзор основных работ по исследованию речи и речевого слуха, а также результатов, включенных в прикладные биомедицинские и образовательные (специальная педагогика) технологии выявления слухоречевых расстройств, реабилитации пациентов с тугоухостью разного возраста - от скрининга слуха новорожденных до профилактики потерь слуха у пожилых людей.

**Материалы и методы.** Показано развитие методов моделирования и психоакустического исследования процессов восприятия речи, синтеза экспериментальных речевых сигналов, а также применения разработок, базирующихся на данных, полученных в Институте физиологии им. И.П. Павлова РАН совместно с партнерскими организациями в России и за рубежом.

**Результаты и обсуждение.** Обсуждаются результаты экспериментального изучения слухоречевой функции, начиная с работ космической направленности (проблемы дальней связи) до программно-аппаратных средств для коррекции и реабилитации тугоухости, профилактики возрастных рисков по слуху, а также участия в создании направлений «раннего вмешательства» и «биологические и социальные основы инклюзии».

**Заключение.** Показаны перспективы развития направления и реализации новых научно-исследовательских проектов в области экспериментальных исследований слухоречевой функции в норме и при патологии различного профиля.

**Источник финансирования.** НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

# ЗНАЧЕНИЕ ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ НЕЙРОННЫХ СВЯЗЕЙ В КОРЕ ДЛЯ СТЕРЕОПСИСА

Алексеев С.В.

*Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
binocularity@yandex.ru*

**Введение.** К настоящему времени неизвестны структурные основы разделения способов оценки удаленности объектов на грубый стереопсис (при хождении по ступенькам) и тонкий (при вдевании нитки в иголку). Стереозрение базируется на анализе различий (диспаратности) изображений объектов на сетчатках. Чувствительные к диспаратности бинокулярные нейроны (Н) впервые наблюдаются в первичной зрительной коре. Очевидно, что возможность их формирования зависит от длины аксонов конвергирующих на них монокулярных Н.

**Цель исследования** – сопоставить полученные нами ранее данные о протяженности связей в первичной коре у монокулярных Н с картой проекций точечных объектов пространства в коре через разные глаза [1, 2].

**Методика исследований.** Ионофоретическое введение в глазодоминантные колонки коры кошки ретроградно транспортируемого маркера связей Н и реконструкция расположения тел меченых клеток.

**Результаты и обсуждение.** Выявлен определенный ( $5\pm 0,7$  мм) и независимый от положения в коре размер внутризональных связей для колонок, иннервируемых из левого и правого глаз. Это дает возможность комбинаций между аксонами конвергирующих монокулярных Н в пределах размеров зон связей и формирование совокупности бинокулярных Н, чувствительных к относительно малым значениям диспаратности. Это структурная база тонкого стереопсиса. Однако точная оценка глубины периферийными Н из-за большого размера рецептивных полей не может быть обеспечена. Качественная оценка положения объектов (грубый стереопсис) происходит для объектов, проекции которых через разные глаза расположены в коре на расстояниях, превышающих длину внутризональных связей. В этих случаях наблюдается диплопия (двоение).

**Заключение.** Ограниченная протяженность внутризональных нейронных связей обуславливает разделение нейронных сетей грубого и тонкого стереопсиса.

## Список литературы

1. Алексеев С.В., Топорова С.Н., Макаров Ф.Н. Микротопография корковых полей 17 и 18 у кошки / Сенсорные системы, 1999, 13 (4): 278–283.
2. Alekseenko S.V. Neuronal Representation of 3-D Space in the Primary Visual Cortex and Control of Eye Movements / Perception, 2015, 44(8–9): 995–1006.

# ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММЫ СЛОЖНЫХ ГЛАЗ У МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ *APIS MELLIFERA CARNICA*

Скиба Б.О., Пуйто А.А., Новикова Е.С.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
os\_sacrum@list.ru*

**Введение.** Трутни (♂) медоносных пчел в отличие от фуражиров (♀) обладают крупными сложными глазами с неравномерным распределением зрительных пигментов: зеленый только в вентральной части сетчатки, синий и УФ – преимущественно в дорсальной. Разработанный нами ранее неинвазивный метод отведения электроретинограммы (ЭРГ) от всей поверхности глаз [1] позволил оценить общую чувствительность глаз пчел и выявить половые различия.

**Цель исследования:** определить половые различия ЭРГ медоносных пчел.

**Материалы и методы.** Обездвиженное насекомое помещали в экспериментальную установку, после 1 часа темновой адаптации подавали вспышки монохроматического света ( $\lambda_{\max}$  525, 470 и 365 нм) 10, 50, 100 и 500 мс с возрастающей интенсивностью. Отводящий золотой электрод располагали на поверхности сложных глаз. Стальной индифферентный электрод имел электрический контакт через смоченную раствором Рингера вату в области шеи.

**Результаты.** ЭРГ трутней кроме рецепторного отрицательного пика содержит выраженный положительный пик оп-ответа на зеленый и синий свет, а также отрицательный пик off-ответа, особенно заметный при длительных стимуляциях. В ряде случаев амплитуда off-ответа превышает амплитуду оп-ответа. У фуражира небольшой положительный пик наблюдали крайне редко, off-ответ меньше по амплитуде по сравнению с трутнями и заметен только при длительных вспышках (100-500 мс).

**Заключение.** У трутней выражены компоненты ЭРГ, характерные для более глубоких слоев клеток – ламины.

## Список литературы

1. Неинвазивная регистрация электроретинограммы от обоих сложных глаз у таракана *Periplaneta americana* L. в ответ на световые стимулы / Е. С. Новикова, Л. А. Астахова, А. Ю. Ротов, М. И. Жуковская // Сенсорные системы. – 2024. – Т. 38, № 1. – С. 52-65.

Работа поддержана грантом РФФ № 23-74-01147.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА SINGLE-CELL PCR ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВОГО СПЕКТРА ЗЕЛЕННЫХ ПАЛОЧЕК СЕТЧАТКИ АМФИБИЙ

**Чернышкова О.В., Николаева Д.А., Ни В.И., Фирсов М.Л.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия*  
*olv.chernyshkova@gmail.com*

**Введение.** У бесхвостых амфибий в сетчатке в небольшом количестве имеются уникальные «зеленые» палочки, обладающие более коротковолновым спектром поглощения по сравнению с классическими «красными» палочками. Их функция не до конца понятна, есть предположение, что они могут обеспечивать зрение при сверхнизких уровнях освещенности. Номенклатура белков каскада фототрансдукции, универсальна для фоторецепторов позвоночных, но отдельные белки могут иметь разные изоформы, что может объяснять различия в работе «зеленых» и «красных» палочек.

**Цель исследования.** Разработать и апробировать методику для селективного отбора гомогенной фракции палочек сетчатки лягушки *P. ridibundus* и жабы *B. bufo* для анализа изоформ белков каскада фототрансдукции с помощью метода single-cell RT-PCR.

**Материалы и методы.** Для определения спектрального типа палочки была использована техника регистрации тока одиночной палочки при помощи всасывающей пипетки (suction pipette) [1]. Далее палочка изолируется и криофиксируется в жидком азоте. Накопленный материал анализируется методом SC RT-PCR.

**Результаты.** Протокол был оптимизирован для максимально быстрого и однозначного определения спектрального типа. Вся процедура спектральной идентификации занимала около 5 минут. Эмпирически полученное соотношение красных/зеленых палочек было равно 10:1. Мы показали, что 5 наружных сегментов достаточно для идентификации белков методом SC-PCR.

**Заключение.** С использованием новой методики нам удалось набрать для каждого отдельного эксперимента необходимое количество наружных сегментов «зеленых» и «красных» палочек. В работе представлены данные о распределении изоформ, а также сделаны выводы о их возможном влиянии на функциональные свойства палочек.

## **Список литературы.**

1. Фирсов М.Л., Говардовский В.И. Темновой шум зрительных пигментов с различным положением максимума поглощения // Сенсорные Системы. 1990. Т. 4. С. 25-34.

**Источник финансирования.** Работа поддержана грантом РФФ №24-24-00484.

# ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НА КОРОТКОВОЛНОВОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ТАРАКАНА *PERIPLANETA AMERICANA* L. ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ОЦЕЛЛЕЙ

**Скиба Б.О., Новикова Е.С.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
skiba.bogdan92@gmail.com*

**Введение.** Зрительная система ночного таракана *Periplaneta americana* L. кроме сложных глаз включает оцеллы, функции которых мало изучены. Описаны нисходящие оцеллярные нейроны к двигательным центрам брюшных ганглиев [1], что говорит о возможной регуляции локомоции. Кроме того, оцеллы могут модулировать светозависимые реакции, запускаемые со сложных глаз, как было показано для оптомоторной реакции [2]. Ранее нами была описана реакция замирания на УФ свет [3], роль оцелл в которой неизвестна.

**Цель исследования:** изучение роли оцелл в формировании двигательных реакций на коротковолновое освещение у американского таракана.

**Материалы и методы.** Исследование проводили на одиночных самцах в начале темновой фазы фоторежима. Оцеллы экранировали двумя слоями краски, сажали группу тараканов в экспериментальную установку и через 3 дня начинали эксперимент. После захода таракана в тестовую камеру, доступ в нее перекрывали и проводили видеорегистрацию поведения, во второй половине эксперимента включали УФ освещение (400 нм, 1 мВт/см<sup>2</sup>). Анализировали локомоцию, груминг, остановки и замирания.

**Результаты.** При экранировании оцелл локомоторная активность снижается незначительно, но увеличивается число и общее время остановок. Чистки ног становятся реже и продолжительнее. Частота и длительность замираний не меняются.

**Заключение.** Оцеллы не играют решающую роль в реакции замирания на УФ свет, однако увеличение числа и времени остановок и изменения груминга подтверждают влияние на иные двигательные реакции на освещение.

## Список литературы

1. Mizunami M. Neural organization of ocellar pathways in the cockroach brain //Journal of Comparative Neurology. – 1995. – Т. 352. – №. 3. – С. 458-468.
2. Zhukovskaya M. et al. Behavioral responses to visual overstimulation in the cockroach *Periplaneta americana* L //Journal of Comparative Physiology A. – 2017. – Т. 203. – С. 1007-1015.
3. Honkanen A. et al. The role of ocelli in cockroach optomotor performance //Journal of Comparative Physiology A. – 2018. – Т. 204. – С. 231-243.

Работа поддержана грантом РНФ № 23-74-01147.

# ВЛИЯНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ И ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОЛЬФАКТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЫШЕЙ ЛИНИИ C57BL/6

Ибраева А.Ж.<sup>1,2</sup>, Ромашенко А.В.<sup>1,3,2</sup>

1 - *ФИЦ ИВТ СО РАН, Новосибирск, Россия*

2 - *МНИЦ ПМЭМ, Томск, Россия*

3 - *ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия*

*ibraeva.azhar4@mail.ru*

**Введение.** За последнее десятилетие возрос интерес к магнитоэлектрическим наночастицам (МЭ НЧ), в связи с расширяющимся спектром их применений, например, для глубокой стимуляции мозга, которую используют для лечения различных нейродегенеративных заболеваний, тремора, боли, психических расстройств. МЭ НЧ способны трансформировать колебания внешнего магнитного поля в дипольные электрические поля, что делает их привлекательными при разработке новых подходов к интерфейсу внешнего беспроводного управления биологическими системами [1].

**Цель исследования.** Исследовать совместное влияние наночастиц и переменного магнитного поля на ольфакторное поведение животных в тесте на восприятие запаховых стимулов.

**Материалы и методы.** Работа была выполнена на самцах мышей линии C57BL/6 SPF-статуса в возрасте 12-14 недель. В качестве обонятельного стимула использовался ацетофенон ( $12 \times 10^{-3}\%$ ). Запаховый стимул предъявляли последовательно 5 раз по 2 минуты с 2-х минутным перерывом между предъявлениями. Способность животных распознавать запахи оценивали по времени обнюхивания, в присутствии или в отсутствии постоянного (10 мТл) и переменного магнитных полей (ПМП) (10 Гц, 10 мТл). За 24 часа животным интраназально вводили НЧ (магнитные НЧ - MFO и магнитоэлектрические НЧ - MFO@BCZT) или растворитель.

**Результаты.** Предъявление ПМП увеличивало время обнюхивания запаховых стимулов в ольфакторном тесте у мышей, которым вводили интраназально MFO@BCZT НЧ, но не MFO НЧ или растворитель, при этом ПМП не влияло на способность животных этой группы распознавать запахи, группы без ПМП по количеству обнюхивания достоверно не отличались.

**Заключение.** Таким образом, мы продемонстрировали, что MFO@BCZT НЧ возможно использовать для стимуляции нейронов *in vivo*.

Финансирование: РФФ №24-43-00171.

## Список литературы:

1. Betal S., Meyer L., Rahman N. et al. Magneto-elasto-electroporation (MEEP): In-vitro visualization and numerical characteristics. // Scientific reports. 2016. Vol. 6, No. 3. P. 32019.

# ОСОБЕННОСТИ МЕХАНОРЕЦЕПТОРОВ СТОП ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Рябова А.М., Бекренева М.П., Савеко А.А.

*ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия  
aleksriabova@yandex.ru*

**Введение.** Понимание ключевой роли опорного афферентного входа в регуляции мышечно-тонической системы человека было получено благодаря результатам космических и наземных исследований в области гравитационной физиологии сенсомоторной системы. Позднее была показана эффективность подошвенной стимуляции как средства профилактики двигательных нарушений у космонавтов и метода восстановления двигательных функций после инсульта, при болезни Паркинсона, детском церебральном параличе, невропатиях и многих других [1, 2]. Эффективные протоколы создания дополнительного опорного афферентного сигнала через подошвенную поверхность остаются предметом активного обсуждения.

**Цель:** на основе актуальных литературных данных выделить наиболее перспективные подходы к восстановлению двигательных функций человека путём воздействия на подошвенную поверхность стоп.

**Материалы и методы.** Были собраны данные литературы с 1980 по 2024 гг., в которых изучались чувствительность кожных афферентов стоп, спинальные и супраспинальные ответы на их стимуляцию, а также эффективность клинического применения различных протоколов подошвенной стимуляции в неврологии – механическая стимуляция, вибростимуляция, электростимуляция, применение текстурированных стелек и массажа.

**Результаты.** В основу доклада легли 128 источников. Результаты указывают на наиболее многообещающие эффекты применения механической стимуляции. Определены оптимальные диапазоны силы и типы воздействия, конфигурация перспективных устройств для опорной стимуляции.

**Заключение.** Полученные результаты могут быть полезны для практикующих врачей.

## **Список литературы**

1. Саенко Д.Г., Томиловская Е.С. Представления ИБ Козловской о воздействии микрогравитации на систему управления позой // *Авиакосм. и эколог. мед.* – 2020. – Т. 54. – №. 6. – С. 43–49.
2. Левик Ю.С. Исследования в космосе и новые концепции в физиологии движений // *Авиакосм. и эколог. мед.* – 2020. – Т. 54. – №. 6. – С. 80–91.

## **Источник финансирования**

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-25-00354.

**СЕКЦИЯ «СТРЕСС И ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»**

## ВОСПОМИНАНИЯ О НИКОЛАЕ НИКОЛАЕВИЧЕ ДЫГАЛО

Филаретова Л.П.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
filaretovalp@infran.ru*

Воспоминания затрагивают встречи с Николаем Николаевичем Дыгалом на протяжении нашего 40-летнего научного пути в эндокринологии и изучении проблемы стресса. Первая встреча состоялась в 1981 г. на Всесоюзном симпозиуме «Эндокринные механизмы регуляции приспособления организма к мышечной деятельности» в Тарту. Последняя – 6 декабря 2023 г. на конференции «Интегративная физиология-2023», на Пленарной секции которой Николай Николаевич выступил с приглашенным докладом [1], поделился результатами работы своего коллектива, полученными при использовании самых современных методов. Между этими двумя встречами на протяжении четырех десятилетий было много других встреч на конференциях в разных городах, наиболее частыми в Ленинграде/Петербурге, не столь частыми, но хорошо сохранившимися в памяти, в Академгородке. Неоднократно встречались с Николаем Николаевичем, Галиной Трифоновной Шишкиной и сотрудниками его лаборатории на Международном симпозиуме “Symposium on Catecholamines and Other Neurotransmitters in Stress” в замке Смоленицы под Братиславой, последний раз – в июне 2019 года. Продолжительное и дружеское общение с Николаем Николаевичем было предопределено добрым и уважительным отношением друг к другу учителей – Евгения Владимировича Науменко и Анатолия Аркадьевича Филаретова, оба из которых имели общий научный интерес к исследованию гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы. Николай Николаевич очень достойно продолжил дело своего учителя, оставил своим коллегам и своим ученикам современную лабораторию с созданными им новыми научными направлениями, свой опыт и пример своего страстного отношения к науке. Николай Николаевич остается в памяти человеком, увлеченным наукой, всегда напористо устремленным к новым достижениям, сохранившим задор молодых лет, с которым всегда было жизнерадостно общаться.

### **Список литературы**

1. Дыгало Н.Н. Аспекты глутаматергической нейротрансмиссии в регуляции нейрохимических и поведенческих ответов на стресс, В сб.: Всероссийская конференция с международным участием «Интегративная физиология». Санкт-Петербург. 2023. С. 6.

# АНТИ-АПОПТОЗНЫЙ БЕЛОК Bcl-XL ВОВЛЕКАЕТСЯ В ПОВЫШЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К СТРЕССУ

**Шишкина Г.Т., Ланшаков Д.А., Баннова А.В., Комышева Н.П., Дыгало Н.Н.**

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия*

*gtshi@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Экспрессия анти-апоптозного белка Bcl-xL в гиппокампе может повышаться в ответ на стресс. Этот эффект у грызунов ассоциировался с устойчивостью к индукции стрессом депрессивно-подобного поведения [1]. В настоящей работе оценивали поведение животных после подавления экспрессии Bcl-xL в структуре.

**Материалы и методы.** Для подавления экспрессии Bcl-xL в гиппокампе взрослых самцов крыс использовали TET-ON систему на основе лентивирусных векторов для контролируемой доксициклином (Dox) экспрессии трансгенов. Вектор (5 мкл) вводили в стереотаксисе под наркозом билатерально в область CA1 гиппокампа. Через 2 недели после введения вектора, половина животных в течение 7-ми дней получала с питьевой водой Dox. На 6 и 7 дни проводили претестовые и тестовые сессии теста принудительного плавания (11-13 животных в группе). Через 30 мин после тестовой сессии проводили сбор образцов: гиппокампа и фронтальной коры для определения иммуноблотом белков Bcl-xL и мозгового нейротрофического фактора (BDNF), а также плазмы крови для определения иммуноферментным методом уровней кортикостерона и интерлейкина-6.

**Результаты и обсуждение.** Ген-направленное снижение экспрессии Bcl-xL приводило у крыс к усугублению депрессивно-подобного ответа на стресс принудительного плавания. Этому поведенческому эффекту сопутствовало изменение экспрессии BDNF в гиппокампе, а также функционирования надпочечников, проявляющееся увеличением веса желез и снижением стрессорного уровня кортикостерона в периферической циркуляции.

**Заключение.** Экспрессия Bcl-xL в гиппокампе может способствовать психобиологической устойчивости к индуцируемой стрессом депрессии через механизмы, включающие пути, не связанные напрямую с антиапоптозной функцией этого белка.

## **Список литературы**

1. Shishkina GT, Kalinina TS, Berezova IV, Bulygina VV, Dygalo NN. Resistance to the development of stress-induced behavioral despair in the forced swim test associated with elevated hippocampal Bcl-xl expression. Behav Brain Res, 2010, 213(2): 218-224.

## **Источник финансирования**

№ FWRN-2022-0023

# ПРОГРАММИРОВАНИЕ НЕЙРОХИМИИ МОЗГА И ПОВЕДЕНИЯ КРЫС ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В ПЕРИНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

Калинина Т.С., Шишкина Г.Т., Сухарева Е.В., Ланшаков Д.А., Баннова А.В., Булыгина В.В., Дыгало Н.Н.

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
kalin@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Значимость перинатального периода развития для всей последующей жизни имеет множество экспериментальных подтверждений, но понимание механизмов, лежащих в их основе, далеко от ясности.

**Цель и методы исследования.** Анализ нейрохимических систем мозга и регулируемых ими форм поведения после повышения гормонов стресса и ген-направленных воздействий в раннем онтогенезе на основании оценки поведения и уровней экспрессии ключевых генов (Real-time PCR) и белков (Western-blot, ИНС) нейропластичности, микроглии, моноаминергических и глутаматергической систем в отделах мозга крыс разного возраста.

**Результаты и обсуждение.** Многолетними работами нашего коллектива установлено, что в определенный период перинатального онтогенеза уровни экспрессии генов и белков нейропластичности, цитокинов и ключевого фермента синтеза катехоламинов крайне чувствительны к внешним неблагоприятным факторам, моделируемых введением гормонов стресса - глюкокортикоидов. Изменение уровней мРНК и белков проявляются уже в первые часы после гормонального воздействия. Активация компенсаторного ответа сменяется нарушением еще несформированных нейрохимических и морфогенетических процессов, контролируемых исследуемыми белками, что перманентно меняет как функционирование катехоламинергических систем в покое, так и модифицирует реакцию медиаторных систем мозга при действии стресса у ювенильных и взрослых животных, что приводит к отклонениям в реакции на эмоциональный стресс, изменению уровня тревожности и проявлений депрессивно-подобного поведения.

**Заключение.** Корректность образования нейронных связей, нейроглиальных ансамблей, обеспечивающих необходимый уровень активности нейрохимических систем в чувствительный период перинатального развития критически важно для нейротрансмиттерных систем и поведения взрослых животных. Отклонения формирования данных параметров могут являться причиной патологии психоэмоциональной сферы.

**Источник финансирования.** Бюджетный проект FWNR-2022-0023.

## УЧАСТИЕ ИНСУЛИНОПОДОБНОГО ФАКТОРА РОСТА 2 В ЭФФЕКТАХ РОДИТЕЛЬСКОГО СТРЕССА У ПОТОМКОВ

**Ордян Н.Э.<sup>1</sup>, Малышева О.В.<sup>1,2</sup>, Акулова В.К.<sup>1</sup>, Пивина С.Г.<sup>1</sup>**

*1 - Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д.О. Отта, Санкт-Петербург, Россия  
neo@infran.ru*

**Введение.** Исследование механизмов, приводящих к нарушению физиологических функций потомков стрессированных родителей, является актуальной задачей биомедицины. У таких потомков выявлено отставание соматического развития, нарушение способности к обучению и памяти. Эти нарушения могут быть обусловлены изменением синтеза инсулиноподобного фактора роста 2, являющегося важным фактором роста эмбрионов и формирования памяти у взрослых.

**Цель исследования.** Оценить влияние родительского стресса на экспрессию гена *Igf2* в соматических тканях и мозге потомков. Поскольку *Igf2* является импринтированным геном, в тканях потомков изучен уровень экспрессии отцовского и материнского аллелей с использованием гибридов крыс Вистар и Лонг-Еванс, отличающихся полиморфными вариантами в транслируемой последовательности *Igf2*.

**Материалы и методы.** Материнский стресс у крыс моделировали часовой иммобилизацией беременных самок с 15-19 день гестации. Для стрессирования самцов-отцов использовали парадигму «стресс-рестресс». Экспрессию *Igf2* изучали методом ПЦР в режиме реального времени. Аллели материнского или отцовского происхождения разделяли электрофорезом в агарозном геле.

**Результаты и обсуждение.** Показано, что в соматических тканях экспрессия *Igf2* наблюдалась только с отцовской аллели, тогда как в мозге выявлена экспрессия *Igf2* с обеих аллелей. Указанная закономерность обнаружена в ранний неонатальный период и у взрослых животных. Изменение экспрессии *Igf2* в мозге потомков стрессированных родителей происходила за счет как материнского, так и отцовского аллелей.

**Заключение.** Материнский или отцовский стресс дифференциально влияет на экспрессию *Igf2* в мозге потомков, с определенным вкладом материнского и отцовского аллелей в изменение экспрессии *Igf2*.

## НЕЙРОИММУНОЭНДОКРИННЫЙ СТАТУС МУЖЧИНЫ И ФЕРТИЛЬНОСТЬ ЖЕНЩИНЫ

**Николаева М.А., Арефьева А.С., Бабаян А.А., Калинина Е.А.,  
Кречетова Л.В., Сухих Г.Т.**

*ФГБУ «НМИЦ АГП им. В.И. Кулакова» Минздрава России, Москва, Россия  
nikolaeva\_ma@mail.ru*

**Введение.** Мы предположили, что активность нейроиммуноэндокринной системы мужчин отражается на составе семенной плазмы (СП), при этом, содержащиеся в СП биомаркеры нейроиммуноэндокринной активности поступают в репродуктивный тракт женщины и влияют на фертильность.

**Цель.** Установить, связана ли активность нейроиммуноэндокринной системы мужчин с составом СП и наступлением беременности у женщин, имевших контакт с СП партнера в цикле экстракорпорального оплодотворения (ЭКО), дополненного интрацитоплазматической инъекцией сперматозоида (ICSI –Intra Cytoplasmic Sperm Injection, ИКСИ).

**Материалы и методы.** В исследование были включены супружеские пары с бесплодием, имевшие половые контакты в цикле ЭКО/ИКСИ, дополненные интравагинальным введением СП в день забора ооцитов. В образцах слюны, сыворотки крови и семенной плазмы мужчин оценивали маркеры активности нейроиммуноэндокринной системы. С помощью ИФА выявляли альфа–амилазу, адреналин, норадреналин, дофамин, кортизол, С-реактивный белок. Содержание интерлейкина (ИЛ)-18 в СП оценивали с помощью метода проточной цитофлуорометрии с использованием технологии LegendPlex™.

**Результаты и обсуждение.** В группе с отсутствием беременности (группа 1, n=11) уровень кортизола в слюне, сыворотке крови и СП был существенно ниже по сравнению с группой с наступившей беременностью (группа 2, n=9). В СП пациентов группы 1 был повышен уровень норадреналина и уровень ИЛ-18 по сравнению с группой 2. Полученные результаты свидетельствуют о наличии признаков нейроиммуноэндокринной дисрегуляции у пациентов группы 1 (снижение активности гипоталамо-гипофизарно-адреноркортикальной системы, гиперактивность симпатической нервной системы, воспалительные реакции), характерной для хронического стресса.

**Заключение.** Выявлена зависимость между нейроиммуноэндокринным статусом мужчины и фертильностью женщины. Нейроиммуноэндокринный дисбаланс отражается на составе СП, которая, попадая в женский репродуктивный тракт, может препятствовать наступлению беременности.

# ВЛИЯНИЕ БОЛЕВОГО СТРЕССА И АНТИДЕПРЕССАНТА В ПОСТНАТАЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ КРЫСЫ НА ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ПАМЯТЬ И РЕАКТИВНОСТЬ СТРЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ В ПЕРИОД ВЗРОСЛЕНИЯ

**Буткевич И.П., Михайленко В.А., Вершинина Е.А.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
irinabutkevich@yandex.ru*

**Введение.** Болевой стресс в неонатальный период развития вызывает первый пик отклонений в нейropsychологическом поведении в подростковом возрасте, что проявляется в нарушении когнитивной функции и адаптивного поведения; второй пик отклонений проявляется в период взросления.

**Цель исследования.** Изучить влияние неонатального болевого стресса и/или селективного ингибитора обратного захвата серотонина антидепрессанта флуоксетина (Ф) в подростковом возрасте, на пространственное обучение, память и реактивность гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы (ГТАКС) в период взросления у крыс.

**Материалы и методы.** Новорожденных самцов и самок крыс подвергали болевому стрессу, вызванному воспалительным агентом, в подростковом периоде – хроническому введению Ф (контроль - физиологический раствор). В период взросления исследовали обучение, кратковременную и долговременную память в водном лабиринте Морриса. Образцы крови собирали для определения содержания кортикостерона в плазме крови.

**Результаты и обсуждение.** Болевой стресс снизил у самок процесс кратковременной памяти, Ф нормализовал его. У контрольных крыс обоего пола Ф не изменил показатели обоих типов памяти. Комбинация болевого стресса и Ф снизила показатель долговременной памяти по сравнению с кратковременной памятью у самок, более низкая реактивность ГТАКС у самок сочеталась с менее длительным хранением памяти по сравнению с самцами.

**Заключение.** В период взросления выявлен антиноцицептивный эффекте Ф в кратковременной памяти у самок крыс с болевым стрессом, в пространственной долговременной памяти показано участие ГТАКС в зависимости от пола, половой диморфизм возможен в механизмах синаптической пластичности в областях гиппокампальной формации.

# ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОГАЩЕННОЙ СРЕДЫ НА АКТИВНОСТЬ ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-АДРЕНКОРТИКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, БОЛЕВУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ КРЫС ПОСЛЕ УЛЬЦЕРОГЕННОГО СТРЕССОРА

**Ярушкина Н.И., Зенько М.Ю., Морозова О.Ю., Комкова О.П., Баранова К.А., Жуйкова С.Е., Рыбникова Е.А., Филаретова Л.П.**  
*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*  
*yarushkinani@infran.ru*

**Введение.** Ранее нами было показано, что обогащенная среда (ОС) может корректировать негативные последствия социальной изоляции (СИ) на функционирование организма [1].

**Цель** - исследовать влияние условий содержания крыс – стандартных условий (СУ), СИ и ОС – на стресс-реактивность гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальной системы (ГТАКС), болевую чувствительность и поведение крыс после действия ulcerogenic stressor (УС).

**Материалы и методы.** Эксперименты проводили на крысах-самцах линии Спрейг-Доули. Крысят 30-дневного возраста помещали на 4 недели в СУ, СИ или ОС. Затем крыс каждой группы подвергали действию УС (3 ч иммобилизация, 10°C). После действия УС у всех групп крыс последовательно в течение недели оценивали соматическую болевую чувствительность (в тесте «горячей пластины»), поведение (в тестах «открытое поле» и «приподнятый крестообразный лабиринт») и стресс-реактивность ГТАКС (по уровню кортикостерона в крови в ответ на слабый процедурный стрессор).

**Результаты и обсуждение.** Содержание крыс в СИ приводило к более быстрому увеличению массы их тела с увеличением возраста, повышению уровня тревожности, появлению депрессивно-подобных реакций у половины исследованных животных, увеличению чувствительности к болевому воздействию. В то же время крысы в ОС, отличались повышенной стресс-реактивностью ГТАКС, большей моторной и исследовательской активностью, меньшей тревожностью и меньшей чувствительностью к болевому воздействию.

**Заключение.** СИ оказывает дезадаптивное влияние на общее функциональное состояние организма, а ОС, напротив, приводит к адаптивным изменениям. Проведенное исследование акцентирует внимание на важности интегративного подхода при исследовании эффектов СИ и ОС на организм.

**Финансирование:** грант НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (№ 075-15-2022-303 от 21.04.2022)

## Список литературы

1. Filaretova L.P., Komkova O.P., Morozova O.Y., Punina P.V., Yarushkina N.I. Environmental enrichment reverses proulcerogenic action of social isolation on the gastric mucosa and positively influences pain sensitivity and work capacity // *Inflammopharmacology*. - 2024. – V.32. – P.909–915.

# СООТНОШЕНИЕ ТИПОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПАРНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ТЕСТЕ ТРУБА У КРЫС В РАЗНЫЕ СРОКИ СКУЧЕННОГО И СТАНДАРТНОГО СОДЕРЖАНИЯ

Лосева Е.В., Потехина А.А.

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва,  
Россия*

*losvnd@mail.ru*

**Введение.** Экспериментальной моделью психосоциального стресса перенаселённости людей в замкнутых пространствах является скученность грызунов в клетках вивария. Социальные взаимоотношения людей при перенаселённости активно изучаются социологами, психологами, медиками. Однако, практически не изучены социальные внутригрупповые взаимодействия крыс в разные периоды стресса скученности. Для оценки парных социальных взаимодействий (ПСВ) у грызунов используют тест на доминирование Труба, отмечая победы, поражения и ничьи. Было замечено, что победы, поражения и ничьи бывают качественно разными.

**Задачи исследования:** 1) описать возможные типы парных социальных взаимодействий в тесте Труба, расширив понятия победа, поражение и ничья; 2) оценить соотношения и продолжительность этих типов у крыс в разные сроки скученного и стандартного содержания.

**Методика.** В работе использовали 36 самцов крыс Вистар, которые два месяца после привоза содержались в стандартных условиях (4-5 крыс в клетке). Затем крыс из нескольких клеток ссаживали в одну (группа Ск, n=18), а остальные продолжали жить в стандартных условиях (группа Ст, контроль, n=18). После выделения разных типов ПСВ в тесте Труба был проведён сравнительный анализ количественного соотношения и продолжительности (по критерию Манна-Уитни) этих типов у групп крыс Ск (суммарно внутри клеток, из которых формировалась группа Ск) и Ст через 3 дня, 3 и 7 месяцев скученности. Для статистического анализа данных по продолжительности типов ПСВ использовали критерий Манна-Уитни.

**Результаты.** В тесте Труба мы выделили семь типов ПСВ, четыре из которых заканчивались победой одной крысы и поражением другой, один тип - поражением обеих крыс и два типа – ничьёй. Было показано, что через 3 дня и 3 месяца соотношение типов ПСВ и их длительность в группе Ск не отличались как между собой, так и от контрольных показателей в те же сроки в группе Ст. Через 7 месяцев в группе Ск ПСВ с конфликтами было меньше, и взаимодействия, где были победитель и побеждённый, заканчивались быстрее, чем в контроле и на других сроках скученности.

**Заключение.** Предполагается, что уменьшение числа конфликтов и продолжительности ПСВ в тесте Труба через 7 месяцев является одним из показателей адаптации крыс к психосоциальному стрессу длительного скученного содержания.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2023-2025 годы.

## **ВОЗРАСТ НАЧАЛА ДИЕТЫ КАФЕТЕРИЯ ВЛИЯЕТ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ФЕНОТИП У МЫШЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ**

**Бажан Н.М., Яковлева Т.В., Балыбина Н.Ю., Казанцева А.Ю.,  
Макарова Е.Н.**

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
bazhan-nm@yandex.ru*

**Введение.** У мышей потребление пищи с повышенным содержанием жиров и углеводов – диета кафетерия (ДК), является моделью развития ожирения у человека. В ходе нормального онтогенеза изменяются интенсивность энергетического обмена. Не известно, изменяются ли с возрастом механизмы адаптации организма к ДК.

**Цель исследования.** Изучить влияние возраста начала ДК на метаболический фенотип (весовые показатели, уровни в крови гормонов и метаболитов, экспрессию генов в метаболических тканях) у взрослых ожиревших мышей.

**Материалы и методы.** Мышей (самцы C57Bl) содержали на стандартных гранулах (контрольная группа), или на высококалорийной ДК (стандартные гранулы, сало, сладкое печенье). Одна часть мышей начинала ДК с 7-ми недель (7ДК), другая – 17-ти недель (17ДК). К возрасту 27 недель у всех мышей развивалось ожирение.

**Результаты и обсуждение.** У ожиревших самцов мышей, начинавших диету до пубертации (7ДК), адаптация к ней была более успешной: у них вес тела, белого жира, уровни в крови его гормонов были ниже, а показатели чувствительности к инсулину – выше, чем у мышей, начинавших диету во взрослом возрасте (17ДК). У 7ДК самцов были повышены, относительно контроля и 17ДК самцов, экспрессия термогенных генов (*Ucp1*, *Dio2*) в жире, экспрессия генов окисления жирных кислот (*Cpt1b*, *Ucp3*) и генов сигналинга инсулина в мышцах (*Insr*, *Slc2a4*). По-видимому, меньшая степень ожирения у 7ДК самцов была обусловлена усилением термогенеза в жире, окисления жирных кислот и чувствительности к инсулину в мышцах.

**Заключение.** Таким образом, у самцов мышей начало диеты до пубертации способствует формированию более благоприятного метаболического фенотипа при ожирении, чем начало диеты во взрослом возрасте.

**Источник финансирования.** Работу финансировал РФФИ, грант № 23-15-00093.

# АДАПТАЦИЯ К МЕТАБОЛИЧЕСКОМУ СТРЕССУ У САМОК МЫШЕЙ ЗАВИСИТ ОТ ВОЗРАСТА

**Яковлева Т.В., Казанцева А.Ю., Балыбина Н.Ю., Макарова Е.Н.,  
Бажан Н.М.**

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
tatyana.jakovleva@yandex.ru*

**Введение.** Потребление сладкой и жирной пищи - диета кафетерия - является «метаболическим стрессом» и у мышей в наибольшей степени имитирует диету, которая вызывает развитие ожирения у людей. У самцов мышей возраст влияет на метаболический фенотип животного в контроле и в ответ на потребление диеты с высоким содержанием жиров. Зависит ли от возраста начала механизм адаптации к диете кафетерия у самок не известно.

**Цель исследования.** Сравнивали метаболический фенотип у взрослых самок, которые начали потреблять сладкую и жирную пищу (диета кафетерия) до и после пубертации.

**Материалы и методы.** В возрасте 27 недель определяли показатели метаболизма у контрольных самок и у самок, которых содержали на диете кафетерия с 7 (7Каф) и 17 (17 Каф) недели жизни. Экспрессию генов оценивали методом Q-ПЦР.

**Результаты и обсуждение.** Не зависимо от возраста начала диета кафетерия провоцировала развитие ожирения и метаболического синдрома: повышались уровни в крови глюкозы, холестерина и инсулина, содержание триглицеридов в печени. Уровень инсулина в крови у 7Каф самок был существенно выше, чем у 17Каф самок, при этом экспрессия генов инсулинового сигналинга (*Insr*, *Irs1/2*) и транспорта глюкозы (*Slc2a4*) в жировой ткани и в мышцах была снижена и не различалась у 7Каф и 17Каф самок, но в печени экспрессия *Insr*, *Irs2* была снижена только у 7Каф самок, тогда как у 17Каф самок экспрессия *Irs2* не отличалась, а экспрессия *Insr*, *Irs1* была даже выше, чем в контроле. Повидимому, относительно больший успех 17Каф самок обусловлен сохранением чувствительности к инсулину в печени.

**Заключение.** У самок начало диеты кафетерия до пубертации имело больший повреждающий эффект, чем начало диеты после пубертации.

**Источник финансирования.** Работа поддержана грантом РФФИ № 23-15-00093.

# ПРЕОБЛАДАЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ МОЗГОВОГО НЕЙРОТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПРОЦЕССЫ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ И АПОПТОЗА В ГИППОКАМПЕ НЕОНАТАЛЬНЫХ КРЫСЯТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕКСАМЕТАЗОНА

Булыгина В.В.<sup>1</sup>, Калинина Т.С.<sup>1,2</sup>, Ланшаков Д.А.<sup>1,2</sup>, Сухарева Е.В.<sup>2</sup>,  
Дыгало Н.Н.<sup>1,2</sup>

1 - ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

2 - Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия  
*veta@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Нейротрофические факторы вносят фундаментальный вклад в процесс формирования головного мозга в ходе неонатального онтогенеза, предопределяя дальнейший вектор развития регуляторных систем организма.

**Цель и методы исследования.** оценить самостоятельные функции проформ белков мозгового фактора (proBDNF), нейротрофического фактора-3 (proNT3) и фактора роста нервов (proNGF) в модификации процессов нейропластичности и физиологического апоптоза в раннем онтогенезе при воздействии глюкокортикоидами. по экспрессии ключевых регуляторных генов *Bdnf*, *NT3*, *NGF*, *Bcl-xL* и ключевой протеазы апоптоза каспазы-3 (Real-time PCR) и белков proBDNF, proNT3, proNGF, BDNF, NT3, NGF, Bcl-xL, количеству клеток экспрессирующих активную каспазу-3 (ИНС) в гиппокампе на фоне введения дексаметазона (0,2 мг / кг) 3-х дневным крысятам линии Вистар через 6 и 24 часа.

**Результаты и обсуждение.** Нами впервые установлено, что введение дексаметазона через 6 ч приводит к стимуляции процессов выживания, что отражает рост экспрессии определяющих антиапоптотических регуляторов. Через 24 ч дексаметазон спровоцировал увеличение уровня только апоптогенного proBDNF, и его превалирование над зрелым нейротрофином во всех полях гиппокампа, сопровождавшееся увеличением количества клеток с детектируемой активной каспазой-3.

**Заключение.** Именно proBDNF, а не proNT3 и proNGF, имеет свой собственный, отличный от его зрелой формы, паттерн экспрессии в гиппокампе неонатальных крыс при индукции дексаметазоном, и проявление его проапоптотического действия сопровождается повышением соотношения proBDNF/matBDNF.

**Источник финансирования.** Бюджетный проект FWNR-2022-0023.

# РОЛЬ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ИНТЕРЛЕЙКИН-1БЕТА В ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА У КРЫС

**Комышева Н.П., Шишкина Г.Т., Высоцкая А.И., Дыгало Н.Н.**

*ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
agarina@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Аффективные расстройства, сопровождающие воспаление, связывают с повышением уровня цитокинов в мозге, однако роль периферических цитокинов, особенно интерлейкина (ИЛ)-1бета в контроле отдельных видов поведения остается не вполне ясной.

**Цель.** Целью работы было проанализировать в модельных экспериментах на взрослых крысах участие периферического ИЛ-1бета в индуцированном провоспалительным воздействием изменении двигательной активности и тревожного поведения животных.

**Методы исследования.** Воспаление провоцировали внутрибрюшинным введением липополисахарида (ЛПС). Эндотоксин вводили однократно (0.5 мг/кг или 5 мг/кг) либо повторно каждые два дня в течение семи дней (0.5 мг/кг). Поведение оценивали в тесте приподнятого крестообразного лабиринта через сутки и через 7 дней после первого введения. В эти же сроки в плазме крови животных иммуноферментным методом определяли уровень ИЛ-1бета.

**Результаты и обсуждение.** Однократное введение ЛПС, особенно в более высокой дозе (5 мг/кг), угнетало через сутки двигательную активность животных, на что указывало снижение общего числа входов в открытые и закрытые рукава, количества вставаний на задние лапы, а также расстояния, пройденного как в закрытых рукавах, так и суммарно во всех рукавах. Также через сутки после дозы 5, но не 0.5, мг/кг наблюдалось значительное повышение тревожности, проявляющееся снижением значений как традиционного параметра (процента входов в открытые рукава лабиринта), так и других ассоциированных с тревожностью показателей (выглядывание вниз с открытых рукавов и процент времени в центре). Угнетение двигательной активности после ЛПС могло быть обусловлено увеличением уровня ИЛ-1бета в плазме крови, на что указывают выявленные достоверные отрицательные корреляции между содержанием ИЛ-1бета и соответствующими поведенческими параметрами.

**Заключение.** Полученные результаты указывают на важное участие ИЛ-1бета в механизме транзиторного угнетающего влияния ЛПС на двигательную активность.

**Источник финансирования.** № FWNR-2022-0023.

## АНТИДЕПРЕССАНТНЫЙ ЭФФЕКТ КЕТАМИНА В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО СТРЕССА

Дрозд У.С.<sup>1</sup>, Сухарева Е.В.<sup>2</sup>, Булыгина В.В.<sup>1</sup>, Шишкина Г.Т.<sup>1</sup>,  
Калинина Т.С.<sup>1,2</sup>, Ланшаков Д.А.<sup>1,2</sup>, Дыгало Н.Н.<sup>1,2</sup>

1 - ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

2 - Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

*drozd@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Антидепрессантное действие кетамина широко исследовалось на моделях депрессии, однако его влияние на интактных животных остается плохо изученным.

**Цель исследования.** Оценить эффекты кетамина на поведение, уровень кортикостерона в крови и активность нейронов головного мозга крыс в условиях острого стресса.

**Материалы и методы.** Взрослым самцам крыс линии Wistar внутривенно вводили кетамин (15 мг/кг) или эквивалентный объем физ. раствора. Через 1 час половина животных тестировались в тесте «подвешивание за хвост». Через еще 1 час исследовался уровень кортикостерона в крови и мРНК гена раннего ответа *c-fos* в отделах головного мозга, а также количество экспрессирующих *c-Fos* клеток в префронтальной коре (ПФК), гиппокампе и дорсальном ядре шва (DRN).

**Результаты и обсуждение.** Кетамин снижал время неподвижности в тесте «подвешивание за хвост» у предварительно нестрессированных крыс и предупреждал вызванное острым стрессом увеличение уровня кортикостерона в крови. В ПФК и кетамин, и острый стресс увеличивали уровень мРНК *c-fos* и экспрессию белка *c-Fos*. В миндалине и среднем мозге кетамин не вызывал изменений уровня мРНК *c-fos* у контрольных животных, но препятствовал развитию реакции на острый стресс подвешивания за хвост в полной мере. В гиппокампе острый стресс увеличивал уровень мРНК *c-fos*, но кетамин на это влиял. Предварительное введение кетамина перед острым стрессом увеличивало экспрессию белка *c-Fos* в нейронах гиппокампа и DRN.

**Заключение.** У предварительно нестрессированных крыс кетамин оказывает антидепрессантный эффект, в который вовлечены изменения уровня кортикостерона в крови и активности нейронов ПФК, гиппокампа, миндалины и DRN.

**Источник финансирования.** Бюджетный проект FWNR-2022-0002.

# ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ТРАНСКРИПТОМНЫХ ПРОФИЛЕЙ ГИПОТАЛАМУСА ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС НИСАГ И НОРМОТЕНЗИВНЫХ КРЫС WAG В ОТВЕТ НА РАЗОВЫЙ КРАТКОСРОЧНЫЙ РЕСТРИКЦИОННЫЙ СТРЕСС

Маковка Ю.В.<sup>1,2</sup>, Ошепков Д.Ю.<sup>1,3</sup>, Федосеева Л.А.<sup>1</sup>, Серяпина А.А.<sup>1</sup>,  
Маркель А.Л.<sup>1,2</sup>, Редина О.Е.<sup>1</sup>

1 - ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

2 - Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

3 - Курчатowski геномный центр ФИЦ ИЦИГ СО РАН, Новосибирск,  
Россия

*makovkayv@bionet.nsc.ru*

**Введение.** Эмоциональный стресс может выступать одним из факторов развития различных патологических состояний, в том числе и гипертонии. За реакцию организма на стресс у млекопитающих отвечает гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система (ГГНС). Гипоталамус, как важное звено ГГНС, участвует в регуляции множества процессов в организме, вовлеченных в ответ на стресс.

**Цель исследования** состояла в проведении функционального анализа изменений транскриптомных профилей гипоталамуса у гипертензивных крыс линии НИСАГ и нормотензивных крыс линии WAG при воздействии разового кратковременного рестрикционного стресса.

**Материалы и методы.** Проведено секвенирование мРНК гипоталамуса (RNA-seq) взрослых (3 мес.) самцов гипертензивных крыс НИСАГ и нормотензивных крыс WAG в покое и после ограничения их подвижности в тесной проволочной клетке в течение 2 часов (рестрикционный стресс). В каждой из 4 групп было по 7 крыс. Выявление дифференциально экспрессирующихся генов (ДЭГ) проведено в программе DESeq2 с применением пакета SVA. Для функциональной аннотации ДЭГ были использованы базы данных RGD, STRING, DAVID, KEGG, Enrichr.

**Результаты и обсуждение.** Выявлены ДЭГ, ассоциированные с нейровоспалительными процессами и с функцией симпатической нервной системы у гипертензивных крыс НИСАГ. Показано наличие общего и специфического для каждой линии ответа на рестрикционный стресс. Функциональная аннотация ДЭГ выявила сходство и различия в группах генов, ассоциированных с ионным транспортом, ответом на эндогенные стимулы, передачей сигнала, окислительным фосфорилированием и ответом на окислительный стресс.

**Заключение.** Проведен комплексный функциональный анализ изменений транскриптомов гипоталамуса гипертензивных и нормотензивных крыс в ответ на разовый краткосрочный рестрикционный стресс.

**Источник финансирования** - грант РФФ (проект № 22-14-00082).

**ВЛИЯНИЕ FGF21 НА СОСТОЯНИЕ ПЕЧЕНИ У МЫШЕЙ С  
ОЖИРЕНИЕМ, ВЫЗВАННЫМ ДИЕТОЙ КАФЕТЕРИЯ**  
**Балыбина Н.Ю., Яковлева Т.В., Казанцева А.Ю., Макарова Е.Н.,  
Бажан Н.М.**

*Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия  
n.yu.balybina@gmail.com*

**Введение.** Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) возникает при различных метаболических нарушениях, в том числе при ожирении. Диета кафетерия (ДК), характеризующаяся повышенным содержанием углеводов и жиров в пище, является главной причиной ожирения в популяции человека. Фактор роста фибробластов 21 (FGF21) – гормон, улучшающий состояние печени. Однако показано, что пол оказывает влияние как на развитие ожирения, так и на действие FGF21 на показатели углеводно-жирового обмена. Поэтому неизвестно, будет ли пол влиять на проявление НЖБП и эффекты FGF21 у мышей с ожирением, вызванным ДК

**Цель исследования.** Изучить половые особенности проявления признаков НАЖБП и влияния FGF21 на состояние печени у мышей с ожирением.

**Материалы и методы.** Самцов и самок мышей C57Bl/6J содержали на ДК, до развития ожирения. Мышам вводили FGF21 в дозе 1 мкг/кг в течении 7 дней.

**Результаты и обсуждение.** На ДК самки имели большую степень ожирения, чем самцы. При этом не наблюдалось разницы в накоплении жиров в печени, что может быть связано с меньшей экспрессией в печени у самок гена *Cidec*, участвующего в синтезе липидных капель. FGF21 способствовал улучшению состояния печени у самцов и самок мышей, но через различные пути. У самок под действием FGF21 наблюдалось снижение экспрессии гена *Cidec*, в то время как у самцов происходило снижение уровней СЖК и лептина в крови. Можно предположить, что у самок действие FGF21 направленно на снижение скорости синтеза липидных капель печени, а у самцов на нормализацию углеводно-жирового обмена.

**Заключение.** На ДК проявление НЖБП не различалось у самцов и самок мышей. FGF21 оказывал однонаправленный эффект на состояние печени, но механизм его действия различался у самцов и самок.

**Источник финансирования:** грант РФФ № 23-15-00093.

# СЕНСОМОТОРНАЯ РЕАКТИВНОСТЬ И УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ И МИНЕРАЛОКОРТИКОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ У КРЫС В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Белова А.А.<sup>1</sup>, Хлебникова Н.Н.<sup>2</sup>, Крупина Н.А.<sup>2</sup>

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

*2 - ФГБНУ "Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии", Москва, Россия  
belovanastya@gmail.com*

**Введение.** Длительный стресс социальной изоляции (СИ), приводит к изменениям функционирования структур мозга, которые опосредуют активность гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси (ГГА-оси) и модулируют ответ на стресс. Нарушения регуляции ГГА-оси глюкокортикоидами при стрессе связаны с изменениями экспрессии и функционирования глюкокортикоидных (GR) и минералокортикоидных (MR) рецепторов в структурах мозга и надпочечниках. В наших исследованиях показано, что эмоционально-мотивационные и когнитивные нарушения у крыс, индуцированные СИ длительностью 5 и 9 мес, сопровождаются изменением уровня GR во фронтальной коре и гиппокампе.

**Цель исследования** – оценить влияние СИ, пролонгированной до года, на поведенческую активность, сенсомоторную реактивность, привыкание и уровень изоформ GR $\alpha$  и GR $\beta$ , а также MR в мозге и надпочечниках у крыс Вистар.

**Материалы и методы.** Работа выполнена под контролем Этического комитета ФГБНУ "НИИОПП". Крысят случайным образом относили к группе СИ (одиночное содержание, 18 самцов, 18 самок) или к контрольной группе (5-6 особей в клетке, 17 самцов, 18 самок). С помощью общепринятых методов оценивали двигательную активность и уровень тревожности. Сенсомоторную реактивность оценивали по амплитуде и латентности акустического стартл-ответа (АСО), а также по величине предстимульного торможения (ПСТ) в ответ на сверхпороговые сигналы (120 дБ, 10 сигналов) в условиях их модуляции подпороговыми сигналами (73, 75, 80 дБ, по 10 предъявлений). Кратковременное привыкание оценивали по снижению амплитуды АСО (121 сигнал, 120 дБ). В возрасте крыс 12.5 мес примерно у половины случайно выбранных из каждой группы животных методом твердофазного иммуноферментного анализа ELISA оценивали экспрессию GR $\alpha$ , GR $\beta$  и MR в гиппокампе, фронтальной коре и надпочечниках.

**Результаты.** Крысы СИ в возрасте 2-9 мес демонстрировали гиперактивный фенотип, изменение уровня тревожности, дефицит ПСТ и нарушение привыкания. В возрасте 12.5 мес у крыс СИ обоего пола сохранялись нарушения привыкания, а у самок было выявлено снижение латентности АСО. У крыс СИ обоего пола было выявлено снижение экспрессии GR $\beta$  во фронтальной коре мозга. Изменений экспрессии белков GR $\alpha$  и MR выявлено не было.

**Заключение.** Данные свидетельствуют о развитии адаптации у крыс по ряду показателей поведения и сенсомоторной реактивности в условиях пролонгированной до года СИ. Изменение уровня экспрессии GR $\beta$  во фронтальной коре мозга может участвовать в этих процессах.

# МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРИ РАЗВИТИИ ПТСР-ПОДОБНОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕНАТАЛЬНО СТРЕССИРОВАННЫХ КРЫС В ПАРАДИГМЕ ОДИНОЧНЫЙ ПРОЛОНГИРОВАННЫЙ СТРЕСС

Акулова В.К., Пивина С.Г., Ордян Н.Э.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
vika-bio@yandex.ru*

**Введение.** Потомки матерей, испытавших стресс во время беременности, имеют повышенный риск заболеть тревожно-депрессивными расстройствами. Для моделирования ПТСР в мировой практике чаще используют модель, названную одиночный пролонгированный стресс (ОПС). Но исследование различий между самцами и самками в нарушении активности гипофиз-адренкортикальной системы и рецепции глюкокортикоидных гормонов в мозге при использовании данной модели не проводилось.

**Цель исследования** заключалась в анализе межполовых различий при развитии ПТСР-подобного состояния пренатально стрессированных (ПС) самок и самцов крыс после ОПС.

**Материалы и методы.** Половозрелых самцов и самок, родившихся от интактных или стрессированных в последнюю треть беременности матерей, подвергали ОПС, состоящему из 2-х часовой иммобилизации, 20-ти мин плавания и эфирного стресса. На 2, 6 и 10 сут после ОПС из каждой группы часть животных декапитировали, собирали туловищную кровь, в которой определяли уровень базального кортикостерона методом ИФА, выделяли мозг, на срезах которого в гиппокампе и фронтальной коре иммуноцитохимическим методом проводили выявление белка глюкокортикоидных рецепторов.

**Результаты.** Проведенные исследования показали значительные межполовые различия у контрольных и ПС животных после ОПС. Снижение уровня кортикостерона к 10 сут выявлено у ПС, но не у контрольных самцов и самок. Изменение общей иммунореактивности к глюкокортикоидным рецепторам в гиппокампе и фронтальной коре после ОПС имело различную динамику у ПС и контрольных животных.

**Заключение.** У самцов и самок ответ на стрессорное воздействие формируется по-разному. ПС, но не контрольные самки и самцы при моделировании ПТСР в парадигме ОПС развивают состояние, характерное для больных ПТСР.

## НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕПТИДНЫХ ГОРМОНОВ

Ланшаков Д.А.<sup>1,2</sup>, Марченко С.А.<sup>1,2</sup>, Сборщикова А.В.<sup>1,2</sup>, Булыгина В.В.<sup>1</sup>,  
Калинина Т.С.<sup>1,2</sup>

1 - ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

2 - Новосибирский Государственный Университет, Новосибирск, Россия  
lanshakov@bionet.nsc.ru

**Введение.** Пептидные гормоны являются значительными и мощными регуляторами многих физиологических функций организма. Нами было показано значительные изменения экспрессии как нейропептидов, так и их рецепторов в стволе мозга крыс через два часа после острого стресса (Lanshakov et. al. 2024). Под пептидными гормонами понимается довольно обширный класс белков, варьирующих в длину от 3-х аминокислот до нескольких десятков. Изоэлектрическая точка – это такое значение рН (pI) среды, при которой суммарный электрический заряд белка равен нулю.

**Цель исследования.** Выявить структурные и физико-химические закономерности основных регуляторных пептидных гормонов.

**Материалы и методы.** Для сравнительного анализа нами был выбран довольно обширный круг пептидов, с известными данными о регуляции физиологических функций организма. Это такие пептиды как брадикинин, окситоцин, уротензин. Биоинформатическое предсказание pI выполняли при помощи пакета ‘Peptides’ (Osorio et. al. 2015). Предсказание третичной структуры делали при помощи AI инструмента alphafold.

**Результаты и обсуждение.** Была построена зависимость pI от молекулярного веса пептидов. Нами было подмечено, что чем меньше длина пептида, тем более возможно смещение pI от нейтрального значения 7.0. Логично предположить, что чем больше заряженных аминокислот будет в пептиде, тем выше вероятность смещения pI от нейтрального значения. Решение простой математической задачи по нахождению “вероятности встретить заряженную аминокислоту в каждом положении пептида” показало, что чем короче пептид, тем выше эта вероятность.

**Заключение.** Повышение специфичности связывания пептидов с их рецепторами скорее всего является причиной смещения pI коротких пептидов, и встречаемости в них заряженных аминокислот.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
МЕТАБОЛИЗМА И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ  
ЖЕЛУДКА К УЛЬЦЕРОГЕННОМУ ДЕЙСТВИЮ ИНДОМЕТАЦИНА У  
МЫШЕЙ ЛИНИЙ КК.CG-AУ/J, КК.CG-A/J И C57BL/6J**

**Пунина П.В., Лукина Е.А., Муровец В.О., Ярушкина Н.И., Золотарев В.А.,  
Филаретова Л.П.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
puninapv@infran.ru*

**Целью** настоящей работы было исследование энергетического метаболизма и чувствительности слизистой оболочки желудка (СОЖ) к ulcerогенному действию индометацина (ИМ) у мышей инбредных линий C57BL/6J (B6), КК.Cg-a/J (КК), и мышей Агути КК.Cg-Ay/J (КК-Ay), гетерозиготных по гену Агути желтый леталь.

**Материалы и методы.** С помощью системы Promethion Core CGF (Sable Systems, Germany) проводилась непрямая калориметрическая оценка энергозатрат и анализ двигательной активности в течение недели. На 7-й день мышам вводили ИМ (35 мг/кг, подкожно) или его растворитель на фоне предварительного 24 ч голодания. Через 4 ч измеряли уровень глюкозы в крови с помощью глюкометра. После эвтаназии брали пробы крови для оценки уровня кортикостерона в крови и оценивали площадь поражения СОЖ с помощью программы Image J.

**Результаты.** Мыши линий КК и КК-Ay в сравнении с B6 имели повышенный базальный уровень глюкозы крови, большую массу тела, печени и жира. Мутация Ay у КК мышей привела к резкому снижению окисления углеводов и росту окисления липидов в ночное время; при этом исчезала суточная динамика этих параметров, наблюдающаяся у мышей КК и B6. Во время голодания у мышей B6 наблюдались более высокие уровни полного расхода энергии, окисления углеводов и липидов, а также двигательной активности в сравнении с КК и КК-Ay. ИМ не влиял на полный расход энергии, но усиливал окисление углеводов у всех линий. Уровень глюкозы после введения ИМ у мышей КК и КК-Ay оставался повышенным по сравнению с B6, при этом уровень кортикостерона был снижен. КК мыши не отличались от B6 по площади ИМ-вызванных эрозий в желудке, тогда как у мышей КК-Ay площадь эрозий была увеличена по сравнению с КК и B6.

**Заключение.** КК-Ay мыши с наиболее выраженными признаками нарушения энергетического метаболизма отличаются повышенной чувствительностью к язвообразованию в желудке.

**Финансирование.** Грант НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (№ 075-15-2022-303 от 21.04.2022)

**СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПОВЕДЕНИЯ»**

## **D-СЕРИНОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ УЧАСТИЯ МЕДИАЛЬНОЙ ПРЕФРОНТАЛЬНОЙ КОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ РЕАКЦИИ СТРАХА**

**Саульская Н.Б., Сусорова М.А.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
saulskayanb@infran.ru*

**Введение.** Эндогенный агонист глицинового сайта NMDA-рецепторов D-серин вовлечен в регуляцию аффективного поведения и памяти о страхе. Но вклад D-серина медиальной префронтальной коры (мПК) в эти процессы исследован мало.

**Цель исследования.** Целью работы было изучение участия D-серина мПК в формировании и генерализации условной реакции страха (УРС - модель страха), а также в регуляции выброса серотонина в мПК.

**Материалы и методы.** Работа выполнена на самцах крыс линии Спрег-Доули методами прижизненного внутримозгового диализа и ВЭЖХ.

**Результаты и обсуждение.** Введение 1 мМ D-серина в мПК снижало в ней базальный уровень внеклеточного серотонина и на этом фоне уменьшало его подъем, вызываемый выработкой УРС (сочетание условного сигнала (CS+) с неизбежным болевым раздражением). Введение в мПК D-серина уменьшало во время выработки УРС замирание крыс на CS+ (показатель пассивного ожидания болевого раздражения) и увеличивало число побежек и стоек (активные попытки избежать болевого раздражения), не влияя на чувствительность к болевому раздражению и на поведение при дифференцировке 1 (предъявление дифференцировочного сигнала (CS-) без болевого раздражения). Такое фармакологическое воздействие приводило через сутки к усилению замирания крыс на потенциально опасный CS+ (показатель выработанности УРС), но не на безопасный CS- (показатель генерализации УРС), не изменяя подвижность и тревожность крыс в крестообразном лабиринте.

**Заключение.** Данные впервые свидетельствуют, что D-сериновая стимуляция мПК снижает выброс серотонина в этой области и переключает стратегию поведения животных при выработке УРС с пассивной (замирание) на активную (поиски выхода в заведомо безвыходной ситуации). Это, возможно, усиливает аверсивность болевого подкрепления и приводит к усилению формирования и/или консолидации УРС.

# СОЦИАЛЬНАЯ ИЕРАРХИЯ У КРЫС ЧЕРЕЗ ТРИ И СЕМЬ МЕСЯЦЕВ СКУЧЕННОГО ИЛИ СТАНДАРТНОГО СОДЕРЖАНИЯ

**Потехина А.А., Лосева Е.В.**

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва,*

*Россия*

*unsinn2@yandex.ru*

**Введение.** В процессе взаимодействия особей внутри групп социальных животных происходит формирование иерархической структуры. Согласно литературным данным [1], в крупных устойчивых по составу сообществах эта структура не является линейной и обладает лабильностью. Мы исследовали парные социальные взаимодействия (ПСВ) между крысами, содержащимися в скученных и стандартных условиях вивария, в тесте на доминирование Труба.

**Задачи работы** – оценить в тесте Труба, как изменилась иерархическая структура групп крыс через три и семь месяцев стандартного и скученного содержания; как изменилось поведение каждой крысы.

**Материалы и методы.** Работа проведена на крысах-самцах Вистар ( $n=30$ ), которые после двух месяцев содержания в стандартных условиях разделили на группу СТ ( $n=15$ , по 5 крыс в клетке) и группу СК ( $n=15$ , 15 крыс в клетке). Группа СТ содержалась при стандартных условиях, а группа СК – в условиях скученности в течение семи месяцев. По результатам теста Труба до формирования группы СК (нулевое измерение), через три месяца и через семь месяцев рассчитывали разработанный нами *индекс социального доминирования* (ИСД) для каждой крысы, выраженный в баллах. При этом учитывали количество побед, поражений и ничьих, а также длительность соответствующих ПСВ. Чем выше ИСД, тем больше способность к доминированию у крысы в тесте Труба. Оценивали суммарный и средний ИСД, а также среднюю длительность ПСВ для каждой группы в каждый период наблюдения. Сравнение групп проводили по критерию Вилкоксона и критерию Манна-Уитни.

**Результаты.** Количественные значения индивидуальных ИСД позволили выявить иерархические подгруппы в каждой группе крыс. В группе СК через три и семь месяцев последовательно увеличивалось количество доминантов, а в группе СТ – структура иерархии со временем мало изменялась. Увеличивалась сумма ИСД всех крыс в группе СТ - на 12,1% через семь месяцев, а в группе СК - на 23,1 и 39,6% через три и семь месяцев соответственно. Также в эти сроки в группе СК последовательно увеличивался средний ИСД, по сравнению с нулевым измерением, а в группе СТ ИСД достоверно увеличивался только через семь месяцев. В обеих группах через семь месяцев достоверно уменьшилась средняя длительность ПСВ, причем, в группе СК она уменьшилась на 38,1% сильнее ( $p=0,007$ ).

**Заключение.** Таким образом, через три и семь месяцев в группах крыс СК и СТ изменения в иерархической структуре происходят по-разному. Предполагается, что при длительном скученном содержании иерархическая структура группы становится более устойчивой. Конфликты разрешаются быстрее.

## **Список литературы.**

[1] И. С. Матюлько и др Обзор поведенческих и нейрофизиологических исследований зоосоциальных иерархических взаимоотношений. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018, № 11-2 – 378-383сс.

## **Источник финансирования.**

Государственное задание Министерства образования и науки РФ на 2023-2025 годы.

## **ВЛИЯНИЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА НА НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕДЕНИЯ MDX МЫШЕЙ**

**Тимонина Н.А.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
natim77@mail.ru*

**Введение.** При миодистрофии Дюшенна (МДД), генетическом заболевании, связанном с дефицитом белка дистрофина, в ряде случаев появляются поведенческие отклонения. Одним из методов лечения генетических заболеваний является трансплантация костного мозга. Моделью МДД являются мыши mdx.

**Цель исследования.** Целью исследования было изучить влияние трансплантации костного мозга на поведение мышей mdx в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ) по сравнению со здоровыми мышами C57Bl/6, а также мышами mdx без трансплантации костного мозга.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на самцах мышей mdx в возрасте 4 месяцев, которым в возрасте 2 месяцев делали трансплантацию костного мозга по методу профессора, д.б.н. В.М. Михайлова. Костный мозг получали от здоровых мышей линии C57Bl/6 и вводили через яремную вену мышам mdx, которых предварительно облучали дозой 3 Грея на рентгеновской установке. Через 2 месяца после трансплантации костного мозга mdx мышей исследовали в тесте ПКЛ. Группами сравнения были мыши C57Bl/6 и мыши mdx и того же возраста.

**Результаты и обсуждения.** В тесте ПКЛ было показано, что у мышей mdx и мышей mdx после трансплантации костного мозга возрастала тревожность по сравнению с контролем. Пассивное поведение у мышей mdx и мышей mdx после трансплантации костного мозга были снижены по сравнению с мышами линии C57Bl/6. Показатели эмоциональности у мышей mdx были повышены по сравнению со здоровыми мышами и восстанавливались у мышей mdx после трансплантации костного мозга. У мышей mdx после трансплантации костного мозга была выявлена тенденция к увеличению двигательной активности.

**Заключение.** Спустя два месяца после трансплантации костного мозга у мышей mdx наблюдалось восстановление показателей эмоциональности, а также тенденция к увеличению двигательной активности.

## ВЛИЯНИЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА НА УТОМЛЯЕМОСТЬ MDX МЫШЕЙ

Тимонина Н.А.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
natim77@mail.ru*

**Введение.** Трансплантация костного мозга является одним из методов лечения редких генетических заболеваний. Мышечная дистрофия Дюшенна (МДД) – генетическое заболевание, связанное с дефицитом белка дистрофина. Моделью МДД являются мыши mdx.

**Цель исследования.** Целью исследования являлось изучение влияния трансплантации костного мозга на утомляемость мышцей mdx по сравнению здоровыми мышцами C57Bl/6 и мышцами mdx, которым не проводилась трансплантация костного мозга.

**Материалы и методы.** Исследование проводили на самцах мышцей mdx в возрасте 4 месяцев, которым в возрасте 2 месяцев была произведена трансплантация костного мозга по методу профессора, д.б.н. В.М. Михайлова. Костный мозг получали от здоровых мышцей C57Bl/6 и вводили через яремную вену мышцам mdx, предварительно облученным на рентгеновской установке дозой 3 Гр. Спустя 2 месяца после трансплантации костного мозга, мышцей mdx исследовали в тестах «Проба с грузиками по С.В. Сперанскому» и «Проба с подвисанием». Группами сравнения были мышцей C57Bl/6 и мышцей mdx того же возраста.

**Результаты и обсуждения.** В тесте «Проба с грузиками по С.В. Сперанскому» у мышцей mdx и мышцей mdx после трансплантации костного мозга увеличивалась утомляемость по сравнению с контролем. В тесте «Проба с подвисанием» показано, что у мышцей mdx после трансплантации костного мозга снижалась утомляемость по сравнению с группой мышцей mdx.

**Заключение.** Спустя два месяца после трансплантации костного мозга у мышцей mdx было выявлено снижение утомляемости в тесте «Проба с подвисанием», тогда как в тесте «Проба с грузиками по С.В. Сперанскому» улучшений работоспособности не наблюдалось.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКОВ МАКАКОВ РЕЗУСОВ В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ В 2024 ГОДУ

Никитина М.Н.<sup>1</sup>, Голубева И.Ю.<sup>2</sup>, Кузнецова Т.Г.<sup>2</sup>, Баринова М.О.<sup>1</sup>

*1 - ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет, Иваново, Россия*

*2 - ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*marianikitina097@gmail.com*

Исследование поведения макаков резусов представляет большой интерес как для фундаментальных, так и прикладных наук. Особое внимание привлекает онтогенетический аспект формирования и развития социальных взаимоотношений неродственных макаков резусов, оставшихся без попечения родителей и попавших в новые условия их содержания.

**Целью работы** стал анализ динамики становления социальных взаимоотношений неродственных подростков макаков резусов, попавших в новые условия содержания в препубертатный период в возрасте 14–18 месяцев. Учитывая возрастной разброс и различающееся поведение обезьян, они были ранжированы по возрасту на старших (16–18 месяцев) и младших (14–16 месяцев). Последующее двухлетнее наблюдение и проведённый сравнительный анализ динамики их поведения в лаборатории показал существенные возрастные и индивидуальные различия в демонстрации ориентировочно-исследовательских, агрессивных и дружелюбных поведенческих реакций. Так, старшие подростки в отличие от младших не только чаще демонстрировали агрессивные и дружелюбные контакты, но и проявляли большую социальную и индивидуальную активность.

Обнаружение возрастных различий в пубертатном периоде в становлении и формировании взаимоотношений неродственных макаков резусов, попавших в новые условия, оказалось новым фактом, а различие в возрасте в 2–3 месяца – критическим периодом в организации группового поведения обезьян. Эти знания необходимы для создания новых социальных групп из неродственных особей в лабораториях, питомниках и зоопарках с целью создания оптимальных условий их развития и предотвращения травм.

## ГРУППОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ НЕРОДСТВЕННЫХ ПОДРОСТКОВ МАКАК РЕЗУСОВ: ДВУХЛЕТНИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ

Голубева И.Ю.<sup>1</sup>, Кузнецова Т.Г.<sup>1</sup>, Никитина М.Н.<sup>2</sup>

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

2 - *Ивановский государственный университет, Иваново, Россия  
golubevaiu@infran.ru*

**Введение.** Групповое содержание макак требует усилий для снижения риска травм и репродуктивного успеха в неволе. В работе обобщен опыт 2х-летнего наблюдения за группой неродственных макак резусов, объединенных в раннем возрасте в лабораторных условиях.

**Цель исследования** – анализ социальных взаимодействий макак резусов за период 2022-2024 гг.

**Материалы и методы.** 9 неродственных макак резусов, взятые в возрасте 14-18 мес. из питомника КК медицинской приматологии, были объединены в группу в ИФ РАН и условно разделены на старших (16–18 мес.) и младших (14–16 мес.).

**Результаты и обсуждение.** Анализ 2х-летней динамики социального поведения обезьян показал, что в целом в группе дружелюбное поведение преобладало над агрессивным, при этом в начальный период дружелюбие чаще проявлялось у старших самок в сравнении с младшими. К 4-му году жизни дружелюбное поведение значимо выросло у старших особей обоих полов, но не изменилось у младших. На всем протяжении наблюдений у старших особей обоих полов агрессивное поведение проявлялось чаще, чем у младших. Все самки в большей степени подвергались агрессии, чем проявляли ее. На третьем году жизни у макак возникли проявления коллективной агрессии, направленной на одного члена группы, в результате чего были случаи тяжелых травм. Наиболее уязвимыми оказались младшие самки, у которых индивидуальное поведение преобладало над социальным. Спустя год совместного пребывания у подростков появились выраженные признаки полового поведения: наиболее активным стал старший доминантный самец, который спаривался со всеми самками. На третьем году жизни все самки оказались беременными, но только старшая доминантная самка родила здорового детеныша.

**Заключение.** Полученные данные позволяют высказать гипотезу о критическом возрастном диапазоне 14-18 мес. для формирования социального статуса обезьян, при этом важную роль в иерархии играет соотношение у особей социального и индивидуального поведения.

# ДИНАМИКА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПАЦИЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ВОЗМОЖНЫХ МАРКЕРОВ АН РАННИХ СТАДИЯХ БОЛЕЗНИ

## ПАРКИНСОНА

Рябчикова Н.А.<sup>1,2</sup>, Базиян Б.Х.<sup>3</sup>, Буланкина А.С.<sup>4</sup>

1 - Сколково, Центр научных исследований, Москва, Россия

2 - МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

3 - Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Научный центр неврологии, Москва, Россия

4 - Российский Государственный университет, Москва, Россия

*nat@guesstest.ru*

**Введение.** Когнитивные расстройства, как и нарушения двигательной активности, являются проявлениями болезни Паркинсона (БП), особое значение возникает необходимость расширить диапазон продромальных маркеров.

**Цель исследования.** Саккадическая деятельность может использоваться как отражение динамических процессов в мозге при изучении различных форм когнитивной деятельности.

**Материалы и методы.** Используемая нами психологическая методика «Прогнозис 2.5» позволяет определять когнитивные нарушения уже на ранних стадиях БП. Проводится сравнительный спектральный анализ и картирование этих участков мозга.

**Результаты и обсуждение.** Результаты, полученные при исследовании здоровых испытуемых, сопоставляются с аналогичными, полученными на здоровых испытуемых из группы риска. Выявляются ранние стадии БП по способности к интеллектуальной деятельности при сравнительном исследовании саккадических движений глаз пациентов и здоровых испытуемых соответствующего возраста, среднее число саккад/с у пациентов увеличивалось, но в меньшей степени, чем в группе здоровых испытуемых. Результаты при выполнении заданий здоровыми испытуемыми достоверно отличались (критерий Шапирко-Уилка) от таковых у пациентов (прогнозирование –  $p=0.01$ , воспроизведение  $p=0.00$ ).

**Заключение.** Полученные результаты позволяют сделать вывод, что существует зависимость между когнитивными нарушениями у пациентов с болезнью Паркинсона и количеством саккад по сравнению с здоровыми испытуемыми

\* Настоящее исследование выполнено при поддержке РФФИ грант 15-04-00598, № 99 -04-482 99, проект № 320 – 17 1999 -2003, РГНФ в рамках проекта № 15-03-00519а «Постнеклассическая парадигма искусственного интеллекта», LLC ‘ALPARKDEM’ “Skolkovo”, организациями Beckley Foundation (U.K.), Bodiflo LLC (USA & Australia), ITAG (USA)

# АНАЛИЗ УРОВНЯ АСТЕНИИ У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РАЗНОГО ПОЛА В ПЕРИОД СДАЧИ ЭКЗАМЕНОВ

**Джемилев К.Т., Ибрагимов А.Н., Залата О.А.**

*Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт  
им. С.И. Георгиевского Крымский федеральный университет им. В.И.  
Вернадского, Симферополь, Россия  
kdzhemilev@bk.ru*

**Введение.** Известно, что у девушек по сравнению с юношами, как правило, более выражена психоэмоциональная напряженность [1]. При этом явления психической астении и нейрокогнитивного дефицита в ситуации стресса чаще встречаются у юношей (67,2%), чем у девушек (48,6%) [2].

**Цель исследования.** Выполнить сравнительный анализ уровня астении и факторов ее опосредующих у студентов-медиков разного пола в период экзаменационной сессии.

**Материалы и методы.** Тестировали студентов-медиков (34 девушки, 26 юношей, средний возраст  $19,1 \pm 2,15$  лет). Использовали опросник Спилбергера-Ханина (уровень личностной (ЛТ) и ситуационной тревожности (СТ)); субъективную шкалу оценки астении (MFI-20). Для статистического анализа применили непараметрические методы статистики: (медиана [p25; p75]), корреляционный анализ по Спирмену ( $r$ ;  $p \leq 0,05$ ), U-кр. Манна-Уитни, пакет Statistica 12,0.

**Результаты и обсуждение.** Установили, что уровень СТ у девушек (45 [38; 53]) и юношей (39 [35; 50]) достоверно не отличались (U-кр.,  $p \geq 0,05$ ), тогда как уровень ЛТ у девушек (43,5 [35; 52]) был достоверно выше, чем у юношей (36 [29; 42]) (U-кр.,  $p = 0,009$ ). Достоверных отличий по значениям астении по субшкалам у испытуемых разного пола не обнаружили (U-кр.,  $p \geq 0,05$ ).

Результаты корреляционного анализа в группе юношей обнаружили связь уровня СТ с физической астенией ( $r = 0,46$ ;  $p = 0,01$ ) и пониженной активностью ( $r = 0,53$ ;  $p = 0,007$ ). У девушек были выявлены связи уровня СТ с общей и физической астенией, пониженной активностью, сниженной мотивацией, когнитивной астенией ( $0,35 \leq r \leq 0,53$ ;  $p \leq 0,05$ ). Уровень ЛТ был взаимосвязан с когнитивной астенией ( $r = 0,35$ ;  $p = 0,043$ ).

**Заключение.** Установили существенное влияние уровня тревожности на выраженность астении у лиц женского пола, что подтверждает необходимость учета гендерных различий в психоэмоциональном состоянии при разработке профилактических и коррекционных программ.

## Список литературы

1. Ненахова Е.В., Новикова Р.Р., Суворова Д.А. Диагностические показатели стресса студентов медицинского вуза // ЭПОМЕН: МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ. 2022. №5.
2. Соколов Р.Е. Роль пола в формировании манифестных шизофренических психозов у подростков // ЖУРНАЛ НЕВРОЛОГИИ И ПСИХИАТРИИ ИМ. С.С. КОРСАКОВА. 2011 . №5.

# ВЛИЯНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯДРА МИНДАЛЕВИДНОГО КОМПЛЕКСА НА ПАТТЕРНЫ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В УСЛОВИЯХ ПОКОЯ И ХРОНИЧЕСКОГО СТРЕССА

**Бакулина Е.И., Романова И.Д., Инюшкин А.Н.**

*ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет им.  
академика С. П. Королёва, Самара, Россия  
bakulinae@inbox.ru*

**Введение.** Центральное ядро миндалины (Ce) традиционно ассоциируется со страхом и тревогой, вызванной стрессом, а ядро ложа конечной полоски – с тревогой.

**Цель исследования.** Выяснить влияние Ce на паттерны поведения в условиях продолжительного стресса

**Материалы и методы.** Исследование проведено на самках крыс до и после моделирования хронического мягкого стресса (ХМС). Первый этап – центральная амигдалэктомия, поведенческое тестирование (установка «черно-белая камера»), забор крови (оценка выраженности стресс-реакции); второй – ХМС, тестирование, забор крови. Статистически значимые различия  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Интактные крысы имеют среднюю степень тревожности в состоянии покоя (больше времени находятся в темной камере и имеют значительное число оценок «риска»). Напротив, крысы с разрушенным Ce больше времени находятся в светлом отсеке установки, имеют высокий показатель латентного периода захода в тёмный отсек, что говорит о низкой тревожности, а высокий показатель переходов между отсеками свидетельствует о доминировании исследовательской деятельности над страхом неизвестности.

После ХМС у интактных крыс уровень тревожности так же сохраняется на среднем уровне, предпочитают оставаться в темном отсеке и изменений в качественном составе крови свойственной активной фазе стресс-реакции не наблюдается. А вот крысы с разрушенным Ce проявляют высокий уровень тревожности, по сравнению, как с условиями покоя, так и с уровнем тревожности после ХМС у интактных. Что свидетельствует, о протекании стресс-реакции после прекращения воздействия стресса, что так же подтверждается исследованиями крови (падение количества эозинофилов на фоне возрастания лимфоцитов).

**Заключение.** В условиях покоя удаление Ce ведет к снижению выраженности тревожного поведения. После ХМС у крыс с разрушенным Ce наблюдается протекание стресс-реакции, а у интактных крыс, предположительно, произошла частичная адаптация к воздействию стресса.

# СУТОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ТАРАКАНА *PERIPLANETA AMERICANA* L. В УБЕЖИЩЕ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ОЦЕЛЛЕЙ

Цуйто А.А., Новикова Е.С.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
os\_sacrum@list.ru*

**Введение.** Тараканы *Periplaneta americana* L. являются ночными животными, имеющими в составе своего зрительного аппарата сложные глаза и оцелли. Оцеллярные нейроны посылают аксоны в медуллу сложных глаз, где находятся эндогенные часы, и предполагается, что оцелли могут влиять на синхронизацию суточных ритмов и чувствительность сложных глаз [1].

**Цель исследования.** Определить роль оцеллей в синхронизации суточных ритмов поведения тараканов.

**Материалы и методы.** Экспериментальная установка состояла из основного вольера с фоторежимом 12:12 (свет:темнота) и постоянно затененного убежища. Группе из 12 самцов тараканов закрашивали оцелли черным лаком. Контрольной группе окрашивали клипеус. После окрашивания фоторежим смещали на -6 часов, а через 10 дней изменяли на 0:24 (свет:темнота). Видео записывали каждые полчаса по 1 мин. Оценивали, сколько насекомых и какие действия совершают.

**Результаты и обсуждение.** Суточные колебания поведения тараканов в убежище при экранировании оцеллей отличаются от контроля. Наибольшее количество тараканов с экранированными оцеллями находилось в убежище в середине темновой фазы, у контроля явно выраженный пик посещения убежища отсутствует. Для локомоции, остановок, замираний (сноподобного состояния) и груминга максимальное количество тараканов, проявляющих данное поведение у особей с экранированными оцеллями, отличается от контроля и сдвинуто во времени. Время проявления полового поведения и питания схожи с контролем.

**Заключение.** Экранирование оцеллей приводит к нарушениям синхронизации суточных ритмов активности (локомоции и сноподобного состояния) к изменившимся условиям освещения. Появление выраженного пика посещения убежища при экранировании оцеллей говорит о возможном увеличении чувствительности сложных глаз.

## **Список литературы**

Garcia J. E. et al. Improved color constancy in honey bees enabled by parallel visual projections from dorsal ocelli //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – Т. 114. – №. 29. – С. 7713-7718.

Работа поддержана грантом РФФ № 23-74-01147.

**СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ДВИГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ»**

# АКТИВАЦИЯ IP3-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ ВЛИЯЕТ НА АТРОФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ

Немировская Т.Л., Шарло К.А., Зарипова К.А., Сидоренко Д.А., Боков Р.О.

*Институт медико-биологических проблем РАН, Москва*

*nemirowskaya@bk.ru*

**Введение.** При разгрузке мышц в мышечных волокнах soleus происходит накопление макроэргических фосфатов, снижается мембранный потенциал покоя, что сопровождается накоплением  $Ca^{2+}$  в саркоплазме. АТФ может вызывать отставленное медленное высвобождение  $Ca^{2+}$  в миоплазме через P2Y2-PLC-IP3 путь.  $Ca^{2+}$  может стимулировать активацию внутриклеточных сигнальных путей и мышечную атрофию, а также участвует в сопряжении возбуждения и транскрипции и сохраняется в саркоплазме в течение длительного времени. В экспериментах на культуре миотуб обнаружено, что медленные кальциевые процессы опосредованы IP3, но не RYR.

**Гипотеза.** Мы полагаем, что при функциональной разгрузке скелетных мышц механизм генерации IP3 может осуществляться посредством активации пуринергических рецепторов P2Y1/2 внеклеточным АТФ, высвобождаемым через механизм, зависимый от паннексина 1, сопряженного с работой сенсора напряжения DHPR. Ранее аналогичный механизм был описан в лаборатории Jaimovich в экспериментах на культуре миотуб, мышечных волокон, а также в модели mdx мышей.

**Цель.** Мы проверяли гипотезу о связи между изменениями клеточной концентрации  $Ca^{2+}$ , накоплением АТФ и активацией IP3-зависимого сигнального пути при разгрузке *m. soleus*. **Материалы и методы.** Было проведено 3 эксперимента: 1. с ингибированием каналов L-типа нифедипином; 2. с ингибированием PI3-киназы и 3. с ингибированием IP3-рецепторов при разгрузке *m. soleus* крыс Wistar (72 крысы 180 г вес, самцы).

**Результаты.** При разгрузке *m. soleus*: 1. блокирование DHPR предотвращает повышение уровня АТФ и  $Ca^{2+}$  в миоплазме ( $p < 0,05$ ); 2. ингибирование PI3K замедляет атрофию камбаловидной мышцы, предотвращает накопление в ней АТФ, экспрессию убиквитинлигазы MuRF1 и Ub, увеличение уровня IP3 и экспрессию IP3R, увеличение экспрессии Ca-зависимой мРНК CaN, предотвращает снижение p-CaMKII (Ca-кальмодулин киназы II) ( $p < 0,05$ ); предотвращает снижение уровня маркеров анаболической сигнализации в ненагруженных мышцах (IRS1 и 4E-BP); 3. ингибирование рецепторов IP3 предотвращает уменьшение площади поперечного сечения *m. soleus* быстрых и медленных мышечных волокон, что связано с предотвращением снижения рибосомального биогенеза и повышением экспрессии маркеров аутофагии ULK-1 и IL-6 ( $p < 0,05$ ). Предотвращено также снижение уровня фосфорилирования Ca-зависимой CaMK II.

**Заключение:** имеется взаимосвязь между притоком  $Ca^{2+}$  в волокно, содержанием АТФ и атрофией камбаловидной мышцы. IP3K и IP3R участвуют в регуляции атрофических процессов и сигнализации при разгрузке скелетных мышц. Поддержано РФФ № 24-15-00088.

# МЕХАНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ КАНАЛЫ ВЛИЯЮТ НА ПАССИВНУЮ ЖЕСТКОСТЬ И АМПЛИТУДУ СОКРАЩЕНИЯ МЕДЛЕННОЙ МЫШЦЫ

**Шенкман Б.С., Сергеева К.В., Тыганов С.А., Зарипова К.А.**

*ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН, Москва Россия  
bshenkman@mail.ru*

**Введение.** В последние годы большой интерес исследователей вызывают недавно открытые высокоспециализированные механо-управляемых каналов (МУК) семейства Piezo. Однако до сих пор ничего не было известно о роли этих каналов в процессах регуляции пассивной жесткости мышцы и мышечного сокращения.

**Цель исследования.** Мы предположили, что как пассивная деформация изолированной мышцы, так и вызванное одиночное и тетаническое сокращение приводят к активации каналов Piezo-1, работа которых увеличивает пассивную жесткость и амплитуду мышечного сокращения. Для проверки этой гипотезы использовали Dooku-1, специфический блокатор каналов Piezo-1 и  $Gd^{3+}$  неспецифический блокатор МУК.

**Материал и методы.** После инкубации в растворе соответствующего препарата, камбаловидные мышцы самцов крыс Wistar подвергались серии измерений активных (максимальное одиночное сокращение и максимальное изометрическое сокращение) и пассивных (максимальное и минимальное пассивное напряжение).

**Результаты и обсуждение.** Применение  $Gd^{3+}$  на фоне тестовой деформации, используемой для расчета параметров пассивной жесткости, привело к достоверному снижению максимальной жесткости на 16%, а минимальной жесткости – на 13%, а модуля Юнга для максимального пассивного напряжения на 20%. Интересно, что специфическое блокирование Piezo-1 с помощью Dooku-1 не приводило к достоверному изменению показателей пассивной жесткости. В то же время, обработка изолированной мышцы раствором Dooku-1 приводит к достоверному снижению максимальной силы вызванного одиночного и тетанического изометрического сокращения на 21 и 25% соответственно. Обработка мышцы раствором  $Gd^{3+}$  не привела к существенным изменениям показателей вызванного сокращения. Таким образом, нами показано, что МУК, связывающие  $Gd^{3+}$ , стимулируются пассивным растяжением и участвуют в регуляции мышечной жесткости. В то же время каналы Piezo-1 активируются в процессе мышечного сокращения и участвуют в его регуляции. Работа поддержана Программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ ИМБП РАН Тема № FMFR-2024-0032

# ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ С ДИНАМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ НА АРХИТЕКТУРУ И ФУНКЦИЮ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ У ЧЕЛОВЕКА

**Коряк Ю.А.<sup>1</sup>, Ханафиева К.Р.<sup>2</sup>, Афоничев Р.К.<sup>2</sup>, Кнутова Н.С.<sup>1</sup>**

*1 - ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва,  
Россия*

*2 - МАИ, Национальный исследовательский университет, Москва, Россия  
yurikoryak@mail.ru*

В работе исследовали изменения в архитектуре и функции мышц в результате силовой тренировки с участием группы мужчин ( $n = 6$ ), которые 3 раза в неделю на протяжении 6 недель выполняли подъем носки в течении 2 с и возвращения в исходное положение в течении 2 с. Выполнялось 10 повторений в 5 подходах. Регистрировалась максимальная произвольная сила (МПС), высота прыжка из полуприседа (ПП), противодвижением (ПД) и при спрыгивании (СП) с высоты 20 и 60 см (СП<sub>20</sub> - СП<sub>60</sub>). Структуру медиальной икроножной мышцы (МИМ) визуализировали ультразвуковым сканером Edge (USA) с определяли длину ( $L_b$ ) и угол наклона волокон ( $\Theta_b$ ). После тренировки наблюдались увеличение МПС (17,0%,  $p < 0,05$ ) и  $\Theta_b$  (10,4%,  $p < 0,05$ ). Результаты показывают, что тренировка с легкой нагрузкой приводит к увеличению МПС и  $\Theta_b$ . Увеличение  $\Theta_b$  обеспечивает более эффективную передачу усилия волокон на сухожилия, что увеличивает выработку большей силы всего за 6 недель тренировок.

Финансовая поддержка: РАН (FMFR-2024-0033).

## АКТИВНОСТЬ МЫШЦ ПРИ РЕАЛЬНОЙ, ПАССИВНОЙ И ВООБРАЖАЕМОЙ ХОДЬБЕ НА МЕСТЕ

**Боброва Е.В.<sup>1</sup>, Решетникова В.В.<sup>1</sup>, Гришин А.А.<sup>1</sup>, Вершинина Е.А.<sup>1</sup>,  
Богачева И.Н.<sup>1</sup>, Щербакова Н.А.<sup>1</sup>, Исаев М.Р.<sup>2,3</sup>, Бобров П.Д.<sup>2,3</sup>,  
Герасименко Ю.П.<sup>1</sup>**

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

2 - *Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
Москва, Россия*

3 - *ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва,  
Россия*

*eabobrovy@yandex.ru*

**Введение.** Нейроинтерфейсы, основанные на кинестетическом воображении движений и дополненные пассивными перемещениями конечностей, используется для реабилитации движений.

**Цель исследования.** Изучить механизмы регуляции движений, лежащие в основе этих методик, сопоставив ЭМГ-активность мышц нижних конечностей при их пассивных перемещениях, имитирующих ходьбу на месте, при осуществлении аналогичных реальных движений и при их воображении.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 40 здоровых испытуемых, каждый из которых, находясь в тренажере для механотерапии БиоКин, осуществлял три типа этих движений при ходьбе на месте, начинающейся в правой или левой ноги, а затем управлял нейроинтерфейсом. Анализировали среднюю величину ЭМГ мышц голени и бедра методами корреляционного и факторного анализа.

**Результаты и обсуждение.** Показано, что амплитуда ЭМГ максимальна при реальных движениях, существенно меньше при пассивном перемещении ног, а при воображаемых движениях активность еще меньше, но значимо отличается от покоя. При пассивном перемещении ног значимыми корреляционными связями связаны практически все мышцы нижних конечностей, в то время как при реальной ходьбе эти связи характеризуются специфическим паттерном. Паттерны при воображении ходьбы, ближе к таковым при реальных движениях, чем при пассивных перемещениях.

**Заключение.** Характер регуляции активности мышц при воображении движений ближе к таковому при реальных, чем при пассивных перемещениях нижних конечностей, однако при пассивных движениях активность мышц выше. Это свидетельствует о важности совместного использования воображения движений и механотерапии в целях реабилитации движений.

**Источник финансирования.** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411782-5-3.1.8).

## СПЕЦИФИЧНОСТЬ МЫШЕЧНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ВООБРАЖЕНИИ РАЗНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Решетникова В.В.<sup>1</sup>, Боброва Е.В.<sup>1</sup>, Гришин А.А.<sup>1</sup>, Вершинина Е.А.<sup>1</sup>,  
Богачева И.Н.<sup>1</sup>, Щербакова Н.А.<sup>1</sup>, Исаев М.Р.<sup>2,3</sup>, Бобров П.Д.<sup>2,3</sup>,  
Герасименко Ю.П.<sup>1</sup>

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

2 - *Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
Москва, Россия*

3 - *ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва,  
Россия*

*3069@bk.ru*

**Введение.** Несмотря на то, что при управлении нейроинтерфейсом, основанным на кинестетическом воображении движений, перед пользователем стоит задача только представлять движение, а не осуществлять его, наблюдается значимое увеличение активности соответствующих типу воображаемого движения мышц.

**Цель исследования.** Изучить ЭМГ-активность мышц нижних конечностей при управлении нейроинтерфейсом, основанным на воображении тыльного сгибания стоп и ходьбы на месте.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 42 человека, каждый из которых управлял нейроинтерфейсом без и с добавлением механотерапии, кинестетически воображая либо тыльное сгибание правой и левой стоп, либо ходьбу на месте с правой или левой ноги. Регистрировали ЭМГ-активность мышц *tibialis anterior* (TA), *gastrocnemius* (Gs), *vastus lateralis* (VL) и *biceps femoris* (BF) правой и левой ног. Был проведен корреляционный и факторный анализ ЭМГ-активности мышц при различных условиях эксперимента.

**Результаты и обсуждение.** Корреляционные связи ЭМГ-активности при воображении движений стоп не зависят от условий, в отличие от воображаемой ходьбы, где механотерапия усиливает эти связи. При воображении ходьбы количество корреляционных связей больше и их сила выше, чем при воображении сгибания стопы. Наиболее сильно активируются мышцы, участвующие в осуществлении воображаемого движения в реальности. Так, при воображении тыльного сгибания стоп преимущественно активировалась TA, и эта активация была значительно сильнее, чем при воображении ходьбы.

**Заключение.** Реакция мышц на воображение зависит от типа движения — ходьбы на месте или тыльного сгибания стопы, что указывает на специфичность кортикоспинальных сигналов при кинестетическом воображении.

**Источник финансирования.** Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411782-5-3.1.8).

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПАССИВНЫХ И  
ВООБРАЖАЕМЫХ ДВИЖЕНИЙ РУК. АНАЛИЗ ТЕНЗОГРАММЫ И  
ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ**

**Курганская М.Е.<sup>1</sup>, Бобров П.Д.<sup>1,2</sup>, Курганский А.В.<sup>1</sup>, Исаев М.Р.<sup>1</sup>,  
Гарбузов Г.Г.<sup>2</sup>**

*1 - Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
Москва, Россия*

*2 - Российский национальный исследовательский медицинский университет  
имени Н. И. Пирогова, Москва, Россия  
m-kurg@yandex.ru*

**Введение.** Воображение движений (ВД) служит для понимания принципов управления движением. Из пяти моделей объясняющих свойства ВД [1], две — модель двигательной симуляции и эмуляции [1], исходят из принципа функциональной эквивалентности ВД и реального движения (ПФЭ). В соответствии с ПФЭ настройки моторной периферии при ВД, и при реальном движении сходны, но при ВД исполнение моторных команд заблокировано. В работе исследовались проверяемые следствия ПФЭ: резидуальные движения при ВД [2] и реакция моторной системы на возмущение, направленное по и против ВД.

**Цель исследования.** Экспериментальная проверка ПФЭ путем анализа резидуальных движений при ВД и реакции на возмущение.

**Материалы и методы.** Участники воображали закрытие или раскрытие кисти. После начала ВД экзоскелет закрывал или раскрывал кисть. Регистрировалась ЭМГ и сигнал с тензодатчика.

**Результаты и обсуждение.** Показан рост амплитуды ЭМГ и подпороговое усилие, совпадающее по направлению с ВД и нарастающее линейно. Сопротивление воздействию направленному против ВД выше. Результаты говорят о нисходящем влиянии на мышечный аппарат во время ВД по пирамидному и по экстрапирамидному пути.

**Заключение.** Результаты говорят в пользу принципа функциональной эквивалентности воображаемого и реального движения.

**Список литературы**

1. Hurst AJ, Boe SG. Imagining the way forward: A review of contemporary motor imagery theory. *Front Hum Neurosci.*, 2022. Dec 22;16:1033493.
2. Guillot A, Di Rienzo F, Macintyre T, Moran A, Collet C. Imagining is Not Doing but Involves Specific Motor Commands: A Review of Experimental Data Related to Motor Inhibition. *Front Hum Neurosci.* 2012 Sep 5;6:247.

# **ВЛИЯНИЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ПАРАМЕТРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУКИ**

**Зобова Л.Н., Миллер Н.В.**

*ГНЦ РФ - ИМБИ РАН, Москва, Россия*

*lnz75@mail.ru*

**Введение.** При изучении влияния физиологических эффектов невесомости на моторные механизмы наиболее часто используют наземную модель «сухой» иммерсии (СИ), при которой уменьшается приток опорной, тактильной и проприоцептивной афферентации в структуры центральной нервной системы.

**Цель исследования** Сравнение параметров выполнения зрительно-двигательной задачи в зависимости от направления движения руки в условиях СИ.

**Материалы и методы.** Исследование проведено в условиях 7-суточной СИ у 10 испытуемых при выполнении зрительно-двигательной задачи перемещения курсора с помощью джойстика из центра экрана на одну из периферических мишеней, появляющихся в случайном порядке. Проведена оценка влияния СИ на временные и точностные параметры движения курсора в четырех направлениях. Испытуемые находились в горизонтальном положении, при этом предплечье рабочей руки было вертикально.

**Результаты и обсуждения.** Различия в параметрах движения курсора в зависимости от направления движения руки регистрировались в контроле и сохранялись во время СИ. Максимальное отличие наблюдалось во временных параметрах при движении вниз, что можно объяснить сонаправленностью вектора гравитации с направлением движения.

Динамика влияния СИ на большинство оцениваемых параметров движения курсора была сходна вне зависимости от направления движения курсора – фаза ухудшения параметров в первые дни СИ и фаза адаптации. После иммерсии наблюдалось возвращение к контрольному уровню.

Степень воздействия СИ в первые дни на параметры выполнения двигательной задачи отличалась в зависимости от направления, что можно объяснить, как вектором воздействия гравитации, так и наличием сформированных устойчивых навыков, уменьшавших воздействие СИ.

**Заключение.** Влияние СИ на параметры зрительно-двигательной задачи зависит от направления движения руки.

**Источник финансирования.** Работа поддержана Российской академией наук (№ FMFR-2024-0033).

## ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ У ЧЕЛОВЕКА В МОДЕЛЯХ ГИПО- И ГИПЕРДОФАМИНЕРГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Мейгал А.Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Кузьмина А.П., Пескова А.Е., Склярова А.С., Антонен Е.Г., Буркин М.М.

*Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия  
meigal@petrsu.ru*

**Введение.** Мышечный тонус является дофамин-зависимым феноменом, что проявляется в виде мышечной ригидности при болезни Паркинсона (БП) и катаlepsии при заболеваниях шизофренического (ШЗ) спектра. Постактивационный эффект (ПАЭ) как тонический автоматизм скелетной мышцы также может регулироваться дофаминергическими механизмами.

**Цель исследования** заключалась в проверке гипотезы о зависимости ПАЭ от дофаминергических механизмов. Для достижения этой цели ПАЭ изучен при помощи гиподофаминергических (D-) моделей – у лиц с БП (n=14) в фазу off-medication (БП<sub>off</sub>) и лиц с ШЗ (n=39) во время антипсихотической терапии (ШЗ<sub>он</sub>, n=25) и гипердофаминергических (D+) моделей у лиц с БП в фазу on-medication (БП<sub>он</sub>) и с ШЗ без антипсихотической терапии (типичные и атипичные антипсихотические препараты, ШЗ<sub>off</sub>, n=14), в сравнении с группой лиц среднего и пожилого возраста без ПБ и ШЗ (n=11).

**Материалы и методы.** Исследование выполнено при помощи поверхностной электромиографии (ЭМГ). ПАЭ был активирован в дельтовидных мышцах при помощи 1-минутного изометрического сокращения (отведения прямых рук против неподвижных стоек) на уровне 50% от максимального произвольного усилия. Оценивали паттерн, длительность, среднюю частоту спектра ЭМГ произвольного усилия и ПАЭ в исследуемых группах. Оценивали клиническое состояние лиц с БП при помощи шкалы UPDRSIII, а лиц с ШЗ – шкалы PANSS, на фоне терапии и без нее.

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что ПАЭ в контрольной группе лиц без БП и ШЗ вызывался в 10 случаев из 11 (91,1%), в D-моделях - 21,4% (БП<sub>off</sub>, 3/14) и 12% (ШЗ<sub>он</sub> 3/25), в D+ моделях - 35,7% (БП<sub>off</sub>, 5/14) и 71,3% (ШЗ<sub>off</sub> 10/14). Длительность ПАЭ составила от 20 до 140 с и не различалась между группами. Средняя частота ЭМГ во время ПАЭ была больше, чем во время произвольного сокращения во всех группах, кроме ШЗ<sub>off</sub>, в которой частота ЭМГ была выше по сравнению с остальными группами даже во время произвольного сокращения.

**Заключение.** ПАЭ наиболее характерен для гипердофаминергического состояния (ШЗ<sub>off</sub>) и лиц с предположительно нормальным дофаминергическим статусом, т.е. среднего и пожилого возраста без признаков БП и ШЗ. Прием антипсихотических препаратов (блокаторов дофамина) у лиц с ШЗ уменьшал частоту появления ПАЭ в дельтовидных мышцах. У лиц с БП ПАЭ проявляется с небольшой частотой как в фазу действия антипаркинсонического препарата, так и до нее, что может быть связано с низким уровнем дофамина в базальных ганглиях даже на фоне приема препарата.

**Источник финансирования** грант РФФ 24-25-00301

## РЕГУЛЯЦИИ ХОДЬБЫ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

**Мошонкина Т.Р.<sup>1</sup>, Шаманцева Н.Д.<sup>1</sup>, Ананьев С.С.<sup>1</sup>, Ляховецкий В.А.<sup>1</sup>,  
Савенкова А.А.<sup>2</sup>, Игнатова Т.С.<sup>2</sup>, Герасименко Ю.П.<sup>1</sup>**

*1 - Институт физиологии имени И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

*2 - Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение  
здравоохранения «Городская больница № 40 Курортного района»,  
Санкт-Петербург, Россия  
moshonkina@infran.ru*

Локомоторный автоматизм контролируется нейронными сетями спинного мозга, этот автоматизм можно модулировать с помощью чрескожной стимуляции спинного мозга (ЧССМ). Разработана технология (спинальный нейропротез) многоуровневой ЧССМ во время ходьбы, которая не только влияет на активность спинальных сетей, но и активирует моторные пулы сгибателей и разгибателей нижних конечностей в фазы переноса и опоры, соответственно. Спинальный нейропротез применяется в реабилитации пациентов с последствиями инсульта. Известно, что методы, эффективные в двигательной реабилитации взрослых, перенесших инсульт, улучшают двигательные функции у детей с ДЦП.

Цель – изучение возможности спинального нейропротеза в модуляции локомоторного автоматизма и в двигательной реабилитации пациентов с ДЦП.

В исследовании участвовало 14 детей со спастической диплегией. Все получали локомоторные тренировки (10 дней). Во время тренировок у пациентов одной группы применяли технологию нейропротеза, у пациентов другой - нет. У всех перед курсом определяли влияние стимуляции на параметры ходьбы (острый эффект). Пациентов обследовали с помощью клинических шкал и тестов.

Острый эффект проявляется в изменении кинематики шага. После курса в основной группе увеличились баллы по шкале GMFM-88, уменьшалась спастичность, увеличилось пройденное расстояние в тесте 6-мин ходьбы.

Сочетание спинальной нейромодуляции и двигательной терапии может вызывать реорганизацию не только спинальных сетей, но и супраспинальных связей у пациентов с ДЦП.

Источник финансирования: Программа НЦМУ Павловский центр (№075- 15-2022-303; 21.04.2022 г.)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МУЛЬТИСЕГМЕНТАРНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ

Ананьев С.С., Мошонкина Т.Р., Шаманцева Н.Д., Ляховецкий В.А.,  
Гришин А.А., Герасименко Ю.П.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
sergananev13@gmail.com*

**Цель исследования.** Оценить срочный эффект мультисегментарной чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) на кинематические параметры походки у пациентов, перенёсших инсульт.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 20 пациентов с нарушениями мозгового кровообращения вследствие ишемического инсульта. Непрерывную стимуляцию спинного мозга проводили в области шейного (C5-6) и поясничного (T11-12) утолщений в сочетании с ритмической стимуляцией задних корешков, активирующих мышцы сгибателей ног в фазу переноса и мышцы разгибателей ног в фазу опоры паретичной конечности. Сила стимуляции была на уровне парестезии. Кинематические характеристики шагательных движений регистрировали при ходьбе с комфортной скоростью по полу (контроль), и при непрерывной стимуляции, а также при сочетании непрерывной и ритмической стимуляции спинного мозга.

**Результаты и обсуждение.** Результаты исследования показали, что использование мультисегментарной ЧЭССМ приводит к срочным изменениям кинематических параметров шагательных движений у постинсультных пациентов. Установлено, что применение только непрерывной стимуляции не приводит к существенным изменениям временных и кинематических параметров шагательных движений. Иная картина наблюдалась при ходьбе по полу с непрерывной и ритмической ЧЭССМ. При сочетанной стимуляции у пациентов сократилась длительность шагательного цикла, что говорит об увеличении скорости походки, увеличилась амплитуда движения на 4,9 % ( $p \leq 0.005$ ) в коленном и на 7,2% ( $p \leq 0.005$ ) в голеностопном суставах, а также было выявлено увеличение подъёма стопы поражённой конечности на 5,1% ( $p \leq 0.05$ ).

**Заключение.** Предполагается, что непрерывная стимуляция шейного и поясничного утолщений модулирует активность локомоторной нейронной сети, а ритмическая стимуляция адресно активирует мотонейронные пулы мышц сгибателей и разгибателей. Мультисегментарная ЧЭССМ является эффективным методом регуляции локомоции, поскольку оказывает влияние на характеристики шагательных движений у постинсультных пациентов непосредственно при ее применении.

# СПИНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ПОЗЫ В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ЗВУКОВЫМИ СТИМУЛАМИ

Шаманцева Н.Д.<sup>1</sup>, Семенова В.В.<sup>1</sup>, Тимофеева О.П.<sup>1,2</sup>, Андреева И.Г.<sup>2</sup>,  
Мошонкина Т.Р.<sup>1</sup>

1 - *Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

2 - *Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова  
РАН, Санкт-Петербург, Россия*  
*shandibinan@infran.ru*

**Целью** исследования было выявить роль спинальных механизмов регуляции спокойной вертикальной стойки в условиях её дестабилизации эмоционально значимыми звуковыми стимулами.

**Методы.** Испытуемые (n=27) стояли в анэхоидной камере на стабилметрической платформе с закрытыми глазами в стандартной позе. У всех участников левая опорная нога. Регистрацию стабилограммы проводили в течение 70 с при 16 условиях: электрическая чрезкожная стимуляция спинного мозга (ЧССМ) между позвонками T11-T12 или L1-L2 (по центральной оси позвоночника или над левыми корешками спинного мозга), звуковая стимуляция слева или справа, восемь сочетаний ЧССМ и звуков, а также два контроля в тишине без ЧССМ.

**Результаты** исследования показали, что ЧССМ T11 слева уменьшает длину траектории центра давления (ЦД) и скорость на 9% вдоль фронтальной оси стабилограммы, а звуки слева увеличивают длину траектории ЦД на 13% по фронтальной и на 10% по сагиттальной оси при сравнении с контрольными значениями. При сравнении со звуковой стимуляцией слева, сочетанное воздействие ЧССМ T11 со звуками слева привело к уменьшению длины траектории ЦД по фронтальной оси на 11% и на 14%, соответственно. При сравнении со звуковой стимуляцией справа, сочетанное воздействие ЧССМ L1 со звуками справа привело к увеличению длины траектории ЦД по сагиттальной оси на 7% и 6%, соответственно.

**Заключение.** Модулирующий эффект ЧССМ (в тишине) на позу подтверждает участие спинальных локомоторных сетей в регуляции позы. Выраженный эффект ЧССМ на позу на фоне дестабилизирующих позу звуков демонстрирует взаимодействие спинальных и супраспинальных механизмов регуляции позы.

**Источник финансирования:** грант РНФ № 23-25-00226.

# ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА СТОП С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ СТОП В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

**Бекренева М.П., Савеко А.А., Томиловская Е.С.**

*ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия  
mbekreneva@gmail.com*

**Введение.** Ранее показано, что увеличение площади соприкосновения стоп с опорной поверхностью в ходе 7-суточной «сухой» иммерсии (СИ) происходило за счёт пальцев стопы, а уменьшение данного параметра после СИ – за счёт зон продольного свода и плюсны [1]. Однако связь между обнаруженными изменениями и вязкоупругими свойствами стопы мало изучена.

**Цель исследования.** Изучить степень согласованности площади контакта стоп с опорной поверхностью и вязкоупругих свойств стопы в ходе 7-суточной СИ.

**Материалы и методы.** В исследовании участвовали 8 здоровых мужчин. Регистрацию площади контакта стоп с использованием сенсорного бароподометрического полотна, а также вязкоупругих свойств стопы в латеральных проекциях головки первой плюсневой кости и места соединения первой плюсневой кости с медиальной клиновидной костью методом миотометрии выполняли дважды до начала СИ, на 1-е, 3-и и 6-е сутки СИ, а также в первые часы периода восстановления.

**Результаты и обсуждение.** Обнаружена отрицательная корреляция рассматриваемых параметров: при уменьшении жёсткости в проекции головки первой плюсневой кости площадь контакта стопы в зонах плюсны ( $r=-0,86$ ,  $p<0,05$ ) и пальцев ( $r=-0,81$ ,  $p<0,05$ ) увеличивалась, и наоборот. Аналогичная тенденция получена для зоны продольного свода стопы.

**Заключение.** Полученные результаты показывают, что уплощение поперечного свода стопы в ходе СИ является в том числе следствием снижения жёсткости мышечно-сухожильного аппарата плюсны. Механизмы повышения продольного свода после СИ требуют дополнительного уточнения.

## **Список литературы**

1. Бекренева М.П., Савеко А.А. Площадь контакта стоп с опорной поверхностью в положениях сидя и стоя в ходе 7-суточной "сухой" иммерсии // XXII Конференция молодых учёных, специалистов и студентов, посвященная 300-летию Российской академии наук: сб. материалов, Москва, 10-11 октября 2024 г. / ГНЦ РФ – ИМБП РАН. – Москва, 2024. – 84 с.

## **Источник финансирования**

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

# КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ КАК СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ НАРУШЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ И ХОДЬБЫ ПРИ 7-СУТОЧНОЙ ОПОРНОЙ И АКСИАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ

Савеко А.А., Бекренева М.П., Пономарев И.И., Томиловская Е.С.

ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия  
saveko@imbp.ru

**Введение.** Электромиостимуляция (ЭМС) мышц нижних конечностей является перспективным способом борьбы с последствиями гипокинезии и гиподинамии у пациентов, имеющих ограничения к выполнению необходимого объёма физических упражнений. Предполагается, что низкочастотная (НЧ) ЭМС предпочтительнее для тренировки мышц с медленными волокнами, в то время как высокочастотная (ВЧ) ЭМС – для быстрых мышц [1].

**Цель.** Исследовать эффективность комбинированной – НЧ и ВЧ – ЭМС для профилактики нарушений равновесия и ходьбы в ходе 7-суточной «сухой» иммерсии (СИ).

**Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 26 мужчин (10 – 7-суточная СИ, 10 – 7-суточная СИ с ежедневным применением комбинированной ЭМС, а также 6 мужчин в контрольной группе). НЧ ЭМС проводилась в первой половине дня, а ВЧ ЭМС – вечером. Параметры равновесия и ходьбы регистрировали с помощью сенсорного полотна Footscan (RSscan, Бельгия) до и после СИ.

**Результаты.** Применение комбинированной ЭМС в СИ предотвращало увеличение площади эллипса колебаний центра давления при стойке с закрытыми глазами и удлинение периода двойной опоры при произвольной ходьбе в первые часы после иммерсионного воздействия.

**Заключение.** Результаты демонстрируют наличие профилактической эффективности комбинированного протокола ЭМС в смягчении постуральных и локомоторных изменений при снижении двигательной активности.

## Список литературы

1. Сравнительное исследование тонуса мышц нижних конечностей при применении различных режимов электромиостимуляции в условиях 5-суточной опорной разгрузки / Л.Е. Амирова [и др.] // Физиология человека. 2020. Т. 46, № 4. С. 52-62.

## Источник финансирования

При поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения № 075-15-2022-298 от 18.04.2022 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Павловский центр "Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

# ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ КОГНИТИВНЫМ ПРОФИЛЕМ

Никulina М.И.<sup>1</sup>, Желтухина А.Ф.<sup>1</sup>, Семенова Е.В.<sup>1</sup>, Балтин М.Э.<sup>2</sup>, Шульман А.А.<sup>1</sup>, Балгина Т.В.<sup>1</sup>

1 - Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия

2 - Научно-технологический университет «Сириус», Федеральная территория Сириус, Россия  
margo.nikulina.02@bk.ru

**Введение.** Контроль позы зависит от интеграции зрительной, вестибулярной и соматосенсорной систем. Люди различаются по стратегиям восприятия как полнезависимые (ПЗ) и полнезависимые (ПНЗ). Мы показали, что виртуальная реальность (VR) требует подключения осознанных корректирующих механизмов для стабилизации позы [1]. Предполагается, что когнитивный профиль участников может повлиять на пространственное восприятие и постуральный баланс.

**Цель исследования.** Оценить влияние VR на постуральную устойчивость и восстановление равновесия у здоровых людей с различными когнитивным профилем.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 31 молодой человек (19-24 года), разделенных на группы в зависимости от результатов теста по методике Готтшальдта (ПЗ и ПНЗ). Использовалась стабилографическая платформа «Стабилан-01» для оценки постуральной устойчивости до, во время и после воздействия VR. Испытуемые проходили тесты с различными сенсорными изменениями (открытые/закрытые глаза, твердая/мягкая поверхность).

**Результаты и обсуждение.** Анализ до и после применения VR показал, что с увеличением полнезависимости улучшаются показатели постуральной устойчивости, такие как площадь эллипса и линейная скорость смещения ЦД. ПЗ продемонстрировали ухудшение контроля равновесия под воздействием VR, в то время как ПНЗ лучше адаптировались к изменениям. ПЗ восстанавливали равновесие быстрее после воздействия VR. Эти различия подтвердили связь между когнитивным профилем и постуральной устойчивостью.

**Заключение.** Продемонстрирована важность понимания когнитивных различий в контексте постурального контроля и возможного применения VR в исследованиях и реабилитации.

## Список литературы

1. Оценка влияния просмотра видеоряда в шлеме виртуальной реальности и на экране телевизора на постуральную устойчивость человека / Л. М. Бикчентаева, А. А. Шульман, М. Э. Балтин [и др.] // Физиология человека. – 2024. – Т. 50, № 3. – С. 3-13.

## ОЦЕНКА МЫШЕЧНОЙ КООРДИНАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Позднякова А.Е., Лелеко Л.П., Пеконида А.А., Онищенко Д.А., Бравый Я.Р.

*НТУ "Сириус", Сириус, Россия*

*fenec.alisa@gmail.com*

**Введение.** Современные методы анализа поверхностной электромиографии (пЭМГ) с матрицы электродов позволяют создавать детальные карты активации мышечных групп и выявлять взаимодействия между ними. Такие карты активности дают информацию о формировании общего мышечного ответа, однако не позволяют выявить мышечную координацию при выполнении различных жестов. Создание карты активности мышечных компонентов поможет в разработке реабилитационных программ и создании бионических протезов за счет знания о локализации сигнала в конкретных мышцах.

**Цель исследования.** Разработка карты двигательной активности мышц предплечья при различных движениях кисти.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось при участии здоровых людей (N=5) и испытуемого с ампутацией кисти (N=1). Использовали датчики *trigno avanti* (Delsys Ink, USA), расположенных по окружности предплечья для регистрации пЭМГ с поверхностных мышц. Для анализа были выбраны жесты: сжатие кулака, разгибание и сгибание пальцев, поднятие большого пальца, вытягивание указательного пальца.

**Результаты.** При анализе карт активации мышечного компонента можно наблюдать различия в паттерне ко-активации мышц в зависимости от жеста. Можно отметить, что не происходило активации *m. brachioradialis*, так как она не вовлекается для выполнения выбранных жестов, однако в клиническом случае с ампутацией наблюдалась активация данной мышцы при разгибании кисти.

**Заключение.** Мышцы предплечья по разному вовлекаются в формирование мышечного сигнала. Сегментирование сигнала мышц на основе карт двигательной активности мышц можно улучшить сбор сигнала для дальнейшего использования в протезировании и реабилитации.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ СОКРАЩЕНИЯ M. FLEXOR DIGITORUM SUPERFICIALIS ПРИ СЖИМАНИИ КИСТЕВОГО ДИНАМОМЕТРА И АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ**

**Искаревский Г.В., Пеконида А.А., Бекназарова А.М., Балтин М.Э.,  
Онищенко Д.А., Бравый Я.Р.**

*Научно-технологический Университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия  
esscar78@yandex.ru*

**Введение.** Одной из существенных проблем разработки протезов конечностей и экзоскелетов является отсутствие в существующих прототипах учета градиента прикладываемого усилия. Возможным решением является применение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) двигательных единиц в контроле прикладываемого усилия.

**Цель исследования.** Определить связи между силой сокращения и АЧХ двигательных единиц.

**Методы.** В исследовании участвовали 10 человек в возрасте от 20 до 45 лет не имеющих противопоказаний и подписавших добровольное согласие. Участники выполняли 12 сжатий динамометра: первые 3 сжатия с максимальной силой, далее по три сжатия с 20%, 40%, 80% от максимального произвольного усилия при этом мышечную активность поверхностного сгибателя пальцев (*m. flexor digitorum superficialis*) регистрировали методом поверхностной высокоплотной электромиографии датчиками Trigno Galileo (Delsys Ink, США). Сигнал подвергался декомпозиции с оценкой АЧХ отдельных двигательных единиц «Neuromap» (Delsys Ink, США). Проводили анализ зависимости между силой и АЧХ двигательных единиц.

**Результаты.** В ходе исследования выявлена связь между силой мышечного сокращения и АЧХ двигательных единиц. По мере развития усилия наблюдали вовлечение все большего числа двигательных единиц совместно с ростом их частоты активации. При этом возрастание усилия приводило увеличению доли высокоамплитудных двигательных единиц.

**Заключение.** Данное исследование является основой для разработки роботизированных устройств с системами пользовательского контроля усилия и будет способствовать развитию более интуитивных интерфейсов, обеспечивающих контроль через углубленный анализ мышечной активности. Проект может улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями, повышая функциональность и управляемость протезов.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено в рамках реализации государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» соглашение № 18-03.

# АТРОФИЯ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ У КРЫС: ВЛИЯНИЕ ДЕНЕРВАЦИИ, ТЕНОТОМИИ И АНТИОРСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ НА СОКРАТИТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ

Сабирова Д.Э.<sup>1</sup>, Шадрина А.Д.<sup>1</sup>, Хайруллин А.Е.<sup>1,2</sup>, Еремеев А.А.<sup>1</sup>, Балтина Т.В.<sup>1</sup>

1 - *Казанский федеральный университет, Казань, Россия*

2 - *Казанский государственный медицинский университет, Казань, Россия*

*sabirova.dianka@list.ru*

**Введение.** Атрофия скелетных мышц — это процесс, возникающий в результате их неиспользования, микрогравитации, старения и болезней. Это создает социально-экономическое бремя, особенно среди пожилого населения, и подчеркивает необходимость разработки новых антиатрофических подходов.

**Цель исследования.** Оценить сократительные свойства камбаловидной мышцы крысы в условиях антиорстатического вывешивания (АОВ), денервации (ДЕН) и тенотомии (ТЕН).

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на лабораторных крысах с соблюдением биоэтических норм. Крысы случайным образом были распределены на четыре группы: ДЕН (n=15), ТЕН (n=15), АОВ (n=17), контрольная группа интактных животных (n=17). Культия нерва выделенной мышцы помещалась в сакшин-электрод оригинальной конструкции. Для раздражения использовали электростимулятор Digitimer MultiStimul D330 (Англия). Мышцы стимулировали в течение 2 минут прямоугольными импульсами амплитудой 3 В, продолжительностью 0,5 мс при частоте 0,1 Гц. Сила сокращений мышц регистрировалась датчиком двигательной активности Linton FCG-01 (Англия), аналоговый сигнал преобразовывался системой сбора данных Biopack MP100MSW (США). Все полученные в течение двух минут ответы (12 сократительных ответов) усредняли и обрабатывали как один результат.

**Результаты и обсуждение.** На 7 сутки после вмешательств наблюдали значительные изменения в сократительных свойствах мышц. ДЕН и АОВ приводили к увеличению силы сокращений (119,5% и 126,2%), тогда как ТЕН значительно снижала (53,7%). На 50 сутки после ТЕН также регистрировали стойкие изменения. Увеличение времени сокращения наблюдали в группе ДЕН как на 7, так и на 50 сутки. Время полурасслабления мышцы увеличивалось при ТЕН.

**Заключение.** Результаты подчеркивают необходимость внимательного изучения влияния изменения двигательной активности на сократительную функцию мышцы и возникающие клинические последствия.

# ВЛИЯНИЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТЕЙ: ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕСТИ ТРАВМЫ И ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Ахметзянова А.И., Балтина Т.В., Герасимов О.В., Саченков О.А.

*Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия  
ahmetzyanova0@gmail.com*

**Введение.** Травма спинного мозга (ТСМ) приводит к изменениям в механических свойствах костной ткани, что может увеличить риск остеопороза и переломов. Восстановление двигательной активности является важной частью реабилитационного процесса после ТСМ, однако показано, что двигательная тренировка может, как улучшать функции, так и негативно сказаться на прочности костей.

**Цель исследования.** Оценить механические свойства бедренной и берцовой костей у крыс после ТСМ, а также изучить влияние тяжести травмы и двигательной тренировки на эти свойства.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на лабораторных крысах с соблюдением биоэтических норм. Использовались две модели травмы: полная (ПТСМ, n=8) и контузионная (КТСМ, n=27). У 12 животных с КТСМ начинались беговые тренировки на 8 день после ТСМ, в течение 5 дней каждую неделю (всего 3 недели). Тренировки выполнялись в течение 20 минут 2 раза в день с интервалом 2 часа. Оценка двигательной функции осуществлялась по шкале BBB, механические свойства оценивались с помощью трёхточечного изгиба. КТ проводили для анализа пористости и микроархитектуры.

**Результаты и обсуждение.** У крыс, ТСМ приводила к потере прочности костей. В группе ПТСМ уровень восстановления был хуже, чем в группе КТСМ. Двигательная тренировка не способствовала улучшению механических параметров костей, а наоборот, ухудшала прочность и жесткость. Механические свойства кости изменялись в зависимости от тяжести травмы и являлись результатом увеличенной резорбции.

**Заключение.** Показано, что ТСМ влияет на механические свойства костей и что двигательная тренировка может быть контрпродуктивной. Необходимы дальнейшие исследования микроструктуры кости для разработки эффективных методов реабилитации и изучения нейронного контроля остеогенеза.

**Источник финансирования.** Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № ФЗСМ 2023 0009.

## **ВЫЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАННЕГО СТАРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ**

**Пеконида А.А., Искаревский Г.В., Позднякова А.Е., Бравый Я.Р.,  
Балтин М.Э.**

*Научно-технологический Университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия  
aliskapek@mail.ru*

**Введение.** В современном мире наблюдается увеличение продолжительности жизни, что приводит к повышению доли пожилых людей и повышению распространенности саркопении. Нарастает необходимость в разработке инновационных методов диагностики ранних признаков старения для повышения эффективности персонализированной медицинской помощи.

**Цель исследования.** Разработка системы для детекции процессов старения и последующее формирования индивидуализированных программ физической активности, основанных на инструментальных методах диагностики для снижения риска травм и повышения эффективности тренировок для поддержания здоровья в пожилом возрасте.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие две возрастные группы (20-45 лет и 45-65 лет). Для каждой группы была проведена оценка мышечной активности с использованием высокоплотной поверхностной электромиографии, постуральной устойчивости, распределения подошвенного давления и типовой скорости движения. Дополнительно были проанализированы чувствительность и эффективность домашних методов в выявлении признаков старения.

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты подтвердили эффективность использованных инструментальных методов диагностики, а также выявили высокую чувствительность домашних скрининговых тестов для персонализированного мониторинга возрастных изменений. **Заключение.** Используемые методы диагностики позволяют эффективно детектировать процессы старения и разрабатывать индивидуальные программы физических упражнений, направленные на профилактику мышечной атрофии и снижение риска травм у пожилых людей, способствуя тем самым поддержанию их функциональной активности и качества жизни.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено в рамках реализации государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» соглашение № 18-03

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ АДАПТАЦИИ В ОТВЕТ НА РАЗЛИЧНЫЕ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ НАГРУЗКИ

**Бекназарова А.М., Искаревский Г.В., Онищенко Д.А., Балтин М.Э.**

*Научно-технологический Университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия  
ansdailys@gmail.com*

**Введение.** В разработке эффективных тренировочных программ важную роль играют типы нагрузки, включая аэробные и силовые. Большинство методик основаны на эмпирических данных, что не учитывает индивидуальные особенности спортсменов. Научно обоснованные подходы, основанные на внутримышечной координации, способны повысить эффективность тренировок и снизить риск травм, оптимизируя нагрузки под каждого спортсмена.

**Цель исследования.** Определить влияние тренировочных программ различной направленности на нервно-мышечную адаптацию.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 30 здоровых человек (мужчины = 21 и женщины = 9) в возрасте от 22 до 35 лет. Участников разделили на две группы (Выносливость и Сила) по тренировочному опыту, стаж более 1 года преимущественно в аэробных или в силовых тренировках. Анализ внутримышечной координации отдельных ДЕ проводился методом поверхностной высокоплотной электромиографии с регистрацией датчиками Trigno Galileo (Delsys Ink, США). Силовые возможности и устойчивость к утомлению оценивали с применением изокинетической динамометрии Isomed 2000 (D&R Ferstl GmbH, Германия), аэробные возможности с применением нагрузочного тестирования на велоэргометре Lode Excalibur (Lode, Голландия) с газоанализом на приборе K5 (Cosmed, Италия).

**Результаты и обсуждение.** Силовая группа продемонстрировала более высокие показатели мощности и силы, а группа Выносливость более высокие показатели аэробных возможностей и длительности работы при сравнении между собой. По результатам оценки устойчивости к утомлению заметно различие между группами в частотных и амплитудных характеристиках ДЕ.

**Заключение.** Результаты демонстрируют возможности эффективного выявления различий в нервно-мышечной адаптации в ответ на тренировки силовой и аэробной направленности.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено в рамках реализации государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» соглашение № 18-03.

# СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ МЫСЛЕННОМ СОВЕРШЕНИИ МОТОРНЫХ И МЕТАФОРИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ

Галкин В.А., Нагорнова Ж.В., Шемякина Н.В., Лебедев М.А.

*ИЭФБ РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*30galkin98@gmail.com*

**Введение.** Постуральный контроль определяется как достижение, поддержание или регулирование равновесия во время любой статической позы или динамической активности для регулирования стабильности и ориентации [3]. Известно, что постуральный ответ наблюдается и при мысленном совершении моторного действия. [2]. С учетом данных о вовлеченности сенсомоторной коры в процесс восприятия и обработки метафор [1], было решено сравнить реакции постурального контроля при мысленном совершении метафорических и моторных действий.

**Цель исследования.** Целью исследования было сравнить стабилметрические характеристики испытуемых при мысленном совершении моторных и метафорических действий.

**Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 20 испытуемых. Задачей было, стоя на стабилметрической платформе (Стабилан-01-2), мысленно совершать представленные текстом на экране действия. Анализировались такие параметры как: длина траектории ЦД (вдоль фронтальной и саггитальной оси), средняя скорость перемещения ЦД, площадь эллипса.

**Результаты и обсуждение.** В результате исследования было выявлено, что испытуемых можно разбить на две условные группы. В первой группе (n=13) результаты совпадали с нашей гипотезой и стабилметрические характеристики имели достоверно меньшие значения. Во второй группе (n=7), наблюдался обратный эффект. Различия между испытуемыми из этих двух групп являются предметом дальнейшего анализа.

**Заключение.** В работе представлены результаты исследования стабилметрических характеристик испытуемых при мысленном совершении метафорических и моторных действий. Было выявлено наличие двух групп испытуемых, различавшихся по своим постуральным реакциям при мысленном совершении метафорических действий.

## Список литературы

1. Bardolph M., Coulson S. How vertical hand movements impact brain activity elicited by literally and metaphorically related words: an ERP study of embodied metaphor. // *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014. V. 8.
2. Guillo A. and Collet C. Contribution from neurophysiological and psychological methods to the study of motor imagery.// *Brain Research Reviews*. 2005. V. 50. № 2. P. 387-397.
3. Pollock A.S., Durward B.R., Rowe P.J., Paul J.P. (2000). What is balance? // *Clin. Rehabil*. 2000. V. 14. № 4. P. 402–406.

**Источник финансирования.** Публикация подготовлена в рамках гранта Программы «Мозг» АНО «Идея».

# ДИНАМИКА ТЕТА-РИТМА И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ВО ВРЕМЯ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ НОГАМИ У ПРАВШЕЙ, ЛЕВШЕЙ И АМБИДЕКСТРОВ

**Моренова К.А., Ведясова О.А.**

*Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия  
morenova\_ks@mail.ru*

Исследование когнитивных процессов, в настоящее время, требует интегративного подхода, что предполагает одновременное изучение паттернов активности мозга и механизмов вегетативной регуляции. Интересным является поиск взаимосвязей между ритмами ЭЭГ и вариабельностью сердечного ритма (ВСР). Однако, взаимодействие мощности ритмов ЭЭГ и вегетативными механизмами воображаемой двигательной активности у лиц с разными типами межполушарной асимметрии практически не изучена.

Цель работы - анализ корреляций между спектральной мощностью (СМ) тета-волн ЭЭГ и параметрами ВСР у правшей, левшей и амбидекстров при воображении движений ног.

Обследовано 60 правшей, 32 левши и 30 амбидекстров. ЭЭГ и ВСР регистрировали при воображаемом сгибании сначала правой, а затем левой ноги в коленном и голеностопном суставах. ЭЭГ регистрировали на нейровизоре NVX 36 digital DC EEG, а ВСР изучали с помощью пульсоксиметра «ЭЛОКС-01С2». Анализировали корреляции (по Спирмену) между СМ тета-ритма в стандартных отведениях и статистическими, спектральными и диагностическими параметрами ВСР.

Корреляционный анализ связей параметров ВСР и СМ тета-ритма ЭЭГ выявил, что для правшей были характерны многочисленные связи в ситуациях воображаемых сгибаний ног. В частности, во время мысленных действий правой стопой СМ тета-ритма у них более тесно коррелировала со спектральными и диагностическими параметрами ВСР. Например, СМ тета-волн в центральных отведениях коррелировала с VLF ( $r = 0.79$ ,  $p < 0.05$ ). У левшей количество связей было значительно выше в состоянии покоя, причем они были сильнее, чем у правшей, и касались в основном статистических показателей ВСР. Например, СМ центрального тета-ритма коррелировала с RMSSD ( $r = 0.95$ ,  $p < 0.01$ ). При мысленных действиях число корреляций у левшей снижалось. У амбидекстров в покое и при воображении движений отмечались единичные связи между тета-ритмом и ВСР.

Различия в корреляциях между ВСР и тета-ритмом у правшей, левшей и амбидекстров может объясняться особенностями взаимодействия у них моторных и вегетативных центров, а также различным уровнем активации во время двигательной деятельности их сенсомоторной коры, оказывающей модулирующее влияние на ВСР, и тета-системы мозга, взаимодействующей с лимбическими структурами.

**СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ  
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»**

# НОВЫЙ ПОРТРЕТ GDNF: МАЛАЯ ИЗОФОРМА djGDNF С НЕЙРОИНДУКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИ ТЕРАПИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Павлова Г.В.<sup>1,2</sup>, Шамадыкова Д.В.<sup>1</sup>, Пантелеев Д.Ю.<sup>1</sup>, Савченко Е.А.<sup>2</sup>,  
Головин А.В.<sup>2,3</sup>, Ревущин А.В.<sup>1</sup>

1 - *Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия*

2 - *Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко» Минздрава России, Москва, Россия*

3 - *ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*  
*lkorochkin@mail.ru*

**Введение.** Glial cell line-derived neurotrophic factor (GDNF) является высококонсервативным нейротрофическим фактором, что доказывает его важность для развития и существования организма. Нокаут по GDNF не позволяет эмбриону развиваться и приводит к его нежизнеспособности. Обнаружен широкий спектр свойств GDNF, он способствует выживанию и дифференцировке дофаминергических нейронов животных и предотвращению апоптоза зрелых нейронов, а также участвует в других процессах уже вне нервной системы. Очевидно, что в связи с данными свойствами GDNF стал интересен, как перспективная молекула для лечения нейродегенеративных заболеваний, в том числе болезни Паркинсона (БП). Показаны положительные результаты применения (GDNF) в доклинических исследованиях БП на крысах и non-human primates, которые не имели столь оптимистических результатов в клинических исследованиях. Стало понятно, что необходимы дополнительные исследования GDNF с поиском причин неудачи. Ранее полученный химерный белок mGDNF/GFP показал хорошие нейроиндукторные свойства, делающее его перспективным пептидом для терапии БП. Однако, очевидно, что необходимо было изучить свойства mGDNF без GFP.

**Цель исследования.** Изучение процессов сплайсинга GDNF и поиск альтернативных транскриптов малого размера, сплайсирующихся из зрелой формы mGDNF, пригодных в качестве нейрональных индукторов при нейродегенеративных заболеваниях или ишемическом инсультах.

**Материалы и методы.** В работе использовались Вестерн-блот анализ, клонирование, иммуногистохимия, ДНК сиквенс, анализ малых форм GDNF проводили на клеточных культурах PC12 и эмбриональных спинальных ганглиях грызунов.

**Результаты и обсуждение.** Мы обнаружили несколько малых пептидов. Один из них djGDNF (47sh GDNF), показал нейроиндукторные свойства на моделях in vitro как продукт трансгенных клеток с заклонированным djGDNF, так и его синтезированный аналог. Таким образом, вероятно, в мозгу млекопитающих присутствует альтернативный сплайсинг, в результате которого образуются короткие пептиды, имеющие нейротрофический потенциал. Наше исследование сфокусировано на биологически активной форме GDNF – пептида djGDNF (47sh GDNF), которая потенциально релевантна для терапии нейродегенеративных заболеваний, таких как БП

**Заключение.** Таким образом, в ходе данной работы была обнаружена изоформа 47sh GDNF, которой мы дали рабочее название djGDNF, обладающая нейроиндукторными свойствами, превышающими эффективность recGDNF.

**Источник финансирования**

Работа поддержана грантом РФФ 24-15-00157

# ОТ НЕЙРОГЕНЕТИКИ К НЕЙРОГЕНОМИКЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗБУДИМОСТЬЮ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Дюжикова Н.А.<sup>1</sup>, Павлова М.Б.<sup>1</sup>, Шалагинова И.Г.<sup>2</sup>, Вылегжанина А.Э.<sup>1,2</sup>,  
Щербинина В.Д.<sup>1,3</sup>, Даев Е.В.<sup>1,3</sup>

1 - ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия

2 - БФУ им. Иммануила Канта, Калининград, Россия

3 - Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия  
dyuzhikova@infran.ru

**Введение** Градации уровня возбудимости- наследуемые характеристики функционального состояния нервной системы определяют особенности развития постстрессорных патологических состояний (тревожно-депрессивных расстройств), что продемонстрировано на линиях крыс с высоким и низким порогом возбудимости нервной системы (линии ВП и НП, соответственно).

**Цель исследования** Изучение влияния генетически детерминированного высокого и низкого уровня возбудимости нервной системы на предрасположенность к развитию нейровоспаления, дестабилизацию нейрогенама и экспрессию генов в клетках гиппокампа и амигдалы в норме и под влиянием длительного эмоционально-болевого стрессорного воздействия (ДЭБС) у крыс линий ВП и НП.

**Материалы и методы.** Гель-электрофорез одиночных клеток (comet assay) для выявления нарушений ДНК, полногеномное секвенирование РНК (RNA-seq), ПЦР в реальном времени в образцах гиппокампа и амигдалы.

**Результаты и обсуждение.** Генетически-детерминированная высокая возбудимость нервной системы является фактором риска развития признаков нейровоспаления при постстрессорной патологии поведения у крыс. Выявлены особенности долгосрочного изменения экспрессии генов и белков провоспалительных и противовоспалительных цитокинов, дестабилизации генома в клетках гиппокампа и амигдалы у низко- и высоковозбудимых крыс (линии ВП, НП) в долгосрочной динамике после эмоционально-болевого стрессорного воздействия. Сравнительный анализ транскриптомных данных позволил выявить более высокую экспрессию генов нейромедиаторных систем с тормозным действием на ЦНС у крыс линии НП и генов, ассоциированных с синтезом коллагенов, у крыс линии ВП. Дифференциально экспрессируемые гены гиппокампа ассоциированы с процессами, связанными с функционированием ЦНС и с мембранами клеток, в амигдале преобладают гены, связанные с работой иммунной системы.

**Заключение** Обсуждаются особенности предлагаемой модели постстрессорных тревожно-депрессивных состояний, молекулярно-генетические основы предрасположенности к развитию патологических состояний в связи с наследственно обусловленной возбудимостью нервной системы.

**УСПЕШНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ ЗАВИСИТ ОТ КРИПТОХРОМА (CRY) - УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИРИЖЕРА ДЕЙСТВИЯ СВЕТА, ТЕМПЕРАТУРЫ, ГИПОКСИИ И МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**  
**Савватеева-Попова Е.В.<sup>1</sup>, Токмачева Е.В.<sup>1</sup>, Щеголев Б.Ф.<sup>1</sup>, Журавлев А.В.<sup>1</sup>, Медведева А.В.<sup>1</sup>, Никитина Е.А.<sup>1,2</sup>**

*1 - Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия  
esavvateeva@mail.ru*

Рассматривая условный рефлекс как адаптацию к внешней среде, логично предположить его возникновение как реакцию на внешние вызовы, которые при подкреплении способствуют формированию условной связи, а при его отсутствии вызывают развитие стрессорной реакции.

Цель работы - выявить роль обучения в преодолении последствий стрессорных воздействий в режимах свет : темнота при формировании памяти и на основе полученных данных приблизиться к пониманию возможных механизмов этого явления в целях применения в качестве неинвазивных методов лечения нейропатологии.

Проведена оценка способности к обучению и формированию памяти в парадигме условно-рефлекторного подавления ухаживания у самцов дрозофилы при различных режимах освещения в условиях экранирования магнитного поля (МП) Земли.

К наиболее интересным результатам привели опыты с тренировкой мух в ослабленном МП Земли. Оказалось, что если тренировать самцов на свету, то происходит формирование памяти и таким образом преодолевается стрессорное воздействие. В темноте же блокируются процессы формирования памяти. Только сочетание света и обучения дает положительный результат, что позволяет предположить однонаправленность этих процессов и их воздействие на мишень, функция которой нарушена или модифицирована в ослабленном МП Земли.

Полученные данные свидетельствуют о роли системы CRY/CLOCK/BMAL1 как основного звена магниторецепции, гипоксии, регуляции циркадного ритма, когнитивных функций.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№1021062411629-7-3.1.4).

# РОЛЬ НАРУШЕНИЙ АКТИНОВОГО КАСКАДА В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ У ДРОЗОФИЛЫ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ

Никитина Е.А.<sup>1,2</sup>, Медведева А.В.<sup>2</sup>, Каровецкая Д.М.<sup>1,2</sup>,  
Савватеева-Попова Е.В.<sup>2</sup>

1 - *Российский государственный педагогический университет  
им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия  
21074@mail.ru*

Гипоксия – один из наиболее распространенных повреждающих факторов при различных неблагоприятных внешних и внутренних воздействиях. Тяжелые формы гипоксии подавляют процессы нейропластичности, вызывают нарушения обучения и памяти. Стимуляция регуляторных каскадов, участвующих в обучении, в том числе, сигнального каскада ремоделирования актина, влияет на формирование стрессорного ответа.

Цель работы - изучение влияния нарушений актинового каскада на способность к обучению и формированию памяти у дрозофилы в условиях гипоксии.

Проведена оценка способности к обучению и формированию среднесрочной памяти (ССП) в парадигме условно-рефлекторного подавления ухаживания у самцов дрозофилы линии дикого типа *Canton S* и мутанта *agn<sup>ts3</sup>* (дефект синтеза LIMK1, ключевого фермента актинового каскада) при действии гипоксии.

Анализ когнитивного поведения линии *CS* не выявил влияния гипоксии на обучение и СПП при действии во время тренировки и до нее. У мутанта *agn<sup>ts3</sup>* действие гипоксии в данные периоды восстанавливает способность к обучению. Однако гипоксическое воздействие после тренировки влечет за собой значительное снижение способности к обучению как у *CS*, так и у *agn<sup>ts3</sup>*. Спустя 3 ч индекс обучения у *CS* не отличается от интактного контроля, а у *agn<sup>ts3</sup>* остается на том же низком уровне, что и сразу после тренировки.

Дальнейшее изучение взаимосвязи адаптивных механизмов формирования условной связи и развития стрессорной реакции с привлечением мутантов дрозофилы позволит выявить возможные мишени терапевтического воздействия. Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№1021062411629-7-3.1.4).

## УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН: МОДИФИКАЦИЯ УРОВНЯ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ У САМЦОВ ДРОЗОФИЛЫ

Брагина Ю.В., Беседина Н.Г., Даниленкова Л.В., Камышева Е.А.,  
Гончарова А.А.

Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
julia\_bragina@infran.ru

Дрозофила является удобным модельным объектом практически на всех направлениях медико-биологических исследований. В последнее десятилетие активно разрабатываются модели дрозофилы для изучения влияния социального опыта на физиологические параметры и поведение. Однако исследования на дрозофиле традиционно проводятся на лабораторных линиях, которые разводятся на протяжении десятилетий. Уже показано, что по крайней мере некоторые физиологические и поведенческие параметры отличаются у мух, обитающих в дикой природе и в лабораторных культурах.

В нескольких исследованиях у *Drosophila melanogaster* описан феномен модификации уровня локомоторной активности в результате социальных взаимодействий. Является ли данный феномен универсальным? Для ответа на этот вопрос мы сравнили уровень локомоторной активности после одиночного и группового содержания у нескольких видов дрозофилы. Мы также проверили, отличается ли уровень локомоторной активности после разных условий содержания у мух из дикой природы. Для этого было получено около двух десятков линий дикого типа из природной популяции *Drosophila melanogaster*. Тестирование F2 таких линий подтвердило, что содержание самцов в однополых группах действительно приводит к снижению уровня локомоторной активности по сравнению с одиночным содержанием.

Таким образом, дрозофила действительно может служить модельным объектом для изучения генетического контроля и эволюции поведенческой пластичности в результате социализации.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках госзадания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411629-7-3.1.4). Благодарим ЦКП «Биоколлекция» ИФ РАН за помощь в поддержании линий дрозофилы.

## МИКРОРНК И КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ - ВКЛАД “ПРОСТЫХ НЕРВНЫХ СИСТЕМ”

Гринкевич Л.Н.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
larisa\_gr\_spb@mail.ru*

В последние годы повышенное внимание исследователей привлекает нейроэпигенетика, которая изучает молекулярные механизмы когнитивных процессов и потенциальную возможность их улучшения. Важнейшую роль в когнитивных процессах играют микроРНК (миРНК), которые являются негативными регуляторами экспрессии генов, осуществляют синхронное воздействие на десятки генов мишеней, вовлекаемых в интегративное поведение, а также обладают высоким потенциалом для диагностики и терапии заболеваний, связанных с когнитивными нарушениями. миРНК впервые (1993г) были обнаружены у нематоды *C. elegans*, а также определены их функции как новых эпигенетических регуляторов экспрессии генов. В дальнейшем было показано что миРНК играют фундаментальную роль в функционировании всех видов животных. В октябре этого года Амбросу и Равкану за это важнейшее открытие присуждена Нобелевская премия. *C. elegans* - это самый «простой» модельный организм, обладающий нервной системой (302 нейрона), что позволило полностью описать его коннектом и инициировать целый спектр выдающихся работ для изучения молекулярных механизмов онтогенеза, старения, когнитивных функций и дисфункций. Существенную роль в открытии фундаментальных молекулярно-генетических и эпигенетических механизмов синаптической пластичности и роли в них миРНК сыграли также моллюски благодаря гигантским нейронам с фиксированными синаптическими связями [1]. Мощным модельным организмом для изучения развития, регенерации, а также патогенеза нейродегенеративных заболеваний в настоящее время является и рыбка *Danio rerio*. В докладе будут обсуждены перспективы использования “простых” модельных организмов в изучении молекулярных механизмы когнитивных процессов и потенциальную возможность их исправления при нейродегенерации.

1. Гринкевич Л.Н. роль микроРНК в обучении и долговременной памяти. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24. №8

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН (№ 1021062411629-7-3.1.4).

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАРУШЕНИЯ  
ОБУЧЕНИЯ У ЛИНИИ ДРОЗОФИЛЫ  $agn^{ts3}$

Журавлев А.В.<sup>1</sup>, Полев Д.Е.<sup>2</sup>, Медведева А.В.<sup>1</sup>, Савватеева-Попова Е.В.<sup>1</sup>

1 - Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия

2 - Санкт-Петербургский НИИ эпидемиологии и микробиологии  
им. Пастера, Санкт-Петербург, Россия  
beneor@mail.ru

**Введение.** У температурочувствительного мутанта  $agn^{ts3}$  *D. melanogaster* нарушено обучение при подавлении ухаживания самца за самкой. После воздействия теплового шока (ТШ) или ослабленного геомагнитного поля (ОГМП) обучение восстанавливается до уровня дикого типа *Canton-S* (CS). Ранее было показано повышение у  $agn^{ts3}$  уровня белков LIM-киназы 1 (LIMK1) и ее продукта p-кофилина. Секвенирование последовательности гена *limk1* у CS и  $agn^{ts3}$ , однако, не выявило значительных различий в его структуре.

**Цель исследования.** Для выявления молекулярных основ нарушения обучения у  $agn^{ts3}$  нами были секвенированы геномы  $agn^{ts3}$  и CS, а также поли(А)-обогащенные транскриптомы этих линий в норме, после ТШ и после ОГМП.

**Материалы и методы.** В опыт брали 5-суточных самцов. Воздействие ТШ осуществляли в течение 30 мин при 37 °С, воздействие ОГМП — путем экранирования геомагнитного поля (~ в 38 раз). Секвенирование проводили методом NGS на платформе DNBSEQ-G50.

**Результаты и обсуждение.** Обнаружен ряд  $agn^{ts3}$ -специфических мутаций, предположительно, сильно влияющих на фенотип. В число мутантных генов входят *MED23* (регулятор ТШ-зависимой транскрипции) и *Spn42De*, гомологи генов нейропатологий у человека. Также выявлены межлинейные различия транскриптомов, которые отчасти нивелировались ТШ. Активность гена *prosalphal1* у  $agn^{ts3}$  была заметно снижена, восстанавливаясь как после ТШ, так и после ОГМП. Различий в структуре и транскрипции *limk1* не наблюдалось.

**Заключение.** Нарушение обучения у  $agn^{ts3}$  не связано с изменением транскрипции *limk1*. Гены *MED23*, *Spn42De* и *prosalphal1*, вероятно, вносят вклад в фенотип  $agn^{ts3}$ .

**Источник финансирования.** Поддержано Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2022-303 для поддержки НЦМУ Павловский центр).

## **ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ГЕОТАКСИС У DROSOPHILA MELANOGASTER: НОВЫЕ ГЕНЫ-КАНДИДАТЫ**

**Гончарова А.А., Беседина Н.Г., Даниленкова Л.В., Камышева Е.А.,  
Брагина Ю.В.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
goncharovaaa@infran.ru*

Врожденная реакция отрицательного геотаксиса у дрозофилы была описана более 100 лет назад. Самый первый поведенческий тест у дрозофилы – тест на взбирание – до сих пор широко используется не только для изучения отрицательного геотаксиса, но и для обнаружения локомоторных нарушений, в т.ч. у генетических моделей болезни Паркинсона, депрессии и др.

Однако генетическая архитектура самой реакции отрицательного геотаксиса все еще остается не расшифрованной. При скрининге коллекции PdL-инсерционных ауtosомных мутантов (около 100 линий с известной локализацией инсерции). мы обнаружили несколько новых генов-кандидатов для реализации отрицательного геотаксиса. Большинство выявленных генов имеет ортологи у человека.

При проведении фенотипирования мутантных линий мы обнаружили, что результаты теста на взбирание зависят от уровня атмосферного давления, фактора, который обычно не учитывается при проведении поведенческих экспериментов.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках госзадания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411629-7-3.1.4). Благодарим ЦКП «Биоколлекция» ИФ РАН за помощь в поддержании линий дрозофилы.

# ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ В ГИППОКАМПЕ КРЫС ЛИНИЙ, КОНТРАСТНЫХ ПО УРОВНЮ ВОЗБУДИМОСТИ: ВЛИЯНИЕ СТРЕССА

Павлова М.Б.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
pavlova@infran.ru*

**Введение.** В реакции на стресс принимают участие структуры лимбической системы, в частности, гиппокамп. Вызванное стрессом нарушение молекулярно-генетических процессов в гиппокампе может приводить к формированию психонейропатологии у человека.

**Цель исследования** - выявление генов, дифференциально экспрессируемых (ДЭГ) в гиппокампе самцов крыс двух линий ВП и НП, различающихся по порогу возбудимости нервной системы (ВП - высокий порог, НП - низкий порог), под влиянием длительного эмоционально-болевого стресса (ДЭБС). Линии рассматриваются в качестве модели различных форм тревожно-депрессивных расстройств.

**Материалы и методы.** Дифференциальную экспрессию генов оценивали с помощью программы Deseq2 на основе данных полного транскриптомного анализа (RNA-Seq; ЦКП «Геноаналитика») образцов гиппокампа групп интактных и стрессированных крыс обеих линий (n=5).

**Результаты и обсуждение.** Исследование транскриптомных профилей гиппокампа крыс линий ВП и НП выявило межлинейные различия по характеру изменения уровня экспрессии генов после действия ДЭБС. Так, в линии ВП обнаружено 172 ДЭГа (padj <0,05) (Топ-20: *Acer2; Ak1; Arhgap26; Crlf1; Ehmt1; Gpr34; Grin2c; Inafm1; P2rx4; P2rx7; Penk; Plekha8; Ppp1r1b; Rexo4; Rnd3; St6galnac4; Stac2; Ston2; Vav2; Vgf*). 67 из ДЭГов увеличили уровень экспрессии, 105 – понизили. В линии НП достоверных изменений экспрессии после ДЭБС не обнаружено (padj <0,05).

**Заключение.** Анализ обогащения по функциональной принадлежности (GSEA; DAVID) 172-х ДЭГов, выявил 17 значимых биологических путей (p <0,01), в частности: регуляция нейрональной синаптической пластичности, ответ на CA2+ ионы, долговременная синаптическая потенция и др. Обсуждается связь нейрогенных межлинейных различий крыс линий ВП и НП в реакции на ДЭБС с уровнем возбудимости нервной системы, а также функциональный вклад выявленных ДЭГов в наблюдаемые различия.

**Источник финансирования:** Работа поддержана средствами бюджета ГЗ Института физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411629-7-3.1.4).

**ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ГИСТОНОВ H3K9me3 –  
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ БИОМАРКЕР ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО  
СТРЕССОВОГО РАССТРОЙСТВА В КРЫСИНОЙ МОДЕЛИ**  
**Чельшева Л.А., Сучкова И.О., Апраксина Н.К., Паткин Е.Л., Цикунов С.Г.**  
*Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия*  
*llubapro@yandex.ru*

**Введение.** Эпигенетические механизмы задействованы в формировании структурной и функциональной сложности нервной системы. Эпигенетические модификации гистонов могут обуславливать развитие посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), возникающего после тяжелого психотравмирующего события.

**Цель** - Определить *in situ* уровень общегеномного содержания молекулярного маркера транскрипционно-неактивного хроматина H3K9me3 в ядрах клеток костного мозга крыс, подвергшиеся витальному (психогенному) стрессу.

**Материалы и методы.** Исследование проводили на самцах крыс породы Wistar. Витальный стресс моделировали обстоятельствами переживания ситуации угрозы собственной жизни, наблюдения гибели сородича от действий хищника – тигрового питона. В процессе эксперимента получали, фиксировали и проводили иммуноцитохимическое выявление модификаций гистонов H3K9me3 в ядрах мультипотентных мезенхимальных стромальных клеток костного мозга (ММСК КМ).

**Результаты и обсуждение.** Установлено, что пережитый животными витальный (психогенный) стресс приводит к уменьшению количества репрессивных модификаций гистонов H3K9me2 по сравнению с контролем ( $p < 0.05$ ). Это указывает на изменение активности гистоновых метилтрансфераз и деметилаз при перенесенном стрессе. Таким образом выявлена связь между изменениями в модификации гистонов и ПТСР.

**Заключение.** Полученные данные позволяют сделать предположение, что оценка уровня H3K9me3 может рассматриваться в качестве молекулярного биомаркера при диагностике ПТСР.

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FGWG-2023-0001.

# ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИИ НА ОБУЧЕНИЕ И ДОЛГОСРОЧНУЮ ПАМЯТЬ ДРОЗОФИЛЫ В УСЛОВИЯХ НАРУШЕНИЯ КИНУРЕНИНОВОГО ПУТИ ОБМЕНА ТРИПТОФАНА

Каровецкая Д.М.<sup>1,2</sup>, Медведева А.В.<sup>2</sup>, Якимова И.В.<sup>1</sup>, Никитина Е.А.<sup>1,2</sup>

1 - Российский государственный педагогический университет  
им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

2 - Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия  
dariaaraddvs@gmail.com

Одним из сильнейших факторов, приводящих к нарушению функционирования нервной ткани, является гипоксия.

Цель исследования - изучение влияния гипоксического воздействия на обучение и долгосрочную память (ДСП) у *Drosophila melanogaster* (линия дикого типа *Canton-S* (*CS*) и мутантная линия *cinnabar* (*cn*)).

Модельным объектом являются 5-суточные самцы линий *CS* и *cn*. Для оценки способности к обучению, сформированности и сохранения ДСП использовали методику условно-рефлекторного подавления ухаживания. Условия гипоксии создавали при помощи барокамеры проточного типа.

Для линии *CS* показана достоверная способность к обучению, как при воздействии гипоксии, так и без него. В интактном контроле выявлена сформированность (2 сут) и сохранение (8 сут) ДСП. При гипоксическом воздействии во время тренировки у линии *CS* выявлено нарушение формирования ДСП, а при воздействии гипоксии до тренировки ДСП вырабатывается, но не сохраняется. Мутант *cn* демонстрирует способность к обучению и формированию ДСП, однако как в интактном контроле, так и при всех вариантах гипоксического воздействия индекс обучения на 8 сутки резко снижается и достоверно отличается от контроля, что свидетельствует о нарушении сохранения ДСП.

В ходе исследования выявлено достоверное нарушение сохранения ДСП у линии *cn*. При этом мутант, в отличие от линии дикого типа, характеризуется способностью к формированию ДСП при воздействии гипоксии во время тренировки, что может быть обусловлено накоплением кинуреновой кислоты, являющейся нейротрофактором.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№1021062411629-7-3.1.4).

# ФОРМИРОВАНИЕ ПАМЯТИ У *DROSOPHILA MELANOGASTER* ПРИ ПОДАВЛЕНИИ И АКТИВАЦИИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА *LINK1* В РАЗНЫХ ТИПАХ НЕЙРОНОВ

Егозова Е.С.<sup>1</sup>, Заломаева Е.С.<sup>1,2</sup>, Никитина Е.А.<sup>1,2</sup>

1 - Российский государственный педагогический университет  
им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

2 - Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия

*ekaterina\_egozova@mail.ru*

В связи с увеличением распространённости нейродегенеративных заболеваний (НДЗ) одним из ключевых направлений современной нейрогенетики является изучение их молекулярно-генетических механизмов. Нарушение памяти при НДЗ сопряжено с изменениями в каскаде ремоделирования актиновых филаментов цитоскелета нейронов, основным ферментом которого является LIMK-киназа 1.

Цель исследования - изучить влияние активации и подавления экспрессии гена *link1* в холинергических и *fruitless* нейронах на способность к обучению и формированию памяти у дрозофилы.

Исследование проводили на 5-суточных самцах линий с подавлением, активацией и без нарушения экспрессии гена *link1* в холинергических и *fruitless* нейронах. Способность к обучению и формированию памяти оценивали методом условно-рефлекторного подавления ухаживания. Вычисляли индекс обучения на интервалах 0, 15, 30, 60 мин и 24 ч после тренировки. Статистическую обработку проводили с использованием двустороннего теста рандомизации ( $p \leq 0,05$ ). Анализ распределения LIMK1 в структурах мозга проводили с помощью иммунофлуоресцентного анализа.

Модификация экспрессии гена *link1* влияют на процессы обучения и динамику изменения памяти. Подавление и активация гена в холинергических нейронах способствует ускорению забывания. Аналогичный эффект наблюдали при изменении экспрессии гена в нейронах *fruitless*. Сравнение интенсивности свечения LIMK1 в структурах мозга подтверждало изменение активности гена у исследуемых линий.

Полученные результаты подтверждают участие LIMK1 в процессах активного забывания.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№1021062411629-7-3.1.4).

**СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ  
И ЕЕ МЕХАНИЗМЫ»**

# ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАБОТЫ МЫШЕЧНОЙ ПОМПЫ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛОКОМОЦИИ

**Таурагинский Р.А.<sup>1</sup>, Симаков С.С.<sup>2</sup>, Борде А.С.<sup>3</sup>**

1 - Научно-исследовательская лаборатория венозной гемодинамики,

«Флебодиспанс Калининград», Калининград, Россия

2 - МФТИ (Физтех), Долгопрудный, Россия

3 - МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

*rtaureg@mail.ru*

**Введение.** Принято считать, что в венозной системе нижних конечностей человека, состоящей из глубокой и поверхностной частей с многочисленными горизонтальными связями (перфорантные вены), кровь течет в краниальном направлении в обеих ее частях как в состоянии покоя, так и во время локомоции. Однако, экспериментальные данные, прямо подтверждающие это утверждение, отсутствуют.

**Цель исследования.** Целью данного исследования было оценить направление потока крови в поверхностных венах при локомоции с различной интенсивностью физической нагрузки.

**Материалы и методы.** В исследовании включены 27 здоровых нижних конечностей (24 добровольца). Выполнялось измерение давления во внутримышечных венах [ВМВ] мышц задней группы голени (икроножная) и бедра (бицепс бедра), а также в четырех точках большой подкожной [БПВ] вены (в области нижней и верхней трети голени и бедра) во время ходьбы и бега на беговой дорожке. Рассчитывался градиент давления ( $\Delta P$ , мм рт. ст.) между соседними точками измерения в течении цикла шага. Отслеживалась активность мышц передней и задней групп бедра и голени при помощи поверхностной электромиографии.

**Результаты и обсуждение.**  $\Delta P$  в БПВ: не наблюдалось  $\Delta P$  направленного в сторону сердца.  $\Delta P$  был направлен от н/3 бедра к в/3 голени (ретроградно) и от лодыжки к в/3 голени (антеградно) на протяжении всего цикла шага.  $\Delta P$  между ВМВ и БПВ: в фазу опоры  $\Delta P$  был направлен от ВМВ к БПВ. В фазу маха (сокращения передней и расслабления задней групп мышц бедра/голеней)  $\Delta P$  был направлен от БПВ к ВМВ. Абсолютная величина  $\Delta P$  между ВМВ и БПВ, была значительно выше, чем  $\Delta P$  между различными уровнями БПВ.

**Заключение.** Мышечная помпа нижних конечностей человека является «поток-перенаправляющим насосом», обеспечивающим перенаправление потока крови из поверхностных вен во внутримышечные во время локомоции.

# АНАЛИЗ IN VIVO ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОБИОТИКОВ НА ОСНОВЕ *HAFNIA ALVEI* С МЕЛАНКОРТИНОВОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯИНА

**Золотарев В.А.<sup>1</sup>, Муровец В.О.<sup>1</sup>, Хропычева Р.П.<sup>1</sup>, Фетисов С.О.<sup>2</sup>**

*1 - ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Inserm UMR1239 Laboratory, University of Rouen Normandie, France*

*zolotarevva@infran.ru*

Пробиотический штамм бактерии *Hafnia alvei* HA4597 способен влиять на метаболизм хозяина посредством продукции белка теплового шока казеинолитической протеазы В, которая является антигенным миметиком  $\alpha$ -меланокортинстимулирующего гормона. В настоящее время не получено достаточных доказательств *in vivo* зависимости метаболических эффектов *H. alvei* от стимуляции меланокортиновых рецепторов (MCR), что стало задачей данного исследования.

В работе использованы близкородственные линии мышей, различавшиеся чувствительностью MCRs. Известные как генетические модели ожирения и сахарного диабета 2-го типа (Д2Т), линии КК.Cg-a/a и КК.Cg-Ay/a имеют идентичный генотип за исключением доминантной аллели Ay (летальный агути желтый), присутствие которой приводит к эктопической экспрессии сигнального белка агути – конкурентного ингибитора MC<sub>1,3,4</sub>-R.

Белковый экстракт бактерий *H. alvei*, апплицированный посредством гаважа в течение 21 дня, стимулировал у линии КК.Cg-a/a общие энергозатраты и окисление углеводов, но ослаблял окисление липидов, что установлено методом непрямой калориметрии. Сравнение площадей под глюкозной кривой показало также улучшение у этой линии на фоне белкового экстракта глюкозной толерантности. Перечисленные реакции не выявлены у носителей аллели Ay (КК.Cg-Ay/a).

Таким образом, анорексигенный и гипогликемический эффект использованного пробиотического материала связан в значительной мере со стимуляцией MCRs хозяина. Сам же пробиотик на основе *Hafnia alvei* HA4597 может быть эффективной добавкой к низкокалорийной диете больных с ожирением и Д2Т.

*Финансируется НЦМУ Павловского центра при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (075-15-2022-303).*

## ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ИНСУЛИНОМ ГЛЮКОЗНОГО ГОМЕОСТАЗА НА ПЕРИФЕРИИ

Деркач К.В., Басова Н.Е., Шпаков А.О.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова, Российская академия наук, Санкт-Петербург, Россия  
derkatch\_k@list.ru*

Основным регулятором глюкозного гомеостаза в организме является секретируемый панкреатическими  $\beta$ -клетками инсулин, который циркулирует в крови и, воздействуя на ткани-мишени, контролирует захват ими глюкозы, ее метаболизм и продукцию гепатоцитами *de novo*. В то же время глюкозный гомеостаз может регулироваться и инсулином мозга, который осуществляет свои эффекты, воздействуя на инсулин-компетентные нейроны аркуатного ядра гипоталамуса, экспрессирующие про-опиомеланокортин, прекурсор меланокортиновых пептидов, или орексигенные факторы нейропептид Y и агути-подобный пептид. Важное значение для осуществления инсулином регуляции захвата и продукции глюкозы на периферии имеет взаимодействие инсулиновой системы мозга с лептиновой, меланокортиновой, дофаминовой и другими системами. Ослабление активности инсулиновой системы мозга, обусловленное недостаточностью инсулина в ЦНС или снижением активности ее основных компонентов, является одной из ключевых причин нарушений центральной регуляции глюкозного гомеостаза, что, в свою очередь, является триггером метаболических расстройств, характерными чертами которых являются гипергликемия и инсулиновая резистентность. Нарушения инсулиновой сигнализации в мозге могут быть как причиной, так и следствием метаболических дисфункций, и в последнем случае они в еще большей степени усугубляют их патогенетическую картину. Для коррекции инсулиновой системы мозга при сахарном диабете, ожирении и метаболическом синдроме могут быть применены различные стратегии, включающие применение как инсулина, так и усилителей инсулинового сигналинга. Однако инъекционный инсулин в условиях инсулиновой резистентности плохо поступает в мозг, и наиболее многообещающим подходом для повышения уровня гормона в ЦНС является его интраназальное введение, когда инсулин непосредственно поступает в мозг, воздействуя на центральные глюкозрегуляторные пути. Эффекты интраназально вводимого инсулина могут быть усилены при его совместном применении с метформинном, синтетическими аналогами лептина, ингибиторами тирозиновых фосфатаз и антиоксидантами.

**Источник финансирования.** Работа поддержана государственным заданием ИЭФБ РАН № 075-00264-24-00.

# АНГИОГЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУСПЕНЗИИ МИТОХОНДРИЙ ПРИ КОРРЕКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ

**Жаворонок И.П., Фёдорова Е.В.**

*Институт физиологии НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь  
iri8308@yandex.ru*

**Введение.** Поиск способов паллиативной реваскуляризации при ишемии является актуальным научным направлением.

**Цель исследования.** Оценить эффективность применения суспензии митохондрий как способа паллиативной реваскуляризации при экспериментальной ишемии.

**Материалы и методы.** Экспериментальную ишемию моделировали у крыс Wistar путем лигирования с последующей перерезкой бедренной артерии. Суспензию митохондрий получали из печени крыс методом дифференциального центрифугирования. Гистологическую оценку проводили на препаратах, окрашенных гематоксилин-эозином. Иммуногистохимическое исследование проводили с применением первичных антител к клеткам эндотелия капилляров CD31, к гладкомышечному  $\alpha$ -актину ( $\alpha$ -SMA) артериол, а также к рецептору сосудистого эндотелиального фактора роста 2 типа (VEGFR- 2). Концентрацию интерлейкинов (IL-6, IL- 10) в сыворотке крови определяли иммуноферментным методом. Статистическую обработку проводили в OriginPro 9.1 и Statistica 10.0.

**Результаты и обсуждение.** Локальное введение суспензии митохондрий в область ишемического повреждения приводило к уменьшению воспалительной инфильтрации поврежденных тканей, снижению признаков ишемических изменений мышечных волокон на фоне неоваскуляризации сосудисто-нервных пучков. Для экспериментальной ишемии было характерно наличие альтеративных процессов в тканях, которые сопровождались снижением плотности  $\alpha$ -SMA + сосудов и CD31 + капилляров и увеличением количества VEGFR- 2 + миоцитов с мембранной локализацией маркера и эндотелиоцитов ( $p=0,04$ ). После введения суспензии митохондрий в зону повреждения отмечали увеличение  $\alpha$ -SMA + артериол, CD31 + капилляров, увеличение количества VEGFR-2 + миоцитов с цитоплазматической экспрессией маркера, а также VEGFR-2 + сосудов, а также увеличение концентрации IL-10 и снижение IL-6 в сыворотке крови крыс.

**Заключение.** У животных с экспериментальной ишемией суспензия митохондрий стимулировала ангиогенез и оказывала выраженное репаративное и противовоспалительное действие.

# МИКРОАРХИТЕКТУРА И МЕХАНИКА КОСТИ В КОНТЕКСТЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСТЕОПОРОЗА

**Балтина Т.В., Ахметзянова А.И., Сабирова Д.Э., Герасимов О.В.,  
Саченков О.А.**

*Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия  
tvbaltina@kpfu.ru*

**Введение.** Стандартные методы диагностики, такие как денситометрия и КТ, имеют ограничения в оценке механических параметров кости, что особенно актуально на ранних стадиях остеопороза после травмы спинного мозга. Ранее мы показали необходимость новых технологий, направленных на оценку микроархитектуры кости [1].

**Цель исследования.** Оценка механических свойств костей и их микроархитектуры у крыс в условиях травмы спинного мозга.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на лабораторных крысах весом 160–240 г, с соблюдением биоэтических норм. Анализировали свойства кости в группах животных: 1) контроль - интактные животные, которые не подвергались каким-либо вмешательствам (n=10); 2) группа крыс, которым наносили контузионную травму спинного мозга (КТСМ) по модифицированной методике Allen (n=27); 3) группа крыс, которым наносили полную травму спинного мозга (ПТСМ) (n=8).

**Результаты и обсуждение.** У крыс, после ТСМ наблюдали потерю прочности и жесткости берцовых костей. Для бедренных костей такой разницы не обнаружили. При этом в группе КТСМ отмечали большую потерю прочности костей, чем в группе ПТСМ. Анализ микроструктуры кости с помощью КТ показал увеличение пористости во всех группах, при этом изменения в микроархитектуре не коррелировали с предельным напряжением. Это указывает на недостаточность компьютерной томографии в оценке механических свойств костей.

**Заключение.** Проведённый анализ указывает на необходимость оценки общей геометрии костной ткани. Изучение микроархитектуры и распределения пор в кости критично для понимания её структуры, что может способствовать разработке более эффективных методов диагностики и реабилитации.

## **Список литературы**

1. Ахметзянова А.И. и соавт. // Российский журнал биомеханики. - 2022. - Т.26, №4. - С. 45-55.

**Источник финансирования.** Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № ФЗСМ 2023 0009.

## НЕЙРОДИНАМИКА ПРИ ЗАНЯТИЯХ ЛЫЖНЫМ СПОРТОМ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР: МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ

**Чеберяк М.И., Чистова В.В., Лакомкина А.С., Попова М.А.**

*Сургутский государственный педагогический университет, Сургут, Россия  
cheberyak.marina@mail.ru*

**Введение.** Холод может оказывать ряд эффектов на мозговую активность в зависимости от продолжительности воздействия. Известно, что длительное воздействие холода вызывает вазоконстрикцию, что может временно уменьшать доступ кислорода и глюкозы в мозг, также снижается активность нейронов, замедляются когнитивные процессы, нарушается координация. Напротив, кратковременное действие холода может стимулировать мозговую активность и улучшать концентрацию внимания.

**Цель исследования.** Определить влияние низких температур на нейродинамику и показатели электроэнцефалографии (ЭЭГ) у лыжников мужского и женского пола.

**Материалы и методы.** Обследовано 37 студентов факультета физической культуры и спорта Сургутского педагогического университета (18 мужчин, М<sub>е</sub> возраста 20,5 лет; 19 женщин, М<sub>е</sub> возраста 21,0 лет) до и через 5 месяцев тренировок по лыжным гонкам 3 раза в неделю по 2 часа при температурах до -20°C и скорости ветра до 10 м/с. Определяли нейродинамику по простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) на комплексе «НС-ПсихоТест», Россия) и ЭЭГ показатели («НейроСпектр, Россия). Для анализа использовали программу «Statistica 13.3», межгрупповые различия определили по U-критерию.

**Результаты и обсуждение.** По сравнению с исходным уровнем как у мужчин, так у женщин отмечена тенденция к улучшению показателей нейродинамики и мозговой активности, в большей мере выраженная у мужчин. В конце тренировочного периода М<sub>е</sub> времени ПЗМР у мужчин и женщин составила соответственно 193,5 и 219 мс ( $p=0,033$ ), представленность  $\alpha$ -ритма 95,9% и 89,3% ( $p=0,030$ ), максимальная амплитуда  $\alpha$ -ритма соответственно 122 и 88 мкВ ( $p=0,021$ ).

**Заключение.** Систематические занятия лыжным спортом при температуре до -20°C оказывают положительное влияние на показатели нейродинамики и электрофизиологическую активность мозга.

## ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА КРЫС ВО ВРЕМЯ БЕГА В ТРЕДБАНЕ ВЛИЯЕТ НА ИХ ВЫНОСЛИВОСТЬ

**Пунин Ю.М.<sup>1</sup>, Красичков А.С.<sup>2</sup>, Ярушкина Н.И.<sup>1</sup>, Филаретова Л.П.<sup>1</sup>**

*1 - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

*2 - Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург,  
Россия*

*puniny@infran.ru*

**Введение:** Бег, распространенная форма физической активности, является естественным стрессором (Filaretova et al., 2020), который может оказывать как позитивное, так и негативное влияние на организм. В связи с двойственными эффектами бега на организм необходим выбор оптимального уровня физической нагрузки. Одним из критериев («маркеров») для этого может являться изменение температуры тела во время бега.

**Цель** - исследовать изменение температуры тела крысы во время ее бега в тредбане для выявления возможного «маркера» выносливости животного.

**Методы.** Эксперименты проводили на крысах линии Спрейг-Доули массой около 300 г. Регистрация температуры тела крысы производилась непрерывно, во время принудительного бега в тредбане одновременно в трех точках, с помощью миниатюрных датчиков, разработанных в СПбГЭТУ «ЛЭТИ», закрепленных на холке, лапе и хвосте. Выносливость крысы оценивали на основании продолжительности бега при скорости дорожки 13 см/сек до отказа, включая период адаптации (6 см/сек, 5 мин).

**Результаты и обсуждение.** Во время бега сначала наблюдалось увеличение температуры хвоста с  $31,0 \pm 0,23$  °C (n=15) до  $33,2 \pm 0,2$  °C (n=15), а затем увеличение температуры лапы  $29,6 \pm 0,25$  °C (n=15) до  $32,9 \pm 0,2$  °C (n=15). При этом, температура холки менялась незначительно в среднем на 0,8°С. Была показана корреляционная зависимость между выносливостью крыс и временем от начала движения до начала подъема температуры хвоста (0,81,  $p < 0,0003$ ); а также временем между началом подъема температуры хвоста или лапы и достижением ими максимальной температуры (0,63,  $p < 0,01$  и 0,55,  $p < 0,03$ , соответственно) и температурой хвоста, при которой начинает подниматься температура лапы (-0,56,  $p < 0,03$ ). Выносливость крыс в тредбане тем больше, чем позднее температура хвоста или лапы достигает максимума и, чем ниже температура хвоста, при которой начинается повышение температуры лапы.

**Заключение.** Изменение температуры хвоста и лапы крысы во время ее бега может быть «маркером», позволяющим прогнозировать выносливость крыс, что важно с точки зрения подбора индивидуального режима физической активности.

**Финансирование:** грант НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (№ 075-15-2022-303 от 21.04.2022)

## ЭНДОКРИННЫЕ СВОЙСТВА МИКРОБИОТЫ

Соболь К.В.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
peer9@yandex.ru*

**Введение.** Микробиота и макроорганизм находятся в постоянном взаимодействии друг с другом. Симбиотная микробиота принимает участие в выполнении ряда важных физиологических, биохимических и нейроэндокринных функций макроорганизма. Метаболическая активность микробиоты в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) помогает переваривать пищу, усваивать питательные вещества и извлекать энергию. Микробиота ЖКТ участвует в процессах метаболизма белков, жиров, и углеводов, в процессах глюконеогенеза и гликогенолиза, а также влияет на чувство голода и насыщения. Помимо этого, микробиоту часто рассматривают как метаболически активный «орган», поскольку мощность метаболических реакций микробиоты кишечника сравнима с таковой печени организма-хозяина. Микробиота продуцирует аутоиндукторы (кворум чувствительные вещества), гормоны, нейромедиаторы, короткоцепочечные жирные кислоты (КЦЖК), вторичные желчные кислоты (ЖК), факторы роста, газообразные молекулы и множество других активных веществ.

Накапливается все больше данных свидетельствующих о том, что микробиота может участвовать в нейроэндокринных реакциях макроорганизма. Синтезируя нейротрансмиттеры, микробиота оказывает влияние на дофамин-, холин-, глутамат-, серотонин- и гамма-эргические системы макроорганизма. Микробиота и ее метаболиты могут участвовать в высвобождении гормонов из энтероэндокринных клеток ЖКТ. Пробиотические микроорганизмы способны стимулировать выработку BDNF и положительно влиять на синаптическую пластичность. Более того, микробиота способна синтезировать некоторые типы нейротрофических факторов.

**Заключение.** В настоящий момент, используя современные методы секвенирования, исследователи получают все больше подтверждений влияния микробиоты и метаболома на физиологию и метаболическое здоровье организма-хозяина.

**Источник финансирования:** Работа выполнена в ИЭФиБ с использованием средств государственного бюджета по госзаданию № 075-00264-24-00.

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОСТАВА ТЕЛА У ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АТЛЕТОВ

**Ткаченко М.В., Мельников А.И., Митрохин А.Н., Тимофеев А.Ю.**

*ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, Россия  
doctor-tkachenko@yandex.ru*

**Введение.** Интерес представляет оценка состава тела и индуцированные физической нагрузкой реакции обмена веществ атлетов-кроссфитеров. Методом биоимпедансометрии неинвазивной высокоинформативной диагностической технологией провели оценку состав жировой и тощей ткани, активную клеточную и скелетно-мышечную массы, а также показатели, характеризующие водный обмен: общая и внеклеточная жидкость. Индекс массы тела (ИМТ) является эпидемиологически значимым показателем, однако у спортсменов может варьироваться в широких пределах, что обуславливает необходимость дополнительного проведения оценки компонентного состава тела и метаболических коррелятов с целью исключения ложной трактовки статуса энергетического гомеостаза.

**Цель исследования.** Особенности метаболических процессов и состав тела у атлетов-кроссфитеров.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 20 спортсменов-кроссфитеров (Клоков база). Состав тела определяли методом биоимпедансометрии (БИА), скорость протекания метаболических процессов оценили по величине фазового угла («ABC-01 МЕДАСС»). Статистическая обработка полученных данных была проведена с помощью программы Statistica6

**Результаты и обсуждение.** Показатели жировой ткани и активной клеточной массы характеризуют достаточно выраженное депо энергии в организме атлетов, а также высокое содержание метаболически активных тканей. Различия, связанные с двигательной активностью не достигали достоверных значений, определяли более высокую белковую компоненту и повышенный водный сектор ( $p < 0,05$ ). Основными параметрами состава тела определяют фактическое питание, адаптационный потенциал организма, уровень двигательной активности и особенности типа телосложения. В нашем исследовании установлены различия в соматотипе обследованных ( $p < 0,05$ ) и уровне физического развития. Показатели основного обмена веществ определяют высокие метаболические процессы у атлетов. Этот факт подтверждается и показателем фазового угла, и соотношением талия/бедра.

**Заключение.** Персонализированный подход, основанный на анализе биомаркеров, является предикторным вариантом оценки функционального состояния организма. У обследованных спортсменов метаболических изменений, связанных с активностью жировой ткани, не выявлено. Высокие показатели водного сектора в составе тела коррелировали с количеством ЖТ. ж

### Список литературы

1. Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространенность избыточной массы тела и ожирения / Н. П. Соболева, С. Г. Руднев, Д. В. Николаев [и др.] // Российский медицинский журнал. – 2014. – № 4. – С. 4–13.

# ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА И АКТИВНОСТИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ

Древницкая Т.С., Смелышева Л.Н.

*Курганский государственный университет, Курган, Россия  
tatka1995@mail.ru*

**Введение.** Изучение строения и функций орбитальной клетчатки, анатомических особенностей строения глаза в зависимости от активности жировой ткани является перспективным направлением исследований [1, с.850-853].

**Цель исследования.** Изучить взаимосвязь между параметрами диска зрительного нерва и активностью жировой ткани у лиц с нормальной (НМТ, ИМТ 18,5-24,9 кг/м<sup>2</sup>), недостаточной (ДМТ  $\leq 18,4$  кг/м<sup>2</sup>) и избыточной (ИзбМТ, ИМТ 25,0-29,9 кг/м<sup>2</sup>) массой тела.

**Материалы и методы.** Исследование было выполнено на базе Курганского государственного университета. Обследовано 22 здоровых студента (44 глаза) в возрасте от 19 до 22 лет, было выполнено углубленное офтальмологическое обследование, включающее в себя оптическую когерентную томографию (ОСТ) с анализом параметров диска зрительного нерва (ДЗН) и антропометрическое обследование. Статистический анализ проводили с использованием критерия Стьюдента.

**Результаты и обсуждение.** Проанализировав параметры диска зрительного нерва (ДЗН) мы выяснили, что площадь ДЗН (мм<sup>2</sup>) не отличалась у исследуемых всех трех групп и составила  $2,02 \pm 0,05$  в группе НМТ,  $1,97 \pm 0,06$  в группе ДМТ и  $2,14 \pm 0,12$  в группе ИзбМТ. Площадь экскавации ДЗН и объем экскавации ДЗН достоверно выше в группе студентов с ИзбМТ и составила  $0,59 \pm 0,05$  и  $0,12 \pm 0,01$  соответственно, чем в других группах. В группе с ДМТ площадь экскавации ДЗН -  $0,46 \pm 0,07$  мм<sup>2</sup>, объем экскавации ДЗН -  $0,06 \pm 0,01$  мм<sup>2</sup>. В группе с ИзбМТ площадь экскавации ДЗН -  $0,59 \pm 0,05$  мм<sup>2</sup>, объем экскавации ДЗН -  $0,12 \pm 0,01$  мм<sup>2</sup>.

**Заключение.** Таким образом, статистически достоверных различий площади диска зрительного нерва у лиц с различной активностью жировой ткани выявлено не было ( $p > 0,05$ ). Выявлены достоверно более высокие показатели площади экскавации ДЗН и объема экскавации ДЗН у лиц с избыточной массой тела. Данные показатели в группах лиц с нормальной и недостаточной массой тела не отличались.

## **Список литературы.**

1. On the size of the optic nerve disc / V. Ekgardt, D. Dorofeev, T. Shaimov, R. Deev // Kazan Medical Journal. - 2013. - No. 6. - pp. 850-853. (in Russ.)

# ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ ПОД КРАТКОВРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЕЛЕОКЛИМАТА НА ОРГАНИЗМ ВЗРОСЛОГО ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА

**Ермолов Д.С., Семилетова В.А.**

*ВГМУ имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия*

*dima.ermolov56@mail.ru*

**Актуальность.** Воздействие спелеоклимата в условиях наземной стационарной спелеокамеры часто применяется в восстановительной практике и в лечении больных с бронхиальной астмой, гипертонической болезнью, заболеваниями суставов, и др. [1, 2]. Однако физиологические механизмы воздействия спелеоклимата на организм человека остаются не до конца раскрытыми [3, 4].

**Цель исследования.** Исследование изменений параметров дыхания под кратковременным воздействием спелеоклимата на организм взрослого здорового человека.

**Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 44 студента-добровольца 17-19 лет (экспериментальная группа - 18 человек и группа сравнения – 26 человек). В спелеокамере испытуемые находились 90 минут. В состоянии покоя, сидя, до начала воздействия спелеоклимата, через полчаса, через час и через полтора часа после воздействия измеряли объём форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1, FEV), пиковую объёмную скорость выдоха (ПОС, PEF), форсированную жизненную ёмкость лёгких (ФЖЕЛ, FVC) с помощью спирометра Contec SP 10. У студентов группы сравнения дважды измеряли те же параметры сидя, в состоянии покоя, с разницей в 30 минут.

**Результаты.** Выявлено, что под влиянием спелеоклимата у обследуемых ФЖЕЛ значимо ( $p=0,041$ ,  $p=0,022$ ) увеличивалась в первый час относительно состояния покоя. ОФВ1 значимо увеличивалось ( $p=0,01$ ) только через час относительно состояния покоя, и сохранялось увеличенным ( $p=0,055$ ) через полтора часа от начала спелеовоздействия. В группе сравнения значимых отличий исследуемых параметров дыхания не выявлено.

**Заключение.** Отмечено положительное влияние спелеотерапии на параметры вдоха и выдоха в ходе полуторачасового воздействия спелеоклимата на организм взрослого здорового человека.

## Список литературы

1. Николаева Е.А., Косяченко Г.Е. Оценка показателей функции внешнего дыхания у детей до и после курса наземной гало- и спелеотерапии. Здоровье и окружающая среда. 2018. 28:103-107.
2. Тулебеков Б.Т., Тологонов Т.И. Влияние высокогорной спелеотерапии на показатели внешнего дыхания бронхиальной астмы. Вестник Казахского национального медицинского университета. 2019. 4-1:4-7.
3. Семилетова В.А., Дорохов Е.В. Влияние спелеоклиматотерапии на динамику параметров дыхания, кардиоритма и кровотока у взрослого здорового человека. Технологии живых систем. 2022. 19(1):28-37.
4. Семилетова В.А., Кардашов Е.А. Динамика параметров сердечно-сосудистой и дыхательной систем человека под влиянием спелеоклимата. Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2023. 20(4):64-68.

# ДИНАМИКА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У КРЫС С ДИАБЕТОМ 1 ТИПА ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОГО И МНОГОКРАТНОГО ВВЕДЕНИЯ ИНСУЛИНА ИЛИ МЕТФОРМИНА

**Комкова О.П., Морозова О.Ю., Пунина П.В., Подвигина Т.Т.,  
Ярушкина Н.И., Филаретова Л.П.**

*Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
komkovao@infran.ru*

**Введение.** Ранее мы показали гастропротективное действие инсулина и метформина у крыс с диабетом 1 типа при ulcerогенном действии индометасина (ИМ). Логично предположить, что этот эффект связан с понижающим действием препаратов на уровень глюкозы в крови. Однако при измерении уровня глюкозы в крови через 24 ч после однократного или 7-кратного введения инсулина или метформина снижения уровня глюкозы не было выявлено.

**Цель исследования** состояла в изучении динамики уровня глюкозы в крови у крыс с диабетом 1 типа в более короткие сроки после однократного и многократного введения инсулина и метформина.

**Материалы и методы.** Диабет 1-го типа у крыс индуцировали введением стрептозотоцина (СТР, 60 мг/кг, в/б). На 8-й день после введения СТР, на фоне развившегося диабета, начинали ежедневное введение инсулина (2 МЕ, в/б) или метформина (100 мг/кг, перорально) в течение 7 дней. Динамику уровня глюкозы в крови изучали после однократного и 7-кратного введения препаратов. При этом, уровень глюкозы в крови оценивали до введения препаратов и после их введения каждый час в течение 5 ч. В конце опытов на фоне голодания крысам вводили ИМ в ulcerогенной дозе (35 мг/кг). В конце эксперимента определяли уровень глюкозы в крови и оценивали площадь эрозий в желудке.

**Результаты.** В проведенном исследовании воспроизвелись гастропротективные эффекты инсулина и метформина после их 7-дневного введения крысам с диабетом 1 типа. Однократное введение инсулина уже через 1 ч приводило к двукратному падению уровня глюкозы в крови и этот уровень сохранялся в течение 5 ч. После 7-дневного введения инсулина наблюдалась подобная динамика. Как однократное, так и 7-дневное введение метформина также приводило к снижению уровня глюкозы в крови, однако это снижение было постепенным.

**Заключение.** Как при однократном, так и при 7-дневном введении препаратов происходило снижение уровня глюкозы в крови и крыс с диабетом. Сниженный уровень глюкозы сохранялся, по крайней мере, в течение 5 ч после введения препаратов, что могло благотворно влиять на слизистую оболочки желудка у крыс с диабетом 1 типа.

**Финансирование:** грант НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (№ 075-15-2022-303 от 21.04.2022)

# ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ ОСЛАБЛЯЮТ РЕСПИРАТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ФАКТОРА НЕКРОЗА ОПУХОЛИ-А У КРЫС

Данилова Г.А.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
danilovaga@infran.ru*

**Введение.** В настоящее время установлено, что гиперцитокинемия способствует развитию наиболее тяжелой формы COVID-19, характеризующейся острым респираторным заболеванием. Для лечения тяжелобольных COVID-19 используются синтетические глюкокортикоиды, в частности дексаметазон. Предполагается, что успешное применение дексаметазона при лечении тяжелых пациентов с COVID-19 связано с иммуносупрессивным эффектом этого гормона [1].

**Цель исследования.** Выявление роли глюкокортикоидов в респираторных эффектах провоспалительных цитокинов.

**Материалы и методы.** Эксперименты проводились на анестезированных, трахеостомированных крысах-самцах. Для выполнения поставленной задачи внутривенные инъекции ФНО- $\alpha$  проводились до и после введения дексаметазона, синтетического стероида с преобладающей глюкокортикоидной активностью. Также оценивалась реакция вентиляции на гипоксию с помощью метода возвратного дыхания.

**Результаты и обсуждение.** Мы обнаружили, что введение дексаметазона устраняло вызванное цитокином увеличение легочной вентиляции и снижение гипоксической вентиляционной реакции. Дексаметазон оказывал выраженное быстрое влияние на респираторную активность ФНО- $\alpha$  уже через 30 минут после введения.

**Заключение.** Мы предполагаем, что этот механизм действия дексаметазона был негеномным, связанным с блокированием вторичных медиаторов цитокинового ответа.

## **Список литературы**

1. Theoharides T.C., Conti P. Dexamethasone for COVID-19? Not so fast. J. Biol. Regul. Homeost. Agents 34 (3), 2020. - 1241–1243. [https://doi.org/10.23812/20-EDITORIAL\\_1-5](https://doi.org/10.23812/20-EDITORIAL_1-5).

## **Источник финансирования**

Исследование поддержано государственным финансированием, выделенным Институту физиологии им. И. П. Павлова Российской академии наук (№ 1021062411787–0–3.1.8)

# СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА МЕЛАТОНИНА В КРОВИ КРЫС ВИСТАР В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Ануркина А.И., Арешидзе Д.А.

*Научно-исследовательский институт морфологии человека  
им.акад. А.П. Авцына ФГБНУ «Российский научный центр хирургии  
им.акад. Б.В. Петровского», Москва, Россия  
anuaai1925@gmail.com*

**Введение.** Одним из актуальных вопросов в изучении эпифиза остаётся характер влияния различных режимов освещения на суточную динамику синтеза мелатонина (М).

**Цель исследования.** Исследовать влияние различных режимов освещения на суточную динамику содержания М в крови крыс.

**Материалы и методы.** Исследование проведено на самцах крыс линии Вистар в возрасте 5 мес. Животные были случайными образом разделены на три равные группы:

- контрольная – фиксированный световой режим (свет/темнота 10:14).
- I экспериментальная – темновая депривация (ТД).
- II экспериментальная – режим освещения, моделирующий сменную работу (1 сутки – ТД, 2 суток – световой режим, аналогичный контрольной группе).

Продолжительность эксперимента составила 21 сутки.

Забой животных 4 раза в сутки, забор крови для определения содержания М методом ИФА, статистическую обработку и косинор-анализ результатов осуществляли по общепринятым методикам.

**Результаты и обсуждение.**

Наибольшая концентрация гормона у контрольных крыс отмечалась в ночные часы –  $33,15 \pm 0,94$  пг/мл, снижаясь до минимума –  $7,44 \pm 0,22$  пг/мл к 15.00. У животных I экспериментальной группы была ритмичность сглажена, максимум, составивший  $9,25 \pm 0,14$  пг/мл, отмечался в 21 час, неизменный минимум отмечался днем. Пики содержания мелатонина у крыс II группы совпадают с контролем, однако максимум увеличился до  $40,17 \pm 1,13$  пг/мл, а минимум снизился до  $6,55 \pm 0,23$  пг/мл, т.е. у этих крыс сохранилась суточная динамика его содержания.

Результаты косинор-анализа обнаружили достоверный ЦР М у крыс контрольной и II групп. При этом в контроле он характеризуется акрофазой в 1:31 и амплитудой  $14,12$  пг/мл, а у крыс второй группы при акрофазе в 1:28 амплитуда возрастает до  $18,54$  пг/мл.

**Заключение.** Результаты исследования показали, что темновая депривация вызывает снижение концентрации мелатонина и разрушение его ЦР. Режим освещения, моделирующий сменную работу, не разрушает этот ритм, но вызывает рост его амплитуды.

**Источник финансирования** Работа выполнена в рамках государственного задания НИИ МЧ им.акад. А.П. Авцына ФГБНУ «РНЦХ им.акад. Б.В. Петровского» № 122030200535-1.

## EFFECT OF SINGLE COFFEE INTAKE ON EEG PARAMETER IN COFFEE CONSUMERS

**Sawant H.G., Silantyeva D.I., Lifanova A.S.**

*Kazan Federal University, Kazan, Russia*

*hridvig@gmail.com*

**Introduction.** The main mechanism of action of caffeine is blocking the adenosine receptors which impacts the cognitive as well as physical functions.

**The aim of research.** To study the effect of a single dose of coffee on EEG parameters in coffee consumers

**Materials and Methods.** A group of 9 healthy individuals participated in experiments (6 from them coffee consumers and 3 individuals non-coffee drinkers). Informed consent was obtained from all the participants. Initially control recordings of EEG in a relaxed state with open eyes and closed eyes were obtained. Then participants received a single dose of caffeine which approximately had a 200 mg of caffeine. And EEG was recorded 15 and 45 min after coffee consumption. EEG was recorded from 8 leads (pairs of Frontal, Central, Temporal and Occipital positions) by the use of Neuron Spectrum 1.

**Results.** Analysis of maximum amplitude revealed that amplitude recorded from occipital leads significantly increased 45 minutes after coffee consumption in coffee consumers:  $44,9 \pm 4,4$  mkV in control reading and  $63,7 \pm 7,8$  mkV 45 min after ( $P < 0,05$ ). Analysis of average power of rhythms in relaxed states with open eyes showed that only average power of alpha spectrum in occipital parts was significantly increased at the same time after coffee consumption in a group of coffee consumers: from  $0,69 \pm 0,1$  mkV<sup>2</sup> before coffee and  $1,03 \pm 0,2$  mkV<sup>2</sup> 45 min after coffee intake ( $P < 0,05$ ). In the control group amplitude of occipital records increased 15 after coffee consumption and returned to initial values 45 min after and power of alpha rhythm had tendency to increase both 15 min and 45 min after coffee consumption.

**Conclusion.** Thus obtained results showed that coffee intake led to increase the amplitude of neuronal activity in occipital parts of the brain and increase of average power of alpha rhythm in a group of coffee consumers whereas the same effects in a group of non-coffee drinkers were shorter and less pronounced.

## ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ ЭРИТРОЦИТОВ СУСЛИКА В ПРОЦЕССЕ ВЫХОДА ИЗ СПЯЧКИ

Чеботарева М.А., Шуколюкова Е.П., Никитина Е.Р.

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им.И.М.Сеченова,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*elena.nikitina@bk.ru*

**Введение.** Гибернация – это процесс адаптации организма к неблагоприятным условиям окружающей среды, при котором происходит перестроение всех биохимических и физиологических функций организма, связанных со снижением метаболизма, температуры тела и гипоксии. При выходе животных из зимней спячки могут происходить оксидативные повреждения их органов и тканей под воздействием увеличения выработки активных форм кислорода в процессе согревания животного. Известно, что основой для формирования адаптационных процессов на клеточном уровне являются клеточные мембраны, в липидной матрице которых, в частности, в жирнокислотном составе их фосфолипидов (ФЛ), происходят значительные изменения.

**Цель исследования.** Для выяснения роли липидов в адаптации эритроцитов млекопитающих к экстремальным условиям среды обитания мы исследовали изменение жирнокислотного состава ФЛ в эритроцитах малого суслика (*Spermophilus ruggmaeus*) в процессе выхода из зимней спячки.

**Материалы и методы.** Выделение мембран эритроцитов; получение липидных фракций методом Фолча; двумерная тонкослойная хроматография.

**Результаты и обсуждение.** При гибернации у малых сусликов, отличающихся хорошей переносимостью к снижению температуры и гипоксии, наблюдаются значительные изменения мембранных липидов при воздействии различных температур (при выходе из спячки). В ФХ изменения затрагивают насыщенные, моноеновые и полиеновые кислоты, в ФЭА – насыщенные и полиненасыщенные кислоты, и в ФС – только полиненасыщенные кислоты. Однако, индекс ненасыщенности остается постоянным при всех изменениях жирнокислотного состава.

**Заключение.** Температурные «флуктуации» жирнокислотного состава каждого фосфолипида направлены на сохранение его «жидкостных» свойств (индекса ненасыщенности) на уровне, свойственном активным летним животным, а комплексное взаимодействие всех липидов в мембране эритроцитов – на сохранение ее структурно-функциональных свойств, выработанных в процессе эволюционного развития при адаптации животных к низким температурам и гипоксии.

**Источник финансирования:** Госзадание 075-00264 24 00.

**СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ НОЦИЦЕПЦИИ»**

# **ПРИМЕНЕНИЕ СУБСТАНЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ СОБОЙ КАЛЬЦИЕВЫЙ ХЕЛАТНЫЙ КОМПЛЕКС УБАИНА, У ЛИЦ С БОЛЕВЫМИ ОЩУЩЕНИЯМИ В СПИНЕ**

**Карелов А.Е.<sup>1,2</sup>**

*1 - Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Северо-Западный государственный медицинский университет*

*им. И.И.Мечникова Минздрава РФ, Санкт-Петербург, Россия*

*a.karelov@mail.ru*

Согласно данным эпидемиологических исследований последних лет частота боли в спине очень высока и может достигать 60-80% (Gomes J., 2018). Одним из важнейших компонентов помощи таким пациентам является эффективное обезболивание. Целью настоящего исследования стала оценка эффективности накожного применения субстанции, представляющей собой кальциевый хелатный комплекс убаина, при физиологически адекватных условиях у лиц с болевыми ощущениями в спине.

Работа (с открытым когортным неконтролируемым дизайном) выполнена у 12 амбулаторных пациентов (3 мужчины, 9 женщин) с хронической болью в спине в фазу обострения на фоне применения одного из неселективного ингибитора циклооксигеназы. Гель, содержащий субстанцию, наносили в количестве 1-2 грамма на кожу спины в проекции максимальной болезненности.

Исследование одобрено ЛЭК СЗГМУ им. И.И.Мечникова (протокол № 9 от 12 октября 2022 г.)

В результате было выявлено, что большинство пациентов указали на снижение интенсивности боли на 1-2 балла по цифровой рейтинговой шкале ( $p < 0,05$ ; Wilcoxon Rank-Sum Test).

Таким образом, клиническое применение субстанции, представляющей собой кальциевый хелатный комплекс убаина, при физиологически адекватных условиях у лиц с болевыми ощущениями в спине показало эффективность вещества.

Исследуемая субстанция была предоставлена Институтом физиологии им. И.П. Павлова РАН в виде сертифицированного геля антистресс «Долоремит».

Источник финансирования: Минобрнауки РФ (Соглашение №075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АНАЛЬГЕТИЧЕСКИХ  
ЛЕКАРСТВЕННЫХ СУБСТАНЦИЙ ЭНДОГЕННОЙ ПРИРОДЫ: ОТ  
КВАНТОВОХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ДОКИНГА ДО  
ЭКСПЕРИМЕНТОВ IN VIVO**

**Крылов Б.В.<sup>1</sup>, Рогачевский И.В.<sup>1</sup>, Буткевич И.П.<sup>1</sup>, Плахова В.Б.<sup>1,2</sup>**

*1 - Институт физиологии им. И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*2 - Институт биофизики Тренто, Италия*

*krylovbv@yandex.ru*

Новый подход основан на механизме снижения возбудимости ноцицепторов соматосенсорной системы благодаря специфической модуляции активационного воротного устройства каналов  $Na_v1.8$ .

Применен комплекс экспериментальных и теоретических методов: метод локальной фиксации потенциала, формалиновый тест, квантовохимические расчеты, конформационный анализ, докинг.

Установлено, что субстанция эндогенной природы, кальциевый хелатный комплекс убаина попадает в свой сайт связывания молекулы Na, K-АТФазы, выполняющей в ноцицептивном нейроне трансдукторную функцию. В результате молекулярный сигнал передается к каналам  $Na_v1.8$ , что вызывает анальгетический эффект, проявляющийся на спинальном и супраспинальном уровнях. Лизин- и аргинин-содержащие короткие пептиды строго определенной структуры связываются непосредственно с воротным устройством указанного канала, точнее, с его участком  $VSD_1$ . Это также приводит к антиноцицептивному эффекту на спинальном и супраспинальном уровнях. Результаты докинга трипептида Ac-KKK-NH<sub>2</sub> в канал  $Na_v1.8$  свидетельствуют о том, что аминокислоты боковой цепи атакующей молекулы должны связываться с отрицательно заряженными аминокислотами канала, а именно с Asp151 и Glu157, благодаря ион-ионному взаимодействию.

Это позволяет высказать гипотезу о том, что точечные мутации указанных аминокислот должны приводить к нарушению механизма ноцицепции, контролируемому каналами  $Na_v1.8$ .

*Финансовая поддержка: Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".*

**THE ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY OF THE EFFECTS OF SOME  
NUTRACEUTICALS ON NEURONAL EXCITABILITY OF MOTONEURON-  
DERIVED CELLS MODELLING SBMA**

**Plakhova V.<sup>1</sup>, Martínez-Rojas V.A.<sup>2</sup>, Marchioretto M.<sup>1</sup>, Falconieri A.<sup>3</sup>, Arosio D.<sup>1</sup>,  
Masello L.<sup>4</sup>, Pennuto M.<sup>3</sup>, Musio C.<sup>1</sup>**

*1 - Institute of Biophysics (IBF), National Research Council (CNR), Trento, Italy*

*2 - Pharmacobiology Dept, CINVESTAV, Mexico City, Mexico*

*3 - Dept of Biomedical Sciences (DSB), University of Padova, Padova, Italy*

*4 - Salix SRL, Monte Di Malo, Vicenza, Italy*

*verapl@mail.ru*

The spinal and bulbar muscular atrophy (SBMA) is a rare X-linked recessive motor neuron disorder in adults caused by an expansion of CAG trinucleotide polyglutamine repeats of the androgen receptor (AR) gene, which results in loss of AR function causing motoneuron loss. The dysregulation of ion channels activity and the altered neuronal excitability in affected neurons has been identified in SBMA pathophysiology, also as a putative pharmacological target for therapeutic options.

The aim of this work was to establish whether nutraceutical compounds can exhibit neuroprotective effects in neurodegenerative diseases, acting as symptomatic rescuers through the regulation of the ion channels' activity.

Patch-clamp recordings were performed using MN-1 cells, hybrid cells derived from embryonic mouse spinal cord motor neurons and neuroblastoma cells (clone 2F1.10.14.7), which were stably transduced with lentiviral vectors expressing a human AR transgene with 24Q tract (non-pathological) or an expanded 100Q tract (pathological).

Early data showed that the application of nutraceutical compounds (e.g., curcumin, saffron, theanine etc.) leads to different effects on neuronal excitability, mainly altering the activity of voltage-gated currents. Further investigations will confirm the putative role of nutra-neurotherapeutics based on ion channel-targeting pharmacology.

Granted by Project "NutraNeuro", Fondazione CARIVERONA, Italy.

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НОЦИЦЕПЦИИ

**Подзорова С.А., Пеннийнен В.А.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
podzorova@infran.ru*

Целью исследования является изучение воздействия кальциевого хелатного комплекса убаина в наномолярной (эндогенной) концентрации (ЭУ) на молекулярную мембранную мишень – молекулу Na,K-АТФазы, выполняющую в мембране ноцицептивного нейрона не насосную, а трансдукторную функцию и модулирующую потенциалочувствительность каналов  $Na_v1.8$ , ответственных за кодирование ноцицептивных сигналов.

Работа выполнена на сенсорных нейронах с использованием метода органотипической культуры ткани. Для оценки качественного и количественного действия кальциевого хелатного комплекса ЭУ использовали иммуноцитохимический метод и проводили иммунофлуоресцентный анализ с помощью метода конфокальной микроскопии.

Применение указанной субстанции в субнаномолярной концентрации приводило к ингибированию роста нейритов сенсорных нейронов спинальных ганглиев, что было визуализировано с использованием антител к каналам  $Na_v1.8$  и нейрофиламентам и оценено путем измерения флуоресценции антител к каналам  $Na_v1.8$ . Полученные данные свидетельствуют о том, что кальциевый хелатный комплекс ЭУ, примененный в наномолярной концентрации, проявляет выраженный антиноцицептивный эффект [1].

Эти результаты стали основой разработки анальгетической лекарственной субстанции на основе кальциевого хелатного комплекса ЭУ [2].

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Конфокальная микроскопия» Института физиологии им. И.П. Павлова РАН.

*Источник финансирования Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".*

Список литературы

1. Rogachevskii, I.V., Samosvat D.M., Penniyaynen V.A., Plakhova V.B., Podzorova S.A., Ma K., Zegrya G.G., Krylov B.V. Role of the Rhamnosyl Residue of Ouabain in the Activation of the Na, K-ATPase Signaling Function// *Life* 2023, 13, 1500. <https://doi.org/10.3390/life13071500>
2. Патент РФ № 2 823 100. Оpubл. 18.07.2024 Бюл. № 20

# МОДУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ МЕДЛЕННЫХ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ КОРОТКИМИ АРГИНИН- И ЛИЗИНСОДЕРЖАЩИМИ ПЕПТИДАМИ

Калинина А.Д.<sup>1</sup>, Плахова В.Б.<sup>1,2</sup>, Рогачевский И.В.<sup>1</sup>, Буткевич И.П.<sup>1</sup>

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Институт биофизики, Тренто, Италия*  
*kalininaad@infran.ru*

Натриевые каналы  $Na_v1.8$  являются молекулярными маркерами ноцицептивных нейронов. Исследование субстанций пептидной природы, особенно коротких пептидов, способных специфически модулировать функциональную активность этих каналов, может быть использовано для создания новых безопасных и эффективных анальгетиков.

Эксперименты выполнены методом локальной фиксации потенциала, также были проведены исследования с использованием формалинового теста. Структурные особенности строения коротких пептидов были выяснены с помощью конформационного анализа.

Действие ряда коротких аргинин- и лизинсодержащих пептидов в концентрации 100 нмоль/л снижает величину эффективного заряда активационного воротного устройства канала  $Na_v1.8$ , что приводит к уменьшению возбудимости ноцицептивного нейрона. Согласно результатам конформационного анализа, лиганд-рецепторное связывание указанных пептидов с каналом  $Na_v1.8$  возможно лишь в том случае, если две положительно заряженные гуанидиновые группы боковых цепей аргининов находятся на эффективном расстоянии  $12 \pm 3 \text{ \AA}$ , или две положительно заряженные аминогруппы боковых цепей лизинов находятся на расстоянии 11–12  $\text{ \AA}$ . Выполнение именно этих условий приводит к анальгетическому эффекту, что подтверждено в экспериментах *in vivo*.

Исследованные короткие пептиды могут рассматриваться в качестве безопасных и эффективных анальгетических субстанций.

Источник финансирования: Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ «Павловский Центр Интегративная физиология – медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

# АНАЛИЗ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У КРЫС С ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: РОЛЬ КАНАЛОВ TRPV1 И TRPA1

**Дворникова К.А., Быстрова Е.Ю.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
691442@gmail.com*

**Введение.** Боль, возникающая в результате воздействия тепла или холода, играет важную роль в изучении воспаления. В данном исследовании анализировались реакции крыс с DSS-индуцированным колитом и ЛПС-индуцированным сепсисом, а также контрольных групп, на экстремальные температурные стимулы. Ионные каналы TRPV1 и TRPA1, расположенные на ноцицептивных нейронах в периферических тканях, активируются при высокой и низкой температуре, что позволяет объективно измерять болевой порог.

**Цель исследования.** Цель работы заключалась в оценке изменения болевой чувствительности, вызванной воздействием тепловых и холодных стимулов у крыс с DSS-индуцированным колитом и ЛПС-индуцированным сепсисом, и выявлении различий в активации каналов TRPV1 и TRPA1.

**Материалы и методы.** Эксперимент проводился на четырех группах крыс: 1) крысы с DSS-индуцированным колитом (n=5), 2) крысы с ЛПС-индуцированным сепсисом (n=5), 3) интактные крысы (n=5), 4) контрольная группа ЛПС (n=5). Для измерения боли использовался тест «холодная и горячая пластина» (CHP, Bioseb, Франция) при температурах +55°C и -2°C в трех повторностях для каждой крысы. Для выявления различий между группами применялись непараметрические тесты: F-тест и анализ средних значений с SEM.

**Результаты и обсуждение.** При температуре +55°C среднее время реакции крыс составляло: DSS - 8,16 с, ЛПС - 6,62 с, интактные - 7,17 с, контроль ЛПС - 7,06 с. Статистически значимых различий выявлено не было, что может быть связано с вариабельностью индивидуальных реакций и возможной десенсибилизацией каналов. При температуре -2°C среднее время реакции составляло: DSS - 85,47 с, ЛПС - 88,77 с, интактные - 72,48 с, контроль ЛПС - 63,10 с. Достоверные различия наблюдались только между интактной и DSS-группами ( $p < 0.05$ ), что может свидетельствовать о повышенной активации TRPA1 при колите.

**Заключение.** Результаты показывают, что воспаление влияет на восприятие боли при разной температуре. В частности, воздействие холода приводит к усиленной болевой чувствительности. Это подчеркивает роль канала TRPA1 в модуляции болевой чувствительности при воспалении. Хотя статистически значимые различия для TRPV1 не были выявлены, его активность при высоких температурах все равно может влиять на восприятие боли, что требует дальнейшего изучения.

**Источник финансирования.** Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-25-00267).

## МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КАСКАДНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ЗАПУСКАЕМЫЕ КОМЕНОВОЙ КИСЛОТОЙ В НОЦИЦЕПТИВНОМ НЕЙРОНЕ

Пенниайнен В.А.

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
penniaynenv@infran.ru*

Целью исследования являлась детализация молекулярных участников внутриклеточного сигнального каскада, рецептор-опосредованно запускаемого коменовой кислотой (КК). Ранее было установлено, что КК специфически связывается с опиоидоподобным рецептором, что, в свою очередь, приводит к модуляции активационного воротного устройства каналов  $Na_v1.8$ . Этот механизм обосновал специфическую фармакологическую активность разработанного нами нового неопиоидного анальгетика «Аноцептина®», успешно прошедшего первую фазу клинических исследований.

Работа выполнена на сенсорных нейронах с применением методов органотипической культуры, иммунофлуоресценции, конфокальной микроскопии.

КК, активируя трансдукторную функцию  $Na,K$ -АТФазы, модулирует функциональную активность каналов  $Na_v1.8$ . Сопутствующим эффектом КК оказалась ее способность регулировать рост нейритов. Этот эффект основан на активации комплекса  $Na, K$ -АТФаза/Src.

Установлено, что КК, не влияя на экспрессию каналов  $Na_v1.8$  ноцицептивного нейрона, эффективно регулирует экспрессию гена, кодирующего белок GAP-43. Запускаемый  $Na, K$ -АТФаза/Src-РКС-Erk1/2 каскад не влияет на экспрессию гена SCN10A, продуцирующего каналы  $Na_v1.8$ , но приводит к нейрит-стимулирующему эффекту благодаря увеличению функциональной активности белка GAP-43.

Настоящее исследование позволило установить, что КК может претендовать на роль анальгетической лекарственной субстанции, обладающей дополнительно еще и важнейшим регенерационным действием на нервную ткань.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Конфокальная микроскопия» Института физиологии им.И.П. Павлова РАН.

Финансовая поддержка: Минобрнауки РФ (Соглашение №075-15-2022-303 от 21.04.2022г) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология- медицина, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".

# АНТИНОЦИЦЕПТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ГЕПАРИНА

**Кондашевская М.В.**

*Научно-исследовательский институт морфологии человека имени академика А.П. Авцына» ФГБНУ «Российского научного центра хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Россия  
histologist77@mail.ru*

**Введение.** В российских и зарубежных источниках литературы наблюдается дефицит сведений об антиноцицептивном действии гепарина.

**Цель исследования.** Цель исследования – определение влияния высокомолекулярного гепарина (ВМГ) в дозе 64 МЕ/кг на ноцицепцию, сравнение эффектов ВМГ с эффектами его растворителя – физраствора (ФР).

**Материалы и методы.** Были сформированы 3 группы самцов крыс Вистар (масса 180-200 г): 1) интактные; 2) крысы, которым вводили ФР (0.9 % NaCl, 0.3 мл); 3) животные, которым вводили ВМГ (64 МЕ/кг, в/м).

Использовали модифицированную авторами методику tail-flick [1]. При устойчивости ЛПНР в течение 3-х сут, производили введение ВМГ или ФР в течение 5 сут, 1 р/сут. Измерения ЛПНР регистрировали через 1, 7 и 24 ч после инъекций. Результаты статистически обрабатывали.

**Результаты и обсуждение.** Уже после второй инъекции ФР значения ЛПНР во всех последующих сеансах оставались достоверно сниженными, по сравнению с исходным уровнем. После отмены инъекций ФР достоверные (по t–критерию Стьюдента) изменения ЛПНР сохранялись на протяжении 2-х сут затем возвращаясь к исходному уровню.

Начиная со второго введения ВМГ, перед каждой очередной инъекцией значения ЛПНР были достоверно снижены, но через 1 ч после введения они резко повышались с постепенным снижением этих значений в течение 24 ч. После отмены инъекций ВМГ значения средних возвращались к норме только к 5-м сут, в то время как неустойчивость ответа ЛПНР продолжала сохранять признаки антиноцицептивного ответа по параметрам распределения.

**Заключение.** Выработка стабилизированного реагирования при tail-flick тестировании позволила выявить не только особенности периферического ответа ЛПНР, но и влияние центральных механизмов.

## **Список литературы**

1. Kondashevskaya M. V., Nikol'skaya K. A. Active control and its stress effects. Bull Exp Biol Med. 2004;138(2):207-9.

## ВЛИЯНИЕ КОРОТКОГО ЛИЗИНСОДЕРЖАЩЕГО ТРИПЕПТИДА АС- ККК-NH<sub>2</sub> НА НОЦИЦЕПТИВНЫЕ НЕЙРОНЫ

**Бойченко Н.А., Калинина А.Д., Рогачевский И.В., Буткевич И.П.**

*Институт физиологии им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия  
nadejdanb13@yandex.ru*

Молекулы пептидной природы представляют большой интерес для разработок анальгетических субстанций. Целью данного исследования является изучение влияния трипептида Ас-Lys-Lys-Lys-NH<sub>2</sub> (Ас-ККК-NH<sub>2</sub>) на ноцицептивную систему.

На клеточном уровне эксперименты проводились методом локальной фиксации потенциала (patch-clamp) в конфигурации регистрации активности целой клетки (whole-cell) на изолированных ноцицептивных нейронах крысят линии *Wistar*. На организменном уровне проводили эксперименты методом формалинового теста. Конформационный анализ пептида Ас-ККК-NH<sub>2</sub> производили с использованием программный комплекс TINKER8 в рамках силового поля MMFF94.

В серии экспериментов было продемонстрировано статистически значимое снижение величины  $Z_{\text{eff}}$  с  $6,5 \pm 0,4$  ( $n = 25$ ) в контроле до  $4,8 \pm 0,5$  ( $n = 25$ ) после воздействия трипептида Ас-ККК-NH<sub>2</sub> (100 нмоль/л). Формалиновый тест показал статистически значимое снижение длительности вылизывания после действия трипептида сравнению с контролем как в острой ( $23,8 \pm 8,1$  vs  $3,0 \pm 1,09$ ), так и в тонической фазе ( $130,8 \pm 6,4$  vs  $40,5 \pm 17,8$ ), а также снижение количества сгибаний + встряхиваний конечности как во время острой ( $75,8 \pm 10,2$  vs  $18,6 \pm 3,6$ ), так и во время тонической фазы ( $59 \pm 8,9$  vs  $278 \pm 52,2$ ) после действия трипептида (1,0 мг/кг). Рассчитанная величина эффективных расстояний между положительно заряженными аминокислотными боковыми цепями лизинов  $K^1-K^3$ ,  $K^1-K^2$ ,  $K^2-K^3$  составила  $\sim 11 \text{ \AA}$ .

Метод patch-clamp позволил установить, что трипептид Ас-ККК-NH<sub>2</sub> в концентрации 100 нМ модулирует потенциалочувствительность каналов  $Na_v1.8$ . Формалиновый тест показал, что трипептид Ас-ККК-NH<sub>2</sub> (1 мг/кг) вызывает анальгетический эффект на спинальном и супраспинальном уровнях. Результаты конформационного анализа показали, что формирование лиганд-рецепторного комплекса молекулы трипептида Ас-ККК-NH<sub>2</sub> с активационным воротным устройством каналов  $Na_v1.8$  обусловлено наличием положительно заряженных аминокислотных остатков лизина, находящиеся на эффективном расстоянии друг от друга 11  $\text{\AA}$ .

*Финансовая поддержка: Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ «Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».*

**РОЛЬ Jedi2, ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОГО АКТИВАТОРА  
МЕХАНОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ Piezo1, В РЕГУЛЯЦИИ  
ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ КАСКАДНЫХ ПРОЦЕССОВ СЕНСОРНЫХ  
НЕЙРОНОВ**

**Беринцева А.В.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
berintsevaav@infran.ru*

Экспрессия Piezo1 в ноцицептивных нейронах спинальных ганглиев может указывать на участие этих каналов в ноцицепции. Целью работы является изучение роли Jedi2, фармакологического активатора механочувствительных каналов Piezo1, в регуляции внутриклеточных каскадных процессов сенсорных нейронов.

Работа выполнена на эксплантатах и сенсорных нейронах спинальных ганглиев 10-12-дневных куриных эмбрионов *White Leghorn* с применением методов органотипической и диссоциированной культуры нервной ткани, иммунофлуоресцентного анализа, конфокальной лазерной сканирующей микроскопии.

Действие Jedi2, на рост нейритов сенсорных нейронов спинальных ганглиев, исследовали в диапазоне концентраций с помощью метода органотипической культуры ткани. Полученные результаты показывают, что Jedi2 дозозависимо ингибирует рост нейритов сенсорных нейронов спинальных ганглиев. Для оценки влияния Jedi2 на жизнеспособность первичных сенсорных нейронов было проведено окрашивание на апоптоз. Результаты демонстрируют, что Jedi2 в высокой концентрации приводит к запуску апоптоза в сенсорных нейронах. Данные иммунофлуоресцентного окрашивания указывают, что Jedi2 запускает p53-зависимый апоптоз в первичных сенсорных нейронах.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что активация p53-зависимого апоптоза первичных сенсорных нейронов вероятнее всего связана с ингибирующим эффектом Jedi2. В высокой концентрации фармакологический активатор механочувствительных каналов Piezo1, Jedi2, обладает нейротоксическим действием.

Работа выполнялась на оборудовании ЦКП «Конфокальная микроскопия» Института физиологии им. И.П. Павлова РАН.

Источник финансирования: Минобрнауки РФ (Соглашение №075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".

# ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КОСМЕЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ С АНАЛЬГЕТИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ

**Воробьев А.С.**

*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия  
wirwarenkameraden@mail.ru*

**Введение.** Важнейшей задачей разработки новых анальгетиков является как проверка их безопасности, так и выяснение их возможных назначений в клинических условиях. Сократить многолетний путь, для этого необходимый, становится возможным при использовании космецевтического подхода.

**Цель исследования.** Разрабатываемым анальгетическим субстанциям необходима удобная, безопасная и простая с точки зрения государственной регистрации форма, что должно позволить продолжать исследования и осуществлять коммерциализацию успешных продуктов. Целью настоящей работы была выбрана разработка космецевтического продукта в форме геля.

**Материалы и методы.** Использованы стандартные методы сертификации согласно требованиям российского законодательства к парфюмерно-косметической продукции. Технология создания космецевтических продуктов с анальгетическим действием может быть реализована в рамках указанного подхода, позволяя легитимно производить, испытывать и сертифицировать принципиально новые анальгетики.

**Результаты и обсуждение.** Осуществлена успешная разработка и сертификация геля «Долоремит» (зарегистрирован товарный знак). Получена Декларация соответствия по ТР ТС 009/2011. Разработана технология масштабирования производства этого продукта, что позволяет искать пути его коммерческого продвижения.

**Заключение.** Успешное применения разработанной технологии позволяет решить важнейшую проблему правильного назначения анальгетических препаратов задолго до того, как станет возможным их применение на уровне второй фазы клинических исследований.

**Финансовая поддержка:** Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2022-303 от 21.04.2022 г.) в форме гранта на реализацию Программы НЦМУ "Павловский Центр Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости".

# СНИЖЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РИТМОВ ЭКОГ У КРЫС С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДОФАМИНА ПОСЛЕ ОСТРОГО ВВЕДЕНИЯ НИТРОГЛИЦЕРИНА

Еникеев Д.Р.<sup>1</sup>, Пучик М.М.<sup>2</sup>, Шиц Д.Д.<sup>2</sup>, Луковиков Д.А.<sup>3</sup>, Кочнева А.А.<sup>3</sup>, Горский О.В.<sup>1,2</sup>, Герасимова Е.В.<sup>3</sup>, Мусиенко П.Е.<sup>1,2,3</sup>

1 - *Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия*

2 - *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

3 - *Направление "Нейробиология", Научный центр генетики и наук о жизни, Научно-технологический университет "Сириус", Федеральная территория Сириус, Россия  
danielveenik@gmail.com*

**Введение.** Мигрень является одной из наиболее распространенных форм первичных головных болей, однако, патофизиология данного заболевания все еще недостаточно изучена. Обсуждается вклад дофаминэргической системы на патогенез мигрени, так как некоторые симптомы мигрени могут быть связаны с выбросом дофамина [1].

**Цель исследования.** В данной работе у крыс с различным уровнем дофамина были исследованы изменения ЭКоГ в острой модели мигрени, вызванной однократным введением нитроглицерина (НТГ).

**Материалы и методы.** В эксперименте использовались самцы крыс, гетерозиготные по нокауту на транспортер дофамина (DAT-Нет, n = 8) и дикого типа (WT, n = 8), (P>180). В правое полушарие неокортекса в первичную соматосенсорную кору (S1: AP -2, ML 2.5) и первичную зрительную (V1: AP -5; ML 2.5). были имплантированы нихромовые электроды. За 45 минут до внутрибрюшинного введения НТГ (10 мг/кг) у свободно двигающихся животных делалась контрольная запись ЭКоГ. После введения НТГ (10 мг/кг) проводилась запись ЭКоГ в течение 1.5 часов. Анализировали частотные характеристики ЭКоГ у двух групп животных.

**Результаты и обсуждение.** У крыс WT через 1,5 часа после введения НТГ наблюдалась тенденция к снижению мощности гамма-ритмов (30-100 Гц) S1 до  $68 \pm 0.57$  мкВ<sup>2</sup>/Гц и после введения НТГ  $67.2 \pm 0.46$  мкВ<sup>2</sup>/Гц (p>0.05) и в V1 с  $65.78 \pm 0.56$  мкВ<sup>2</sup>/Гц и после НТГ  $64.9 \pm 0.43$  мкВ<sup>2</sup>/Гц (p>0.05). У крыс DAT-Нет было обнаружено снижение мощности гамма-ритма в S1 до  $67.31 \pm 0.8$  мкВ<sup>2</sup>/Гц и после НТГ  $66.09 \pm 0.77$  мкВ<sup>2</sup>/Гц (p<0,05) и в V1 до  $65.72 \pm 0.6$  мкВ<sup>2</sup>/Гц и после введения НТГ  $64.48 \pm 0.44$  мкВ<sup>2</sup>/Гц (p<0,01).

**Заключение.** Острое введение НТГ достоверно не изменяет мощность ритмов в S1 и V1 у крыс с нормальным уровнем дофамина (WT), а у животных с измененным уровнем дофамина (DAT-Нет) приводит к снижению мощности высокочастотного гамма-ритма.

## Список литературы

1. Scuteri F. Dopamine, the second putative protagonist in headache. Headache, 1977. – V.17(3). – P.129–131.

**Источник финансирования:** грант РФФ № 23-15-00328.

**СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ»**

## **РОЛЬ ЭНДОТЕЛИЯ В РАЗВИТИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА**

**Гончаров Н.В.<sup>1,2</sup>, Попова П.И.<sup>3</sup>, Воронина П.А.<sup>2</sup>, Белинская Д.А.<sup>2</sup>, Авдонин П.В.<sup>4</sup>**

*1 - НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека ФМБА России, Ленинградская область, гп Кузьмоловский, Россия*

*2 - Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

*3 - Городская поликлиника №112, Санкт-Петербург*

*4 - Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, Москва, Россия  
ngoncharov@gmail.com*

Диффузный характер расположения кровеносных сосудов, необходимость обеспечения барьерных функций между кровью и другими тканями организма определяет особое назначение эндотелиальных клеток (ЭК) в поддержании гомеостаза и старении организма, в развитии многих заболеваний и критических состояний. В настоящее время вопрос стоит не столько об участии ЭК в этих процессах и состояниях, сколько о доле участия эндотелия в их развитии, первичном или вторичном характере нарушений функции ЭК, морфофункциональном статусе ЭК, его зависимость от генетических и эпигенетических факторов. Помимо генетически детерминированных и безотносительно непредсказуемых факторов внешней среды, у всех людей с течением времени наблюдаются возрастные изменения сосудов, которые могут стать самостоятельной причиной нейродегенеративных заболеваний, главным из которых по своим масштабам является старческая деменция альцгеймеровского типа, или спорадическая болезнь Альцгеймера (SAD). Актуальной задачей современной медицины является быстрая оценка риска и стратификация пациентов с COVID-19, признаками внебольничной пневмонии или острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС) при поступлении в стационар. В докладе будут освещены последние сведения о функциональных особенностях эндотелия, клеточных и экстраклеточных маркерах, свидетельствующих о его дисфункции, а также о возможности их применения в качестве критериев диагностики.

**Источник финансирования.** Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-15-00155).

# ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМЫ У КРЫС, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЛИТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР, И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНТАГОНИСТА РЕЦЕПТОРА ТИРЕОТРОПИНА

**Зорина И.И., Деркач К.В., Печальнова А.С., Черненко Е.Е., Шпаков А.О.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*zorina.inna.spb@gmail.com*

**Введение.** Одним из адаптационных механизмов, направленных на компенсацию длительного воздействия на организм низких температур, является усиление термогенеза и повышение интенсивности энергетического обмена, в основе чего лежит активация гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси. Однако информация о тиреоидном статусе, экспрессии и активности ферментов, ответственных за синтез тиреоидных гормонов (ТГ) в щитовидной железе (ЩЖ), а также об экспрессии компонентов тиреоидной оси скудная и противоречивая.

**Цель исследования.** Изучить уровни тиреотропного гормона (ТТГ) и ТГ в крови и экспрессию гипоталамических, гипофизарных и тироидальных генов, вовлеченных в синтез и секрецию ТТГ и ТГ, у крыс, подвергнутых воздействию холода, а также оценить влияние на эти показатели обработки животных разработанным ранее антагонистом рецептора ТТГ – тиено[2,3-d]-пиримидиновым производным ТРУ1.

**Материалы и методы.** Крыс содержали при температуре +5°C в течение 10 дней, ТРУ1 вводили внутривентриально, однократно, в дозе 25 мг/кг. Уровни ТТГ, тироксина (Т4) и трийодтиронина (Т3) оценивали с помощью ИФА, экспрессию генов – с помощью ОТ-ПЦР в реальном времени.

**Результаты и их обсуждение.** У крыс, подвергнутых воздействию холода, развивался Т3-гипертиреоз, ассоциированный со снижением уровня Т4 вследствие усиления его конверсии в Т3, на что указывает повышение соотношения Т3/Т4 и экспрессии дейодиназы 2 типа (DIO2) в ЩЖ. В ЩЖ гипертиреоидных крыс повышалась экспрессия генов Tg и Nis, кодирующих тиреоглобулин и Na<sup>+</sup>/I<sup>-</sup>-симпортер. ТРУ1 нормализовал уровень Т3 и снижал экспрессию Tg и Nis, что указывает на снижение им активности рецептора ТТГ. ТРУ1 также повышал экспрессию генов β-субъединицы ТТГ и рецептора тиролиберина в гипофизе, что может быть обусловлено сформировавшимся в ходе Т3-гипертиреоза высоким порогом чувствительности тиреотрофов к ингибирующему влиянию Т3, вследствие чего снижение уровня Т3 при обработке ТРУ1 способствует активации синтеза ТТГ.

**Заключение.** Длительное воздействие холодом приводит к развитию у крыс Т3-гипертиреоза с повышенной экспрессией генов, ответственных за синтез ТГ, и обработка аллостерическим антагонистом рецептора ТТГ нормализует эти показатели.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 19-75-20122).

# ОБРАЗОВАНИЕ СТРЕСС-ГРАНУЛ В ЭМБРИОНАХ МЫШИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ *IN VITRO* ОПЛОДОТВОРЕНИЯ, ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Сугатова Д.Т., Шарапова М.Б., Ромащенко А.В.

*Институт Цитологии и Генетики СО РАН, Новосибирск, Россия*  
*dasha.sugatova@mail.ru*

**Введение.** Одним из возможных элементов реакции клеток эмбриона на субоптимальные условия среды может быть формирование стресс гранул (СГ) - немембранных цитоплазматических частиц, образующихся в клетках под воздействием неблагоприятных условий окружающей среды. Компоненты СГ - остановленные 48S преинициативные комплексы, факторы инициации трансляции и РНК-связывающие белки (G3BP, TIA-1). Формирование СГ не приводит к глобальной остановке трансляции, но выступает в роли важного фактора регуляции этого процесса, ингибирует стресс-индуцированный апоптоз и оказывает влияние на скорость деления клеток. До сих пор процесс формирования СГ в бластомерах под воздействием тех или иных субоптимальных условий крайне слабо изучен.

**Цель исследования.** Исследовать процесс образования СГ в доимплантационных эмбрионах при модуляции условий пренатального развития.

**Материалы и методы.** Получали преимплантационные эмбрионы методами *in vitro* и *in vivo* оплодотворения. Культивировали от зиготы до 2-х клеток при 35°C, 37°C или 39°C; от 2-х до 4-х клеточной стадии все эмбрионы содержали при 37°C. Использовали иммуногистохимическое окрашивание эмбрионов на G3BP и eIF3η для идентификации СГ.

**Результаты.** Культивирование эмбрионов при 35°C в течение первых суток приводит к достоверному увеличению количества СГ у 2-х клеточных эмбрионов по сравнению с группами “39°C”, “37°C” и “*in vivo*”. Достоверное увеличение количества СГ по сравнению с “*in vivo*” и “37°C” наблюдается в группе “39°C” на стадии 4-х клеточных эмбрионов после снижения температуры культивирования до 37°C на вторые сутки развития. В группе “37°C” количество СГ достоверно не отличается от контрольной группы, полученной *in vivo*.

**Заключение.** Таким образом, впервые было показано, что образование СГ отражает ответ преимплантационных эмбрионов на субоптимальные условия культивирования.

**Источник финансирования.** РФФ 23-14-00179.

## ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Братанов А.С.<sup>1</sup>, Кузнецов Г.А.<sup>2</sup>

1 - ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, Россия

2 - ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,

Санкт-Петербург, Россия

omarion@bk.ru

**Введение.** В последние годы возрос интерес исследователей к изучению влияния половых гормонов на поведенческие реакции организма. Открыты рецепторы половых гормонов на нейронах и глиоцитах головного мозга и установлена их способность влиять на функциональное состояние нервных клеток неокортекса. Оптимальное содержание половых гормонов и умеренная физическая нагрузка оказывают благоприятное воздействие на когнитивные процессы человека (память и внимание).

**Цель исследования.** Определить влияние физической нагрузки и половых гормонов на психофизиологические показатели.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 32 студентки университета в возрасте от 18 до 23 лет. Психофизиологические показатели (прибор «НС-Психотест»). В качестве двигательной нагрузки использовалась дозированная нагрузка на велоэргометре продолжительностью 20 минут объемом 24500 кг/м. Частота педалирования составляла 60 оборотов в минуту. Содержание в сыворотке крови фолликулостимулирующего (ФСГ), лютеинизирующего (ЛГ) гормонов, эстрадиола, прогестерона определялось иммуноферментным методом (ИФА) с помощью промышленных наборов реактивов («DRG» Германия).

Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы Statistica 10.

**Результаты и обсуждение.** Дозированная велоэргометрическая нагрузка продолжительностью 20 минут и объемом 24500 кг/м вызывала достоверные изменения в содержании ФСГ ( $p < 0,05$ ) и эстрадиола ( $p < 0,05$ ), при этом содержание ФСГ повышалось, а эстрадиола снижалось. Анализ показателей, характеризующих распределение и переключаемость внимания после выполнения дозированной велоэргометрической нагрузки свидетельствуют об улучшении этих показателей. Переключаемость внимания (осознанное и осмысленное перемещение внимания с одного объекта на другой или с одной деятельности на другую в зависимости от постановки новых задач) достоверно повысилась ( $p < 0,001$ ). При этом количество ошибок после выполнения мышечной нагрузки уменьшилось ( $p < 0,01$ ), что свидетельствует об увеличении концентрации и устойчивости внимания. Достоверные различия были получены при исследовании кратковременной памяти на числа после выполнения велоэргометрической нагрузки по отношению к показателям в покое. Выявлена прямая зависимость содержания эстрадиола с показателем распределения внимания ( $r = 0,61$ ,  $p < 0,05$ ), что говорит о благоприятном воздействии данного гормона на внимание.

**Заключение.** Установлено положительное достоверное влияние физической нагрузки на психофизиологические показатели памяти и внимания.

# ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОЙ ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС

Чурилова А.В.

*ФГБУН Институт физиологии имени И.П.Павлова РАН, Санкт-Петербург,  
Россия*

*churilovaav@infran.ru*

**Введение.** Интервальные гипоксические тренировки (ИГТ) (нормо- или гипобарические) приводят к увеличению гемоглобина в крови и могут стимулировать эритропоэз. На основании этого эффекта ИГТ зарекомендовали себя в спортивной медицине, где широко применяются для повышения выносливости спортсменов перед соревнованиями, а также в лечении железодефицитной анемии или для предотвращения развития гестоза у беременных. При этом выраженность и длительность эффекта могут варьировать в зависимости от применяемого режима и являются критическими факторами, определяющими эффективность режима ИГТ.

**Цель исследования.** Состояла в оценке гематологических параметров крови крыс в разные сроки после периодической умеренной гипобарической гипоксии (УГГ).

**Материалы и методы.** Крыс (самцы Вистар) подвергали воздействию шести сеансов УГГ (6УГГ, 360 мм рт ст, 2 ч, один раз в день, 6 сеансов,) в барокамере проточного типа; образец крови животных забирали из хвостовой вены и анализировали на автоматическом гематологическом анализаторе Mindray BC-20Vet через 1, 14 и 24 дня после 6УГГ.

**Результаты и обсуждение.** Воздействие 6УГГ приводило к увеличению содержания гемоглобина на 13 единиц (со 156 до 169 г/л) в крови животных через 1 сутки после последнего сеанса. Повышенный уровень гемоглобина сохранялся на протяжении 2 недель после воздействия (достоверно выше контрольных значений на 8 единиц). Также увеличивались среднее содержание гемоглобина в эритроцитах, гематокрит, средний объем эритроцитов, ширина распределения эритроцитов. К третьей неделе после 6УГГ показатели красного ростка крови возвращались к контрольным значениям, но, одновременно с этим, было обнаружено снижение числа лимфоцитов и тромбоцитов. Снижение числа лимфоцитов может являться компенсаторным эффектом, связанным с перераспределением созревания клеток-предшественников в сторону эритроцитов в костном мозге.

**Заключение.** 6УГГ увеличивает уровень гемоглобина в крови животных на продолжительное время, что является маркером устойчивого про-адаптивного эффекта данного гипоксического воздействия.

**Источник финансирования.** Работа выполнена на средства государственного задания № 1023032400236-8-3.1.4.

# ИЗМЕНЕНИЕ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЕ СТУДЕНТОК ЗАНИМАЮЩИХСЯ СКАЛОЛАЗАНИЕМ ПОСЛЕ МАКРОЦИКЛА ТРЕНИРОВОК

Громько М.В.

*Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия  
mikhailgromyko@mail.ru*

**Введение.** Постуральный баланс в скалолазании является крайне важным аспектом, так как он напрямую влияет на эффективность движений в связи с асимметричным распределением нагрузок на мышцы и суставы происходит адаптация человека к данным нагрузкам.

**Методы исследования.** В данном эксперименте принимали участие 10 студенток в возрасте от 18 до 22 лет, посещающих группу скалолазания. Участники проходили макроцикл тренировок в течение 4-6 месяцев с обследованием до начала тренировочного процесса и последующим обследованием на комплексе МБН «Стабило» [1,3] по завершению тренировочного макроцикла.

**Результаты исследования.** Анализ колебаний ОЦД во фронтальной плоскости выявил статистически значимые различия отклонение ((по оси X влево ( $p < 0,01$ )). Значимые изменения произошли в уменьшении показателя стабильности ГО ( $p < 0,01$ ) и индексе устойчивости ГО ( $p < 0,05$ ), данные могут свидетельствовать о перераспределении нагрузки между опорными зонами пятки и носка каждой из ступней правой и левой ноги исследуемых, а так же реадаптации постуральных мышц к старым условиям деятельности и адаптации к новым [2]. Стоит отметить что достоверно вырос динамический компонент равновесия в стойке с открытыми глазами ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о возросшей адаптации вестибулярного аппарата к направлению и скорости движения тела при его угловых и линейных перемещениях.

**Заключение.** Полученные данные демонстрируют, что у студенток занимающихся скалолазанием происходит изменения проприорецепции, ухудшение статокинетической устойчивости в позе с открытыми глазами, но проявляются улучшения динамического равновесия.

## **Список литературы**

1. Козлов, А.В. Компьютерная стабилметрия как метод функциональной диагностики состояния статокинетической системы / А.В Козлов – К.: КГМУ, 2018. – 86 с.
2. Громько, М. В. Изменение постурального баланса в вертикальной позе студенток-скалолазок 18-22 лет после макроцикла тренировок / М. В. Громько, В. В. Эрлих // Человек. Спорт. Медицина. – 2024. – Т. 24, № 2. 71-76 с.
3. Кубряк, О.В. Стабилметрия, вертикальная поза человека в современных исследованиях. / О.В. Кубряк. – М.: Обзор, 2022. – 78 с.

# УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ КРЫСЫ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ В МОДЕЛИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ

**Корф Е.А., Новожилов А.В., Байдюк Е.В., Воронина П.А., Гончаров Н.В.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*korfkatya@gmail.com*

**Введение.** Действие ряда нутрицевтиков, к которым относится экстракт зеленого чая, связано с усилением катаболизма жиров, повышением чувствительности к инсулину и толерантности к глюкозе. Эти и другие эффекты могут способствовать повышению выносливости животных в экспериментальных моделях беговых и плавательных нагрузок.

**Цель исследования** – изучить влияние декофеинизированного экстракта зеленого чая (ЭЗЧ) и малых доз солей аммония (хлорида и карбоната) на ультраструктуру скелетных мышц крыс при предельной физической нагрузке в модели принудительного плавания.

**Материалы и методы.** Трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ) и морфометрический анализ медленных (m. Soleus, SOL) и быстрых (m. Extensor Digitorum Longus, EDL) мышц крыс.

**Результаты и обсуждение.** Выявлены изменения в митохондриальном аппарате крыс: увеличение средней площади митохондрий в медленной и быстрой мышцах почти во всех группах крыс. В большинстве групп выявлены изменения системы Т-трубочек. Максимальные отличия от групп отрицательного и положительного контролей наблюдаются в ультраструктуре мышечных волокон EDL. У крыс группы положительного контроля адаптация к повышенной нагрузке фактически не происходит. Малые дозы солей аммония, особенно карбоната аммония, определяют оптимальные адаптивные перестройки метаболизма и способствуют повышению физической работоспособности. Совместное применение ЭЗЧ с солями аммония не дает однозначно положительного эффекта, хотя дальнейший поиск оптимальных доз и схем применения препаратов перспективен.

**Заключение.** Молекулярные механизмы стимулирующего работоспособность действия малых доз солей аммония заслуживают пристального внимания и дальнейших исследований, как и схемы их совместного применения с полифенолами зеленого чая и другими нутрицевтиками.

**Источник финансирования.** Госзадание ИЭФБ РАН №075-00264-24-00.

# СОЧЕТАННОЕ ВЛИЯНИЕ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ И ЛИПОПОЛИСАХАРИДА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС

**Новожилов А.В., Хабиб С., Ганем А., Воронина П.А., Корф Е.А.,  
Алексеева О.С., Гончаров Н.В.**

*Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
artnov20081@rambler.ru*

**Введение.** Гипоксия является фактором различных патологических процессов в легких, таких как острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС), внебольничная пневмония и ряда других. Существует несколько экспериментальных моделей ОРДС, предполагающих введение липополисахарида (ЛПС). ЛПС индуцирует аэробный гликолиз легочной ткани, а повышенная концентрация лактата (Л) определяет патогенез легочного фиброза.

**Цель исследования** - исследовать механизмы биохимической адаптации эритроцитов крыс в условиях сочетанного воздействия нормобарической гипоксии (НБГ) и ЛПС.

**Материалы и методы.** Исследование проводили на крысах-самцах аутбредной линии Вистар. На каждую временную точку было взято не менее 6 животных в группе, сформировано 4 группы: интактный контроль, ЛПС (10 мг/кг в/м), НБГ и НБГ+ЛПС (10 мг/кг в/м через 5-10 мин после НБГ).

**Результаты и обсуждение.** ЛПС не повлиял на состояние легких, в НБГ и НБГ+ЛПС количество кровоизлияний в легких повышено через 1 и 3 суток. Универсальными биохимическими признаками оксидативного стресса при воздействии как ЛПС, так и НБГ является повышение активности ЛДГ эритроцитов через 1 и 3 суток, снижение концентрации Л в плазме крови через сутки, а также снижение концентрации GSH и активности  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы эритроцитов через 3 суток после воздействия. Ранняя активация супероксиддисмутазы-1 (СОД1), ЛДГ и  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы, а также накопление Л в эритроцитах являются основными адаптивными механизмами при введении ЛПС. Снижение уровня пирувата и соотношения GSH/GSSG в эритроцитах крыс через сутки являются специфическими признаками максимального поражения легких в НБГ+ЛПС. Через 3 суток о возможном развитии процессов декомпенсации свидетельствуют повышенная активность СОД1, накопление Л в эритроцитах и снижение концентрации Л в плазме крови животных группы НБГ+ЛПС.

**Заключение.** Апробирована экспериментальная модель поражения легких с комплексной биохимической оценкой состояния эритроцитов при сочетанном воздействии на крыс НБГ и ЛПС. Полученные данные свидетельствуют о различных вариантах, степени поражения и мобилизации защитных механизмов эритроцитов. Изменение баланса Л плазмы и эритроцитов может служить критерием степени поражения легких.

**Источник финансирования.** Госзадание ИЭФБ РАН № 075-00264-24-00.

# ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ИММЕРСИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА

Котов-Смоленский А.М., Федорова Е.Ю.

*ГАОУ ВО Московский Городской Педагогический Университет, Москва, Россия  
kotov-smolenskiiam@mgpu.ru*

**Введение.** Эффективность использования технологий виртуальной реальности (VR) как инструмента иммерсивного обучения на сегодняшний день является спорным вопросом, поскольку в литературе наблюдается ограниченное количество эмпирических данных, касающихся изучения психологических и физиологических эффектов от пребывания в виртуальной среде, что, в свою очередь, ставит под сомнение ее образовательную ценность [1].

**Цель исследования.** оценить влияние иммерсивной двигательной тренировки (ИДТ) на показатели функционального состояния (ФС) ЦНС студентов в зависимости от их психофизиологического типа.

**Материалы и методы.** В исследовании приняло участие 112 здоровых студентов ГАОУ ВО Московского городского педагогического университета. Оценка параметров ФС ЦНС проводили с помощью регистрации сенсомоторных реакций. При статистической обработке использовали критерии Уилкоксона и Манна-Уитни, при значимости  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Получены статистически значимые изменения только у студентов с выраженной функциональной подвижностью нервных процессов. Изменения на центральном уровне свидетельствовали о развитии первичных признаков утомления, что могло явиться следствием неадекватного подбора условий ИДТ.

**Заключение.** Эффективная реализация двигательных тренировок в иммерсивной среде требует модификации условий ИДТ в зависимости от психофизиологического типа занимающихся.

## **Список литературы.**

1. Залата О.А. Оценка восприятия образовательного контента на различных уровнях мультимедиа // Интеграция образования, 2020. – Т.101. – №4. – С. 678–689.

## ОЦЕНКА СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У ВРАЧЕЙ - СТОМАТОЛОГОВ

**Зотов П.А., Алекин Д.В., Бреслав М.Б.**

*ФГБОУ ВО Курганский государственный университет, Курган, Россия  
zook-01@mail.ru*

**Введение.** Выгорание рассматривается как профессиональный кризис, обусловленный работой, а не только межличностными взаимоотношениями. СЭВ можно приравнять к дистрессу (тревога, депрессия, враждебность, гнев) в его крайнем проявлении и к третьей стадии общего синдрома адаптации - стадии истощения. Выгорание - не просто результат стресса, а следствие неуправляемого стресса [1]. Исследовались три основные составляющие СЭВ: эмоциональную истощенность, деперсонализацию (цинизм) и редукцию профессиональных (снижение личных) достижений.

**Цель исследования.** Оценить проявления синдрома эмоционального выгорания врачей – стоматологов в зависимости от возраста, стажа и пола.

**Материалы и методы.** В исследовании принимали участие 54 врача–стоматолога в возрасте от 25 до 65 лет. Использовался опросник профессионального «выгорания» С. Maslach, вычислялись значения трех шкал: «Эмоциональное истощение», «Деперсонализация», «Редукция профессиональных достижений», полученные баллы характеризовали степень проявлений синдрома: для каждого признака существует шкала низкого – L, среднего – M, высокого – H уровней, средний балл и разброс значений. Статистическая обработка полученных данных была проведена с использованием программы Statistica 6.

**Результаты и обсуждение.** Опыт и стаж работы существенно влияли на все показатели синдрома. «Эмоциональное истощение» высокого уровня отмечалось в группах со стажем работы до 5 лет и от 5 до 10 лет, в группе со стажем работы свыше 10 лет установлен средней уровень показателя. «Деперсонализация» независимо от стажа во всех группах имела средней уровень проявлений, у врачей, работающих более 10 лет – граница среднего и низкого уровня проявления признака. «Редукция профессионализма» не зависела от стажа работы и находилась на низком уровне. Все обследуемые врачи имели достаточную профессиональную мотивацию и позитивную оценку своей профессии.

Отмечены половые различия в проявлениях синдрома у мужчин и женщин. Эмоциональное истощение у тех и других на среднем уровне, хотя у женщин имеет более выраженный характер. Деперсонализация имела средний уровень проявлений, несколько ниже представлена у женщин. Редукция профессионализма находится на низком уровне как у мужчин, так и у женщин.

**Заключение.** Анализ показателей СЭВ у врачей-стоматологов показал, что существует зависимость от стажа производственной деятельности. Достоверные различия отмечались по показателю эмоционального истощения, которое больше выражено у молодых коллег, со стажем работы менее 10 лет.

### **Список литературы.**

1. Maslach C., Schaufeli W.B., Leiter M.P. Job Burnout //Annual Review Psychol. 2001. Vol. 52. - P. 397–422.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ И.П. ПАВЛОВА</b> <u>Филаретова Л.П.</u> .....	3
<b>ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ</b> .....	4
<b>ПОВЕДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ</b> <u>Маркель А.Л.</u> .....	5
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИ ХРОНИЧЕСКОГО СОЦИАЛЬНОГО КОНФЛИКТА В МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ</b> <u>Кудрявцева Н.Н.</u> .....	6
<b>МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И ПАТОГЕНЕЗ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ</b> <u>Безпрозванный И.Б.</u> .....	7
<b>ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО ДЛИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ, И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К ИХ ПРОФИЛАКТИКЕ</b> <u>Томиловская Е.С., Шигуева Т.А., Рукавишников И.В., Швед Д.М., Пономарев С.А., Колотева М.И., Орлов О.И.</u> .....	8
<b>СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В СОЗДАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ</b> <u>Шичкина Ю.А., Куприянов М.С.</u> .....	9
<b>ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ЧЕЛОВЕКА: ИННОВАЦИОННАЯ СТРАТЕГИЯ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ</b> <u>Герасименко Ю.П.</u> .....	10
<b>ИНТРАНАЗАЛЬНО ВВОДИМЫЙ ИНСУЛИН – НОВЫЕ МИШЕНИ И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ В ФАРМАКОЛОГИИ</b> <u>Шпаков А.О.</u> .....	11
<b>СЕКЦИЯ «ИСТОРИЯ И ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ФИЗИОЛОГИИ»</b> .....	12
<b>И.П. ПАВЛОВ - ОСНОВОПОЛОЖНИК ДИЕТОЛОГИИ</b> <u>Абдурасулова И.Н., Александрова С.С.</u> .....	13
<b>ЕКАТЕРИНА ОЛИМПИЕВНА ШУМОВА-СИМАНОВСКАЯ – БЛИЖАЙШАЯ СПОДВИЖНИЦА И.П. ПАВЛОВА НА ПУТИ К ПЕРВОЙ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ РОССИИ</b> <u>Парфенова Н.С., Поляков Е.Л.</u> .....	14
<b>К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ПАМЯТНИКА И.П. ПАВЛОВУ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ</b> <u>Поляков Е.Л., Вовенко Е.П.</u> .....	15
<b>«ДОЛГОЛЕТИЕ ПО ПАВЛОВУ». ПРОГРАММА ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ ИМ. И. П. ПАВЛОВА РАН В РАМКАХ ФЕСТИВАЛЯ «НАУКА НА СТРЕЛКЕ», ИЮНЬ — ОКТАБРЬ 2024</b> <u>Акутанова И.И., Семенова В.В., Кудряшов А.В.</u> .....	16

<b>СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ»</b> .....	<b>17</b>
<b>ОРТОСТАТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ФОНЕ 7-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ</b> <u>Жедаев Р.Ю.</u> , Виноградова О.Л., Боровик А.С., Попов Д.В., Тарасова О.С., Томиловская Е.С. ....	<b>18</b>
<b>ВЛИЯНИЕ УПРАЖНЕНИЙ ЙОГИ С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ НА ИНТРАКРАНИАЛЬНЫЙ АРТЕРИАЛЬНЫЙ КРОВОТОК</b> <u>Фролов А.В.</u> , Ермолаева С.А., Дидур М.Д. ....	<b>19</b>
<b>СОКРАТИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ БРЫЖЕЕЧНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРЫС ПРИ ОЖИРЕНИИ</b> <u>Лобов Г.И.</u> .....	<b>20</b>
<b>РОЛЬ РЕЦЕПТОРА СЛАДКОГО ВКУСА T1R3 В РЕГУЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА</b> <u>Муровец В.О.</u> , Созонтов Е.А., Лукина Е.А., Хропычева Р.П., Золотарев В.А. ....	<b>21</b>
<b>ИЗМЕНЕНИЯ В НЕЙРОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ БАЗОЛАТЕРАЛЬНОЙ АМИГДАЛЫ, АССОЦИИРОВАННЫЕ С РАЗВИТИЕМ ПОСТВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ И ПОСТСТРЕССОРНОЙ КИШЕЧНЫХ ГИПЕРАЛГЕЗИЙ</b> <u>Любашина О.А.</u> , Сиваченко И.Б. ....	<b>22</b>
<b>БЛОКАДА ИНФРАЛИМБИЧЕСКОЙ КОРЫ ПОДАВЛЯЕТ АВТОНОМНЫЕ ЭФФЕКТЫ МИКРОЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ КОРЫ</b> <u>Губаревич Е.А.</u> , Рыбакова Г.И. ....	<b>23</b>
<b>ДЕКСАМЕТАЗОН ВЛИЯЕТ НА МЕХАНИЗМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ</b> <u>Туманова Т.С.</u> , Рыбакова Г.И. ....	<b>24</b>
<b>ЭФФЕКТЫ ПРОПРАНОЛОЛА, БИСОПРОЛОЛА И МЕТИЛДОФЫ НА ВЕНОЗНУЮ ГЕМОДИНАМИКУ У КРОЛИКОВ ПРИ ПОСТУРАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ</b> <u>Евлахов В.И.</u> , Березина Т.П., Пасатецкая Н.А. ....	<b>25</b>
<b>СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ <math>Eu^{3+}</math> НА СПОНТАННЫЕ СЕРДЕЧНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ</b> <u>Соболь К.В.</u> ....	<b>26</b>
<b>РЕФЛЕКТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ КРОВЕНОСНОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КРОВОПОТЕРИ</b> <u>Крючкова О.А.</u> , Туманова Т.С. ....	<b>27</b>
<b>EFFECTS OF SINGLE DOSE OF COFFEE ON RESPIRATORY RHYTHM AFTER HYPERVENTILATION OF THE LUNG</b> <u>Pawar T.M.</u> , Silantjeva D.I., Lifanova A.S. ....	<b>28</b>
<b>ТОРМОЗНЫЕ ЭФФЕКТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МИКРОСТИМУЛЯЦИИ ЛАТЕРАЛЬНОЙ ПРЕФРОНТАЛЬНОЙ КОРЫ</b> <u>Рыбакова Г.И.</u> , Губаревич Е.А. ....	<b>29</b>

<b>ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ РЕАКЦИИ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ В МОДЕЛИ КОМБИНИРОВАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ</b>	
<u>Сиваченко И.Б., Любашина О.А.</u> .....	30
<b>ЭФФЕКТЫ КИШЕЧНОГО ВОСПАЛЕНИЯ НА НОЦИЦЕПТИВНУЮ АКТИВАЦИЮ СЕРОТОНИНЕРГИЧЕСКИХ И НЕСЕРОТОНИНОВЫХ НЕЙРОНОВ В ЯДРАХ ШВА</b>	
<u>Сушкевич Б.М., Любашина О.А.</u> .....	31
<b>БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА ЭПИТЕЛИЯ КИШКИ КРЫСЫ ЧЕРЕЗ ЧЕТЫРЕ МЕСЯЦА ПОСЛЕ НЕФРЭКТОМИИ</b>	
<u>Калашников Е.А., Фёдорова А.А., Марков А.Г.</u> .....	32
<b>СДЕРЖИВАНИЕ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА UCP1 С ПОМОЩЬЮ РЕГУЛЯРНЫХ ХОЛОДОВЫХ ЭКСПОЗИЦИЙ</b>	
<u>Якуненков А.В., Елсукова Е.И.</u> .....	33
<b>ВКУСОВОЕ ВОСПРИЯТИЕ СЛАДКОГО У МЫШЕЙ С НАСЛЕДСТВЕННОЙ ГИПЕРГЛИКЕМИЕЙ</b>	
<u>Лукина Е.А., Муровец В.О.</u> .....	34
<b>ВЛИЯНИЕ БЛОКАДЫ РЕНИН-АНГИОТЕНЗИН-АЛЬДОСТЕРОНОВОЙ СИСТЕМЫ НА СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ КРЫС С НАРУШЕНИЕМ ФУНКЦИИ ПОЧЕК</b>	
<u>Иванова Г.Т.</u> .....	35
<b>АЗОАКТИВНЫЕ ЭФФЕКТЫ СЕРОВОДОРОДА ПРИ МЕТАБОЛИЧЕСКОМ СИНДРОМЕ</b>	
<u>Панькова М.Н.</u> .....	36
<b>СЕКЦИЯ «МОЛЕКУЛЯРНО-КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗМА»</b> .....	37
<b>ПРОЦЕССЫ СВОБОДНОРАДИКАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ В СТРУКТУРАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА В НОРМЕ И ПРИ ПАТОЛОГИИ</b>	
<u>Клыс Л.И., Галкина О.В., Ветровой О.В., Потапова С., Ещенко Н.Д.</u> .....	38
<b>ХОЛОДО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ИОННЫЕ КАНАЛЫ TRPA1 И TRPM8 В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ СИСТЕМ</b>	
<u>Козырева Т.В.</u> .....	39
<b>АСФИКСИЯ ИЗМЕНЯЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАМК И ПОДТИПА РЕЦЕПТОРА ГАМК<sub>A1</sub> В СТРУКТУРАХ ГИППОКАМПА У НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС В НЕОНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД</b>	
<u>Хожай Л.И.</u> .....	40
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СЕРОТОНИНА И NO В ИЗМЕНЕНИЯХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЙРОНОВ УЛИТКИ ПОСЛЕ ВЫРАБОТКИ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА</b>	
<u>Андрианов В.В., Гайнутдинов Х.Л., Арсланов А.И., Богодвид Т.Х., Винарская А.Х., Головченко А.Н., Дерябина И.Б., Муранова Л.Н., Силантьева Д.И., Шихаб А.В.</u> .....	41
<b>НАРУШЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА У КРЫС, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ 2,3,7,8-ТЕТРАХЛОРОДИБЕНЗОДИОКСИНА В ЭМБРИОГЕНЕЗЕ</b>	
<u>Васильев Д.С., Туманова Н.Л., Алов А.В., Пахомов К.В.</u> .....	42

<b>ИОНОТРОПНЫЕ ГЛУТАМАТНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АППАРАТА КАК МИШЕНЬ ВЛИЯНИЯ ПРОВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ЦИТОКИНА ИНТЕРФЕРОНА I ТИПА</b>	
<u>Рыжова И.В., Вершинина Е.А., Тобиас Т.В.</u> .....	43
<b>ФОТОКОНТРОЛЬ КАЛЬЦИЙ-ПРОНИЦАЕМЫХ АМРА РЕЦЕПТОРОВ АЗОБЕНЗОЛ-СОДЕРЖАЩИМИ ПОЛИАМИНАМИ</b>	
<u>Николаев М.В.</u> .....	44
<b>ВЛИЯНИЕ АГЛИКОНОВ ФЛАВОНОИДОВ НА АПОПТОЗ, АКТИВАЦИЮ И ПРОКОАГУЛЯНТНУЮ ТРАНСФОРМАЦИЮ ТРОМБОЦИТОВ</b>	
<u>Найда Л.В., Балькина А.М., Гамбарян С.П.</u> .....	45
<b>НЕЙРОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА, ПРОЯВЛЯЮЩИЙСЯ СНИЖЕНИЕМ ЭКСПРЕССИИ КАСПАЗЫ-3 В МОЗГЕ КРЫС</b>	
<u>Баннова А.В., Шишкина Г.Т., Дыгало Н.Н.</u> .....	46
<b>АНТАГОНИСТЫ РЕЦЕПТОРОВ СИГМА-1 МОДУЛИРУЮТ <math>Ca^{2+}</math>-ОТВЕТЫ, ИНДУЦИРУЕМЫЕ ИММУНОМОДУЛЯТОРОМ МОЛИКСАНОМ В МАКРОФАГАХ</b>	
<u>Миленина Л.С., Крутецкая З.И., Антонов В.Г., Крутецкая Н.И., Бадюлина В.И.</u> .....	47
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕЛЕЦИЙ <i>hAR</i>, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ГЕНЕ <i>CNTN6</i>, НА РАННИЕ ЭТАПЫ НЕЙРОГЕНЕЗА ЧЕЛОВЕКА <i>IN VITRO</i></b>	
<u>Чвилёва А.С., Юнусова А.М., Пристяжнюк И.Е., Рыжкова А.С., Смирнов А.В., Белокопытова П.С., Шнайдер Т.А.</u> .....	48
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ АУТОФАГИИ И АПОПТОЗА В КЛЕТКАХ <i>HELA-V</i>, <i>HELA-R</i>, <i>MOLT-3</i> И <i>HEK293</i> В УСЛОВИЯХ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ГОЛОДАНИЯ</b>	
<u>Прокопенко Е.С., Соколова Т.В., Надей О.В., Агалакова Н.И.</u> .....	49
<b>ПЕРИНАТАЛЬНАЯ ГИПОКСИЯ ИЗМЕНЯЕТ УЛЬТРАСТРУКТУРУ СТЕНКИ СОСУДОВ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА В ГИПОКАМПЕ КРЫС</b>	
<u>Шишко Т.Т.</u> .....	50
<b>КОРРЕКЦИЯ САХАРНОГО ДИАБЕТА 1 ТИПА У КРЫС ИНТЕРВАЛЬНЫМ ГИПОКСИЧЕСКИМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ</b>	
<u>Кукина М.В., Баранова К.А.</u> .....	51
<b>ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПЛАЦЕНТАРНОГО ТРАНСПОРТА АМИНОКИСЛОТ В МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНИИ С МЕТИОНИНОВОЙ НАГРУЗКОЙ</b>	
<u>Бочковский С.К., Милютин Ю.П., Керкешко Г.О., Траль Т.Г., Арутюнян А.В.</u> .....	52
<b>МАГНИТНАЯ МИКРОСФЕРИЧЕСКАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА, ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННАЯ ТКД-ПЕПТИДОМ – ИНСТРУМЕНТ СЕПАРАЦИИ РАКОВЫХ КЛЕТОК</b>	
<u>Дмитриева А.С., Яковлева Л.Ю., Николаев Б.П.</u> .....	53
<b>ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ИОННОГО КАНАЛА <i>TRPM8</i> НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ TRP КАНАЛОВ В СЕЛЕЗЕНКЕ У НОРМО- И ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС</b>	
<u>Евтушенко А.А., Воронова И.П., Козырева Т.В.</u> .....	54
<b>БИОМАРКЕРЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ФОКАЛЬНОЙ ИШЕМИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ</b>	
<u>Колпакова М.Э.</u> .....	55

<b>СТРУКТУРНО РАЗЛИЧНЫЕ ИНГИБИТОРЫ ЦИКЛООКСИГЕНАЗ ПОДАВЛЯЮТ ТРАНСПОРТ <math>Na^+</math> В ЭПИТЕЛИИ КОЖИ ЛЯГУШКИ</b>	
<u>Мельницкая А.В., Крутецкая З.И., Антонов В.Г., Крутецкая Н.И.</u> .....	56
<b>СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ»</b> .....	57
<b>РЕАКЦИИ ПОЗЫ НА КОНСПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ ИХ ИСТОЧНИКА ПО АЗИМУТУ</b>	
<u>Андреева И.Г., Тимофеева О.П.</u> .....	58
<b>ВОСПРИНИМАЕМЫЕ ТРАЕКТОРИИ БИНАУРАЛЬНЫХ БИЕНИЙ ШУМОВЫХ СИГНАЛОВ</b>	
<u>Летягин П.И., Петропавловская Е.А., Саликова Д.А., Шестопалова Л.Б.</u> .....	59
<b>ВРЕМЕННАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ПРИ ВОСПРИЯТИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ ЗВУКА</b>	
<u>Шестопалова Л.Б., Петропавловская Е.А.</u> .....	60
<b>СЛУХОВОЕ ВОСПРИЯТИЕ РИТМИЧЕСКИХ ЗВУКОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ</b>	
<u>Огородникова Е.А., Балякова А.А., Пак С.П.</u> .....	61
<b>ВОСПРИЯТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛНОВОЙ КАЧКИ</b>	
<u>Ляловецкий В.А., Скотникова И.Г., Карпинская В.Ю.</u> .....	62
<b>ВЛИЯНИЕ ПРАЙМИНГА ИЗОБРАЖЕНИЕМ ЖИВОТНОГО НА ПАРАМЕТРЫ БАЗОВОЙ И СУПЕРОРДИНАТНОЙ КАТЕГОРИЗАЦИИ</b>	
<u>Герасименко Н.Ю., Кушнир А.Б., Михайлова Е.С.</u> .....	63
<b>ОЦЕНКА ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ МОЗГА И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ СОСУДИСТОЙ ПАТОЛОГИИ</b>	
<u>Дик О.Е.</u> .....	64
<b>ЭКСПРЕССИЯ КАЛЬЦИЙ-СВЯЗЫВАЮЩЕГО БЕЛКА КАЛЬРЕТИНИНА НЕЙРОНАМИ ДОРЗАЛЬНОГО НАРУЖНОГО КОЛЕНЧАТОГО ТЕЛА КОШКИ</b>	
<u>Михалкин А.А., Меркульева Н.С.</u> .....	65
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ АКСОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА У МЫШЕЙ СКЛОННЫХ К НЕЙРОДЕГЕНЕРАЦИИ С ПОМОЩЬЮ МАГНИТОКОНТРАСТНЫХ НАНОЧАСТИЦ И МРТ</b>	
<u>Зуев Д.С., Шарапова М.Б., Ромащенко А.В.</u> .....	66
<b>ВКЛАД АКСОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В ДОСТАВКУ НАНОЧАСТИЦ <math>Mn_3O_4</math> ИЗ НОСОВОЙ ПОЛОСТИ В ЦНС</b>	
<u>Шарапова М.Б., Ромащенко А.В.</u> .....	67
<b>СВЯЗЬ ЛЕТАЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В МОЧЕ САМЦОВ С ОБЪЯТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКОЙ ИХ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА САМКАМИ</b>	
<u>Хоцкина А.С., Юсупова Д.И., Завьялов Е.Л.</u> .....	68
<b>НЕЙРОФИЗИОЛОГИЯ НЕВЕРБАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ КУЛЬТУР: РУССКОЙ И КИТАЙСКОЙ</b>	
<u>Жукова О.В., Шелепин Ю.Е., По Лей Ли, Хао Тенг, Васильев П.П., Фокин В.А., Труфанов Г.Е., Соколов А.В.</u> .....	69

<b>ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНТАЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ СТРЕССА ПРИ КОГНИТИВНОЙ НАГРУЗКЕ</b>	
<u>Лелеко Л.П.,</u> Онищенко Д.А., Кирсанов А.С. ....	70
<b>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЧИ (К 100-ЛЕТИЮ ПРОФ. Л.А. ЧИСТОВИЧ И ПРОФ. В.А. КОЖЕВНИКОВА)</b>	
<u>Огородникова Е.А.,</u> Столярова Э.И., Пак С.П. ....	71
<b>ЗНАЧЕНИЕ ОГРАНИЧЕННОЙ ПРОТЯЖЕННОСТИ НЕЙРОННЫХ СВЯЗЕЙ В КОРЕ ДЛЯ СТЕРЕОПИСИСА</b>	
<u>Алексеев С.В.</u> ....	72
<b>ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ЭЛЕКТРОРЕТИНОГРАММЫ СЛОЖНЫХ ГЛАЗ У МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ APIS MELLIFERA CARNICA</b>	
<u>Скиба Б.О.,</u> Пуйто А.А., <u>Новикова Е.С.</u> ....	73
<b>ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА SINGLE-CELL PCR ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЛКОВОГО СПЕКТРА ЗЕЛЕННЫХ ПАЛОЧЕК СЕТЧАТКИ АМФИБИЙ</b>	
<u>Чернышкова О.В.,</u> Николаева Д.А., Ни В.И., Фирсов М.Л. ....	74
<b>ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ НА КОРОТКОВОЛНОВОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ТАРАКАНА PERIPLANETA AMERICANA L. ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ОЦЕЛЛЕЙ</b>	
<u>Скиба Б.О.,</u> Новикова Е.С. ....	75
<b>ВЛИЯНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ И ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОЛЬФАКТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ МЫШЕЙ ЛИНИИ C57BL/6</b>	
<u>Ибраева А.Ж.,</u> Ромащенко А.В. ....	76
<b>ОСОБЕННОСТИ МЕХАНОРЕЦЕПТОРОВ СТОП ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ</b>	
<u>Рябова А.М.,</u> Бекренева М.П., Савеко А.А. ....	77
<b>СЕКЦИЯ «СТРЕСС И ИНТЕГРАТИВНАЯ ФИЗИОЛОГИЯ»</b> .....	78
<b>ВОСПОМИНАНИЯ О НИКОЛАЕ НИКОЛАЕВИЧЕ ДЫГАЛО</b>	
<u>Филаретова Л.П.</u> .....	79
<b>АНТИ-АПОПТОЗНЫЙ БЕЛОК VCL-XL ВОВЛЕКАЕТСЯ В ПОВЫШЕНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ К СТРЕССУ</b>	
<u>Шишкина Г.Т.,</u> Ланшаков Д.А., Баннова А.В., Комышева Н.П., Дыгало Н.Н. ....	80
<b>ПРОГРАММИРОВАНИЕ НЕЙРОХИМИИ МОЗГА И ПОВЕДЕНИЯ КРЫС ВОЗДЕЙСТВИЯМИ В ПЕРИНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ</b>	
<u>Калинина Т.С.,</u> Шишкина Г.Т., Сухарева Е.В., Ланшаков Д.А., Баннова А.В., Бульгина В.В., Дыгало Н.Н. ....	81
<b>УЧАСТИЕ ИНСУЛИНОПОДОБНОГО ФАКТОРА РОСТА 2 В ЭФФЕКТАХ РОДИТЕЛЬСКОГО СТРЕССА У ПОТОМКОВ</b>	
<u>Ордян Н.Э.,</u> Малышева О.В., Акулова В.К., Пивина С.Г. ....	82
<b>НЕЙРОИММУНОЭНДОКРИННЫЙ СТАТУС МУЖЧИНЫ И ФЕРТИЛЬНОСТЬ ЖЕНЩИНЫ</b>	
<u>Николаева М.А.,</u> Арефьева А.С., Бабаян А.А., Калинина Е.А., Кречетова Л.В., Сухих Г.Т. ....	83

<b>ВЛИЯНИЕ БОЛЕВОГО СТРЕССА И АНТИДЕПРЕССАНТА В ПОСТНАТАЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ РАЗВИТИЯ КРЫСЫ НА ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ПАМЯТЬ И РЕАКТИВНОСТЬ СТРЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ В ПЕРИОД ВЗРОСЛЕНИЯ</b> <u>Буткевич И.П.</u> , Михайленко В.А., Вершинина Е.А. ....	<b>84</b>
<b>ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ И ОБОГАЩЕННОЙ СРЕДЫ НА АКТИВНОСТЬ ГИПОТАЛАМО-ГИПОФИЗАРНО-АДРЕНКОРТИКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ, БОЛЕВУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ КРЫС ПОСЛЕ УЛЬЦЕРОГЕННОГО СТРЕССОРА</b> <u>Ярушкина Н.И.</u> , Зенько М.Ю., Морозова О.Ю., Комкова О.П., Баранова К.А., Жуйкова С.Е., Рыбникова Е.А., Филаретова Л.П. ....	<b>85</b>
<b>СОТНОШЕНИЕ ТИПОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПАРНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ТЕСТЕ ТРУБА У КРЫС В РАЗНЫЕ СОЦИИ СКУЧЕННОГО И СТАНДАРТНОГО СОДЕРЖАНИЯ</b> <u>Лосева Е.В.</u> , Потехина А.А. ....	<b>86</b>
<b>ВОЗРАСТ НАЧАЛА ДИЕТЫ КАФЕТЕРИЯ ВЛИЯЕТ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ФЕНОТИП У МЫШЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ</b> <u>Бажан Н.М.</u> , Яковлева Т.В., Балыбина Н.Ю., Казанцева А.Ю., Макарова Е.Н. ....	<b>87</b>
<b>АДАПТАЦИЯ К МЕТАБОЛИЧЕСКОМУ СТРЕССУ У САМОК МЫШЕЙ ЗАВИСИТ ОТ ВОЗРАСТА</b> <u>Яковлева Т.В.</u> , Казанцева А.Ю., Балыбина Н.Ю., Макарова Е.Н., Бажан Н.М. ....	<b>88</b>
<b>ПРЕОБЛАДАЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ МОЗГОВОГО НЕЙРОТРОФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ПРОЦЕССЫ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ И АПОПТОЗА В ГИППОКАМПЕ НЕОНАТАЛЬНЫХ КРЫСЯТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕКСАМЕТАЗОНА</b> <u>Булыгина В.В.</u> , Калинина Т.С., Ланшаков Д.А., Сухарева Е.В., Дыгало Н.Н. ....	<b>89</b>
<b>РОЛЬ ПЕРИФЕРИЧЕСКОГО ИНТЕРЛЕЙКИН-1БЕТА В ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ЭФФЕКТАХ ЛИПОПОЛИСАХАРИДА У КРЫС</b> <u>Комышева Н.П.</u> , Шишкина Г.Т., Высоцкая А.И., Дыгало Н.Н. ....	<b>90</b>
<b>АНТИДЕПРЕССАНТНЫЙ ЭФФЕКТ КЕТАМИНА В УСЛОВИЯХ ОСТРОГО СТРЕССА</b> <u>Дрозд У.С.</u> , Сухарева Е.В., Булыгина В.В., Шишкина Г.Т., Калинина Т.С., Ланшаков Д.А., Дыгало Н.Н. ....	<b>91</b>
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ТРАНСКРИПТОМНЫХ ПРОФИЛЕЙ ГИПОТАЛАМУСА ГИПЕРТЕНЗИВНЫХ КРЫС НИСАГ И НОРМОТЕНЗИВНЫХ КРЫС WAG В ОТВЕТ НА РАЗОВЫЙ КРАТКОСРОЧНЫЙ РЕСТРИКЦИОННЫЙ СТРЕСС</b> <u>Маковка Ю.В.</u> , Ощепков Д.Ю., Федосеева Л.А., Серяпина А.А., Маркель А.Л., Редина О.Е. ....	<b>92</b>
<b>ВЛИЯНИЕ FGF21 НА СОСТОЯНИЕ ПЕЧЕНИ У МЫШЕЙ С ОЖИРЕНИЕМ, ВЫЗВАННЫМ ДИЕТОЙ КАФЕТЕРИЯ</b> <u>Балыбина Н.Ю.</u> , Яковлева Т.В., Казанцева А.Ю., Макарова Е.Н., Бажан Н.М. ....	<b>93</b>
<b>СЕНСОМОТОРНАЯ РЕАКТИВНОСТЬ И УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ И МИНЕРАЛОКОРТИКОИДНЫХ РЕЦЕПТОРОВ У КРЫС В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ</b> <u>Белова А.А.</u> , Хлебникова Н.Н., Крупина Н.А. ....	<b>94</b>

<b>МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРИ РАЗВИТИИ ПТСР-ПОДОБНОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕНАТАЛЬНО СТРЕССИРОВАННЫХ КРЫС В ПАРАДИГМЕ ОДИНОЧНЫЙ ПРОЛОНГИРОВАННЫЙ СТРЕСС</b>	
<u>Акулова В.К., Пивина С.Г., Ордян Н.Э. ....</u>	<b>95</b>
<b>НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕПТИДНЫХ ГОРМОНОВ</b>	
<u>Ланшаков Д.А., Марченко С.А., Сборщикова А.В., Булыгина В.В., Калинина Т.С. ....</u>	<b>96</b>
<b>СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА К УЛЬЦЕРОГЕННОМУ ДЕЙСТВИЮ ИНДОМЕТАЦИНА У МЫШЕЙ ЛИНИЙ КК.CG-AУ/J, КК.CG-A/J И C57BL/6J</b>	
<u>Пунина П.В., Лукина Е.А., Муровец В.О., Ярушкина Н.И., Золотарев В.А., Филаретова Л.П. ....</u>	<b>97</b>
<b>СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПОВЕДЕНИЯ».....</b>	<b>98</b>
<b>D-СЕРИНОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ УЧАСТИЯ МЕДИАЛЬНОЙ ПРЕФРОНТАЛЬНОЙ КОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ РЕАКЦИИ СТРАХА</b>	
<u>Саульская Н.Б., Сусорова М.А. ....</u>	<b>99</b>
<b>СОЦИАЛЬНАЯ ИЕРАРХИЯ У КРЫС ЧЕРЕЗ ТРИ И СЕМЬ МЕСЯЦЕВ СКУЧЕННОГО ИЛИ СТАНДАРТНОГО СОДЕРЖАНИЯ</b>	
<u>Потехина А.А., Лосева Е.В. ....</u>	<b>100</b>
<b>ВЛИЯНИЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА НА НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕДЕНИЯ MDX МЫШЕЙ</b>	
<u>Тимонина Н.А. ....</u>	<b>101</b>
<b>ВЛИЯНИЕ ТРАНСПЛАНТАЦИИ КОСТНОГО МОЗГА НА УТОМЛЯЕМОСТЬ MDX МЫШЕЙ</b>	
<u>Тимонина Н.А. ....</u>	<b>102</b>
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОДРОСТКОВ МАКАКОВ РЕЗУСОВ В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ В 2024 ГОДУ</b>	
<u>Никитина М.Н., Голубева И.Ю., Кузнецова Т.Г., Баринаева М.О. ....</u>	<b>103</b>
<b>ГРУППОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ НЕРОДСТВЕННЫХ ПОДРОСТКОВ МАКАК РЕЗУСОВ: ДВУХЛЕТНИЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ</b>	
<u>Голубева И.Ю., Кузнецова Т.Г., Никитина М.Н. ....</u>	<b>104</b>
<b>ДИНАМИКА КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ПАЦИЕНТОВ В КАЧЕСТВЕ ВОЗМОЖНЫХ МАРКЕРОВ АН РАННИХ СТАДИЯХ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА</b>	
<u>Рябчикова Н.А., Базиян Б.Х., Буланкина А.С. ....</u>	<b>105</b>
<b>АНАЛИЗ УРОВНЯ АСТЕНИИ У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ РАЗНОГО ПОЛА В ПЕРИОД СДАЧИ ЭКЗАМЕНОВ</b>	
<u>Джемилев К.Т., Ибрагимов А.Н., Залата О.А. ....</u>	<b>106</b>
<b>ВЛИЯНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЯДРА МИНДАЛЕВИДНОГО КОМПЛЕКСА НА ПАТТЕРНЫ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В УСЛОВИЯХ ПОКОЯ И ХРОНИЧЕСКОГО СТРЕССА</b>	
<u>Бакулина Е.И., Романова И.Д., Инюшкин А.Н. ....</u>	<b>107</b>
<b>СУТОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ТАРАКАНА PERIPLANETA AMERICANA L. В УБЕЖИЩЕ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ОЦЕЛЛЕЙ</b>	
<u>Пуйто А.А., Новикова Е.С. ....</u>	<b>108</b>

<b>АКТИВАЦИЯ ПЗ-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ ВЛИЯЕТ НА АТРОФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ</b>	
<u>Немировская Т.Л., Шарло К.А., Зарипова К.А., Сидоренко Д.А., Боков Р.О. ....</u>	<b>110</b>
<b>МЕХАНО-УПРАВЛЯЕМЫЕ КАНАЛЫ ВЛИЯЮТ НА ПАССИВНУЮ ЖЕСТКОСТЬ И АМПЛИТУДУ СОКРАЩЕНИЯ МЕДЛЕННОЙ МЫШЦЫ</b>	
<u>Шенкман Б.С., Сергеева К.В., Тыганов С.А., Зарипова К.А. ....</u>	<b>111</b>
<b>ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ С ДИНАМИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ НА АРХИТЕКТУРУ И ФУНКЦИЮ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ У ЧЕЛОВЕКА</b>	
<u>Коряк Ю.А., Ханафиева К.Р., Афоничев Р.К., Кнутова Н.С. ....</u>	<b>112</b>
<b>АКТИВНОСТЬ МЫШЦ ПРИ РЕАЛЬНОЙ, ПАССИВНОЙ И ВООБРАЖАЕМОЙ ХОДЬБЕ НА МЕСТЕ</b>	
<u>Боброва Е.В., Решетникова В.В., Гришин А.А., Вершинина Е.А., Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Исаев М.Р., Бобров П.Д., Герасименко Ю.П. ....</u>	<b>113</b>
<b>СПЕЦИФИЧНОСТЬ МЫШЕЧНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ ВООБРАЖЕНИИ РАЗНЫХ ДВИЖЕНИЙ</b>	
<u>Решетникова В.В., Боброва Е.В., Гришин А.А., Вершинина Е.А., Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Исаев М.Р., Бобров П.Д., Герасименко Ю.П. ....</u>	<b>114</b>
<b>ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АКТУАЛЬНЫХ ПАССИВНЫХ И ВООБРАЖАЕМЫХ ДВИЖЕНИЙ РУК. АНАЛИЗ ТЕНЗОГРАММЫ И ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ</b>	
<u>Курганская М.Е., Бобров П.Д., Курганский А.В., Исаев М.Р., Гарбузов Г.Г. ....</u>	<b>115</b>
<b>ВЛИЯНИЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ПАРАМЕТРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУКИ</b>	
<u>Зобова Л.Н., Миллер Н.В. ....</u>	<b>116</b>
<b>ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ У ЧЕЛОВЕКА В МОДЕЛЯХ ГИПО- И ГИПЕРДОФАМИНЕРГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ</b>	
<u>Мейгал А.Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Кузьмина А.П., Пескова А.Е., Складорова А.С., Антонен Е.Г., Буркин М.М. ....</u>	<b>117</b>
<b>РЕГУЛЯЦИИ ХОДЬБЫ У ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ</b>	
<u>Мошонкина Т.Р., Шаманцева Н.Д., Ананьев С.С., Ляховецкий В.А., Савенкова А.А., Игнатова Т.С., Герасименко Ю.П. ....</u>	<b>118</b>
<b>ЭФФЕКТИВНОСТЬ МУЛЬТИСЕГМЕНТАРНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ В РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ</b>	
<u>Ананьев С.С., Мошонкина Т.Р., Шаманцева Н.Д., Ляховецкий В.А., Гришин А.А., Герасименко Ю.П. ....</u>	<b>119</b>
<b>СПИНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ПОЗЫ В УСЛОВИЯХ ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ ЗВУКОВЫМИ СТИМУЛАМИ</b>	
<u>Шаманцева Н.Д., Семенова В.В., Тимофеева О.П., Андреева И.Г., Мошонкина Т.Р. ....</u>	<b>120</b>
<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА СТОП С ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ СТОП В УСЛОВИЯХ 7-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ</b>	
<u>Бекренева М.П., Савеко А.А., Томиловская Е.С. ....</u>	<b>121</b>

<b>КОМБИНИРОВАННЫЙ РЕЖИМ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ КАК СРЕДСТВО ПРОФИЛАКТИКИ НАРУШЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ И ХОДЬБЫ ПРИ 7-СУТОЧНОЙ ОПОРНОЙ И АКСИАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ</b>	
Савеко А.А., <u>Бекренева М.П.</u> , Пономарев И.И., Томиловская Е.С. ....	122
<b>ВЛИЯНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАВНОВЕСИЯ У ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ С РАЗЛИЧНЫМ КОГНИТИВНЫМ ПРОФИЛЕМ</b>	
<u>Никулина М.И.</u> , Желтухина А.Ф., Семенова Е.В., Балтин М.Э., Шульман А.А., Балтина Т.В. ....	123
<b>ОЦЕНКА МЫШЕЧНОЙ КООРДИНАЦИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧЬЯ</b>	
<u>Позднякова А.Е.</u> , Лелеко Л.П., Пеконида А.А., Онищенко Д.А., Бравый Я.Р. ....	124
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ СОКРАЩЕНИЯ М. FLEXOR DIGITORUM SUPERFICIALIS ПРИ СЖИМАНИИ КИСТЕВОГО ДИНАМОМЕТРА И АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ</b>	
<u>Искаревский Г.В.</u> , Пеконида А.А., Бекназарова А.М., Балтин М.Э., Онищенко Д.А., Бравый Я.Р. ....	125
<b>АТРОФИЯ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ У КРЫС: ВЛИЯНИЕ ДЕНЕРВАЦИИ, ТЕНОТОМИИ И АНТИОРСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ НА СОКРАТИТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ</b>	
<u>Сабинова Д.Э.</u> , Шадрина А.Д., Хайруллин А.Е., Еремеев А.А., Балтина Т.В. ....	126
<b>ВЛИЯНИЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОСТЕЙ: ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕСТИ ТРАВМЫ И ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ</b>	
<u>Ахметзянова А.И.</u> , Балтина Т.В., Герасимов О.В., Саченков О.А. ....	127
<b>ВЫЯВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАННЕГО СТАРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ</b>	
<u>Пеконида А.А.</u> , Искаревский Г.В., Позднякова А.Е., Бравый Я.Р., Балтин М.Э. ....	128
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ АДАПТАЦИИ В ОТВЕТ НА РАЗЛИЧНЫЕ ТРЕНИРОВОЧНЫЕ НАГРУЗКИ</b>	
<u>Бекназарова А.М.</u> , Искаревский Г.В., Онищенко Д.А., Балтин М.Э. ....	129
<b>СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ МЫСЛЕННОМ СОВЕРШЕНИИ МОТОРНЫХ И МЕТАФОРИЧЕСКИХ ДЕЙСТВИЙ</b>	
<u>Галкин В.А.</u> , Нагорнова Ж.В., Шемякина Н.В., Лебедев М.А. ....	130
<b>ДИНАМИКА ТЕТА-РИТМА И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ВО ВРЕМЯ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ НОГАМИ У ПРАВШЕЙ, ЛЕВШЕЙ И АМБИДЕКСТРОВ</b>	
<u>Моренова К.А.</u> , Ведясова О.А. ....	131

**СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ» ..... 132**

- НОВЫЙ ПОРТРЕТ GDNF: МАЛАЯ ИЗОФОРМА DJGDNF С НЕЙРОИНДУКТОРНЫМИ СВОЙСТВАМИ И ЕЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИ ТЕРАПИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**  
Павлова Г.В., Шамадыкова Д.В., Пантелеев Д.Ю., Савченко Е.А., Головин А.В., Ревещин А.В. .... 133
- ОТ НЕЙРОГЕНЕТИКИ К НЕЙРОГЕНОМИКЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВОЗБУДИМОСТЬЮ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ**  
Дюжикова Н.А., Павлова М.Б., Шалагинова И.Г., Вылегжанина А.Э., Щербинина В.Д., Даев Е.В. .... 134
- УСПЕШНОСТЬ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ ЗАВИСИТ ОТ КРИПТОХРОМА (CRY) - УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИРИЖЕРА ДЕЙСТВИЯ СВЕТА, ТЕМПЕРАТУРЫ, ГИПСИИ И МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ**  
Савватеева-Попова Е.В., Токмачева Е.В., Щеголев Б.Ф., Журавлев А.В., Медведева А.В., Никитина Е.А. .... 135
- РОЛЬ НАРУШЕНИЙ АКТИНОВОГО КАСКАДА В РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБУЧЕНИЯ И ПАМЯТИ У ДРОЗОФИЛЫ В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ**  
Никитина Е.А., Медведева А.В., Каровецкая Д.М., Савватеева-Попова Е.В. .... 136
- УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН: МОДИФИКАЦИЯ УРОВНЯ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ В РЕЗУЛЬТАТЕ СОЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ У САМЦОВ ДРОЗОФИЛЫ**  
Брагина Ю.В., Беседина Н.Г., Даниленкова Л.В., Камышева Е.А., Гончарова А.А. .... 137
- МИКРОРНК И КОГНИТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ - ВКЛАД "ПРОСТЫХ НЕРВНЫХ СИСТЕМ"**  
Гринкевич Л.Н. .... 138
- МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАРУШЕНИЯ ОБУЧЕНИЯ У ЛИНИИ ДРОЗОФИЛЫ AGN<sup>TS3</sup>**  
Журавлев А.В., Полев Д.Е., Медведева А.В., Савватеева-Попова Е.В. .... 139
- ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ГЕОТАКСИС У DROSOPHILA MELANOGASTER: НОВЫЕ ГЕНЫ-КАНДИДАТЫ**  
Гончарова А.А., Беседина Н.Г., Даниленкова Л.В., Камышева Е.А., Брагина Ю.В. .... 140
- ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ В ГИПОКАМПЕ КРЫС ЛИНИЙ, КОНТРАСТНЫХ ПО УРОВНЮ ВОЗБУДИМОСТИ: ВЛИЯНИЕ СТРЕССА**  
Павлова М.Б. .... 141
- ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ГИСТОНОВ H3K9ME3 – МОЛЕКУЛЯРНЫЙ БИОМАРКЕР ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО СТРЕССОВОГО РАССТРОЙСТВА В КРЫСИНОЙ МОДЕЛИ**  
Чельшева Л.А., Сучкова И.О., Апраксина Н.К., Паткин Е.Л., Цикунов С.Г. .... 142
- ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИИ НА ОБУЧЕНИЕ И ДОЛГОСРОЧНУЮ ПАМЯТЬ ДРОЗОФИЛЫ В УСЛОВИЯХ НАРУШЕНИЯ КИНУРЕНИНОВОГО ПУТИ ОБМЕНА ТРИПТОФАНА**  
Каровецкая Д.М., Медведева А.В., Якимова И.В., Никитина Е.А. .... 143
- ФОРМИРОВАНИЕ ПАМЯТИ У DROSOPHILA MELANOGASTER ПРИ ПОДАВЛЕНИИ И АКТИВАЦИИ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА LIMK1 В РАЗНЫХ ТИПАХ НЕЙРОНОВ**  
Егозова Е.С., Заломаева Е.С., Никитина Е.А. .... 144

<b>СЕКЦИЯ «ИНТЕГРАЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ И ЕЕ МЕХАНИЗМЫ»</b> .....	<b>145</b>
<b>ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАБОТЫ МЫШЕЧНОЙ ПОМПЫ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЛОКОМОЦИИ</b> <u>Таурагинский Р.А., Симаков С.С., Борде А.С.</u> .....	<b>146</b>
<b>АНАЛИЗ IN VIVO ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОБИОТИКОВ НА ОСНОВЕ HAFNIA ALVEI С МЕЛАНКОРТИНОВОЙ СИСТЕМОЙ ХОЗЯИНА</b> <u>Золотарев В.А., Муровец В.О., Хропычева Р.П., Фетисов С.О.</u> .....	<b>147</b>
<b>ЦЕНТРАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ИНСУЛИНОМ ГЛЮКОЗНОГО ГОМЕОСТАЗА НА ПЕРИФЕРИИ</b> <u>Держач К.В., Басова Н.Е., Шпаков А.О.</u> .....	<b>148</b>
<b>АНГИОГЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУСПЕНЗИИ МИТОХОНДРИЙ ПРИ КОРРЕКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИШЕМИИ</b> <u>Жаворонок И.П., Фёдорова Е.В.</u> .....	<b>149</b>
<b>МИКРОАРХИТЕКТУРА И МЕХАНИКА КОСТИ В КОНТЕКСТЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА: НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ОСТЕОПОРОЗА</b> <u>Балтина Т.В., Ахметзянова А.И., Сабирова Д.Э., Герасимов О.В., Саченков О.А.</u> .....	<b>150</b>
<b>НЕЙРОДИНАМИКА ПРИ ЗАНЯТИЯХ ЛЫЖНЫМ СПОРТОМ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР: МЕЖПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ</b> <u>Чеберяк М.И., Чистова В.В., Лакомкина А.С., Попова М.А.</u> .....	<b>151</b>
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА КРЫС ВО ВРЕМЯ БЕГА В ТРЕДБАНЕ ВЛИЯЕТ НА ИХ ВЫНОСЛИВОСТЬ</b> <u>Пунин Ю.М., Красичков А.С., Ярушкина Н.И., Филаретова Л.П.</u> .....	<b>152</b>
<b>ЭНДОКРИННЫЕ СВОЙСТВА МИКРОБИОТЫ</b> <u>Соболь К.В.</u> .....	<b>153</b>
<b>ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОСТАВА ТЕЛА У ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ АТЛЕТОВ</b> <u>Ткаченко М.В., Мельников А.И., Митрохин А.Н., Тимофеев А.Ю.</u> .....	<b>154</b>
<b>ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИСКА ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА И АКТИВНОСТИ ЖИРОВОЙ ТКАНИ</b> <u>Древницкая Т.С., Смелышева Л.Н.</u> .....	<b>155</b>
<b>ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДЫХАНИЯ ПОД КРАТКОВРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЕЛЕОКЛИМАТА НА ОРГАНИЗМ ВЗРОСЛОГО ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА</b> <u>Ермолов Д.С., Семилетова В.А.</u> .....	<b>156</b>
<b>ДИНАМИКА УРОВНЯ ГЛЮКОЗЫ В КРОВИ У КРЫС С ДИАБЕТОМ 1 ТИПА ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОГО И МНОГОКРАТНОГО ВВЕДЕНИЯ ИНСУЛИНА ИЛИ МЕТФОРМИНА</b> <u>Комкова О.П., Морозова О.Ю., Пунина П.В., Подвигина Т.Т., Ярушкина Н.И., Филаретова Л.П.</u> .....	<b>157</b>
<b>ГЛЮКОКОРТИКОИДЫ ОСЛАБЛЯЮТ РЕСПИРАТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ ФАКТОРА НЕКРОЗА ОПУХОЛИ-А У КРЫС</b> <u>Данилова Г.А.</u> .....	<b>158</b>
<b>СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА МЕЛАТОНИНА В КРОВИ КРЫС ВИСТАР В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ</b> <u>Ануркина А.И., Арешидзе Д.А.</u> .....	<b>159</b>

**EFFECT OF SINGLE COFFEE INTAKE ON EEG PARAMETER IN COFFEE CONSUMERS**

Sawant H.G., Silantyeva D.I., Lifanova A.S. ..... 160

**ИЗМЕНЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ ЭРИТРОЦИТОВ СУСЛИКА В ПРОЦЕССЕ ВЫХОДА ИЗ СПЯЧКИ**

Чеботарева М.А., Шуколокова Е.П., Никитина Е.Р. ..... 161

**СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ НОЦИЦЕПЦИИ»** ..... 162

**ПРИМЕНЕНИЕ СУБСТАНЦИИ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩЕЙ СОБОЙ КАЛЬЦИЕВЫЙ ХЕЛАТНЫЙ КОМПЛЕКС УБАИНА, У ЛИЦ С БОЛЕВЫМИ ОЩУЩЕНИЯМИ В СПИНЕ**

Карелов А.Е. ..... 163

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АНАЛЬГЕТИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СУБСТАНЦИЙ ЭНДОГЕННОЙ ПРИРОДЫ: ОТ КВАНТОВОХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И ДОКИНГА ДО ЭКСПЕРИМЕНТОВ IN VIVO**

Крылов Б.В., Рогачевский И.В., Буткевич И.П., Плахова В.Б. ..... 164

**THE ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY OF THE EFFECTS OF SOME NUTRACEUTICALS ON NEURONAL EXCITABILITY OF MOTONEURON-DERIVED CELLS MODELLING SBMA**

Plakhova V., Martínez-Rojas V.A., Marchiorretto M., Falconieri A., Arosio D., Masello L., Pennuto M., Musio C. ..... 165

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ НОЦИЦЕПЦИИ**

Подзорова С.А., Пеннийянен В.А. ..... 166

**МОДУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ МЕДЛЕННЫХ НАТРИЕВЫХ КАНАЛОВ КОРОТКИМИ АРГИНИН- И ЛИЗИНСОДЕРЖАЩИМИ ПЕПТИДАМИ**

Калинина А.Д., Плахова В.Б., Рогачевский И.В., Буткевич И.П. ..... 167

**АНАЛИЗ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У КРЫС С ВОСПАЛИТЕЛЬНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ: РОЛЬ КАНАЛОВ TRPV1 И TRPA1**

Дворникова К.А., Быстрова Е.Ю. ..... 168

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КАСКАДНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ЗАПУСКАЕМЫЕ КОМОНОВОЙ КИСЛОТОЙ В НОЦИЦЕПТИВНОМ НЕЙРОНЕ**

Пеннийянен В.А. ..... 169

**АНТИНОЦИЦЕПТИВНЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ГЕПАРИНА**

Кондашевская М.В. ..... 170

**ВЛИЯНИЕ КОРОТКОГО ЛИЗИНСОДЕРЖАЩЕГО ТРИПЕПТИДА АС-ККК-NH<sub>2</sub> НА НОЦИЦЕПТИВНЫЕ НЕЙРОНЫ**

Бойченко Н.А., Калинина А.Д., Рогачевский И.В., Буткевич И.П. ..... 171

**РОЛЬ JER12, ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОГО АКТИВАТОРА МЕХАНОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ PIEZO1, В РЕГУЛЯЦИИ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ КАСКАДНЫХ ПРОЦЕССОВ СЕНСОРНЫХ НЕЙРОНОВ**

Беринцева А.В. ..... 172

**ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КОСМЕЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ С АНАЛЬГЕТИЧЕСКИМ ДЕЙСТВИЕМ**

Воробьев А.С. ..... 173

<b>СНИЖЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ РИТМОВ ЭКОГ У КРЫС С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ДОФАМИНА ПОСЛЕ ОСТРОГО ВВЕДЕНИЯ НИТРОГЛИЦЕРИНА</b> <u>Еникеев Д.Р.</u> , Пучик М.М., Шиц Д.Д., Луковилов Д.А., Кочнева А.А., Горский О.В., Герасимова Е.В., Мусиенко П.Е.....	174
<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ» .....</b>	<b>175</b>
<b>РОЛЬ ЭНДОТЕЛИЯ В РАЗВИТИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОРГАНИЗМА</b> <u>Гончаров Н.В.</u> , Попова П.И., Воронина П.А., Белинская Д.А., Авдонин П.В. ....	176
<b>ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ТИРЕОИДНОЙ СИСТЕМЫ У КРЫС, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ДЛИТЕЛЬНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР, И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНТАГОНИСТА РЕЦЕПТОРА ТИРЕОТРОПИНА</b> <u>Зорина И.И.</u> , Деркач К.В., Печальнова А.С., Черненко Е.Е., Шпаков А.О. ....	177
<b>ОБРАЗОВАНИЕ СТРЕСС-ГРАНУЛ В ЭМБРИОНАХ МЫШИ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ IN VITRO ОПЛОДОТВОРЕНИЯ, ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ</b> <u>Сугатова Д.Т.</u> , Шарапова М.Б., Ромащенко А.В. ....	178
<b>ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В УСЛОВИЯХ ДОЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ</b> <u>Браганов А.С.</u> , Кузнецов Г.А. ....	179
<b>ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОЙ ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС</b> <u>Чурилова А.В.</u> .....	180
<b>ИЗМЕНЕНИЕ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЕ СТУДЕНТОК ЗАНИМАЮЩИХСЯ СКАЛОЛАЗАНИЕМ ПОСЛЕ МАКРОЦИКЛА ТРЕНИРОВОК</b> <u>Громько М.В.</u> .....	181
<b>УЛЬТРАСТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ КРЫСЫ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ В МОДЕЛИ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ПЛАВАНИЯ</b> <u>Корф Е.А.</u> , Новожилов А.В., Байдюк Е.В., Воронина П.А., Гончаров Н.В. ....	182
<b>СОЧЕТАННОЕ ВЛИЯНИЕ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ И ЛИПОПОЛИСАХАРИДА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КРЫС</b> <u>Новожилов А.В.</u> , Хабиб С., Ганем А., Воронина П.А., Корф Е.А., Алексеева О.С., Гончаров Н.В. ....	183
<b>ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ИММЕРСИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ТРЕНИРОВКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ТИПА</b> <u>Котов-Смоленский А.М.</u> , Федорова Е.Ю. ....	184
<b>ОЦЕНКА СИНДРОМА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У ВРАЧЕЙ - СТОМАТОЛОГОВ</b> <u>Зотов П.А.</u> , Алекин Д.В., Бреслав М.Б. ....	185

## АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

Arosio D. ....	165	Белова А.А. ....	94
Falconieri A. ....	165	Белокопытова П.С. ....	48
Lifanova A.S. ....	28, 160	Березина Т.П. ....	25
Marchioretto M. ....	165	Беринцева А.В. ....	172
Martinez-Rojas V.A. ....	165	Беседина Н.Г. ....	137, 140
Masello L. ....	165	Бобров П.Д. ....	113, 114, 115
Musio C. ....	165	Боброва Е.В. ....	113, 114
Pawar T.M. ....	28	Богачева И.Н. ....	113, 114
Pennuto M. ....	165	Богодвид Т.Х. ....	41
Plakhova V. ....	165	Бойченко Н.А. ....	171
Sawant H.G. ....	160	Боков Р.О. ....	110
Silanteyeva D.I. ....	28, 160	Борде А.С. ....	146
Абдурасулова И.Н. ....	13	Боровик А.С. ....	18
Авдонин П.В. ....	176	Бочковский С.К. ....	52
Агалакова Н.И. ....	49	Бравый Я.Р. ....	124, 125, 128
Актуганова И.И. ....	16	Брагина Ю.В. ....	137, 140
Акулова В.К. ....	82, 95	Братанов А.С. ....	179
Алекин Д.В. ....	185	Бреслав М.Б. ....	185
Александрова С.С. ....	13	Буланкина А.С. ....	105
Алексеева О.С. ....	183	Булыгина В.В. ....	81, 89, 91, 96
Алексеев С.В. ....	72	Буркин М.М. ....	117
Алов А.В. ....	42	Буткевич И.П. ....	84, 164, 167, 171
Ананьев С.С. ....	118, 119	Быстрова Е.Ю. ....	168
Андреева И.Г. ....	58, 120	Васильев Д.С. ....	42
Андрианов В.В. ....	41	Васильев П.П. ....	69
Антонен Е.Г. ....	117	Ведаева О.А. ....	131
Антонов В.Г. ....	47, 56	Вершинина Е.А. ....	43, 84, 113, 114
Ануркина А.И. ....	159	Ветровой О.В. ....	38
Апраксина Н.К. ....	142	Винарская А.Х. ....	41
Арефьева А.С. ....	83	Виноградова О.Л. ....	18
Арешидзе Д.А. ....	159	Вовченко Е.П. ....	15
Арсланов А.И. ....	41	Воробьев А.С. ....	173
Арутюнян А.В. ....	52	Воронина П.А. ....	176, 182, 183
Афоничев Р.К. ....	112	Воронова И.П. ....	54
Ахметзянова А.И. ....	127, 150	Вылегжанина А.Э. ....	134
Бабаян А.А. ....	83	Высоцкая А.И. ....	90
Бадюлина В.И. ....	47	Гайнутдинов Х.Л. ....	41
Бажан Н.М. ....	87, 88, 93	Галкин В.А. ....	130
Базиян Б.Х. ....	105	Галкина О.В. ....	38
Байдюк Е.В. ....	182	Гамбарян С.П. ....	45
Бакулина Е.И. ....	107	Ганем А. ....	183
Балтин М.Э. ....	123, 125, 128, 129	Гарбузов Г.Г. ....	115
Балтина Т.В. ....	123, 126, 127, 150	Герасименко Н.Ю. ....	63
Балыбина Н.Ю. ....	87, 88, 93	Герасименко Ю.П. ....	10, 113, 114, 118, 119
Балькина А.М. ....	45	Герасимов О.В. ....	127, 150
Балякова А.А. ....	61	Герасимова Е.В. ....	174
Баннова А.В. ....	46, 80, 81	Герасимова-Мейгал Л.И. ....	117
Баранова К.А. ....	51, 85	Головин А.В. ....	133
Баринова М.О. ....	103	Головченко А.Н. ....	41
Басова Н.Е. ....	148	Голубева И.Ю. ....	103, 104
Безпрозванный И.Б. ....	7	Гончаров Н.В. ....	176, 182, 183
Бекназарова А.М. ....	125, 129	Гончарова А.А. ....	137, 140
Бекренева М.П. ....	77, 121, 122	Горский О.В. ....	174
Белинская Д.А. ....	176	Гринкевич Л.Н. ....	138

Гришин А.А. ....	113, 114, 119	Калинина Т.С. ....	81, 89, 91, 96
Громыко М.В. ....	181	Камышева Е.А. ....	137, 140
Губаревич Е.А. ....	23, 29	Карелов А.Е. ....	163
Даев Е.В. ....	134	Каровецкая Д.М. ....	136, 143
Даниленкова Л.В. ....	137, 140	Карпинская В.Ю. ....	62
Данилова Г.А. ....	158	Керкешко Г.О. ....	52
Дворникова К.А. ....	168	Кирсанов А.С. ....	70
Деркач К.В. ....	148, 177	Клыс Л.И. ....	38
Дерябина И.Б. ....	41	Кнутова Н.С. ....	112
Джемилев К.Т. ....	106	Козырева Т.В. ....	39, 54
Дидур М.Д. ....	19	Колотева М.И. ....	8
Дик О.Е. ....	64	Колпакова М.Э. ....	55
Дмитриева А.С. ....	53	Комкова О.П. ....	85, 157
Древницкая Т.С. ....	155	Комышева Н.П. ....	80, 90
Дрозд У.С. ....	91	Кондашевская М.В. ....	170
Дыгало Н.Н. ....	46, 80, 81, 89, 90, 91	Корф Е.А. ....	182, 183
Дюжикова Н.А. ....	134	Коряк Ю.А. ....	112
Евлахов В.И. ....	25	Котов-Смоленский А.М. ....	184
Евтушенко А.А. ....	54	Кочнева А.А. ....	174
Егозова Е.С. ....	144	Красичков А.С. ....	152
Елсукова Е.И. ....	33	Кречегова Л.В. ....	83
Еникеев Д.Р. ....	174	Крупина Н.А. ....	94
Еремеев А.А. ....	126	Крутецкая З.И. ....	47, 56
Ермолаева С.А. ....	19	Крутецкая Н.И. ....	47, 56
Ермолов Д.С. ....	156	Крылов Б.В. ....	164
Ещенко Н.Д. ....	38	Крочкова О.А. ....	27
Жаворонок И.П. ....	149	Кудряцева Н.Н. ....	6
Жедяев Р.Ю. ....	18	Кудряшов А.В. ....	16
Желтухина А.Ф. ....	123	Кузнецов Г.А. ....	179
Жуйкова С.Е. ....	85	Кузнецова Т.Г. ....	103, 104
Жукова О.В. ....	69	Кузьмина А.П. ....	117
Журавлев А.В. ....	135, 139	Кукина М.В. ....	51
Завьялов Е.Л. ....	68	Куприянов М.С. ....	9
Залата О.А. ....	106	Курганская М.Е. ....	115
Заломаева Е.С. ....	144	Курганский А.В. ....	115
Зарипова К.А. ....	110, 111	Кушнир А.Б. ....	63
Зенько М.Ю. ....	85	Лакомкина А.С. ....	151
Зобова Л.Н. ....	116	Ланшаков Д.А. ....	80, 81, 89, 91, 96
Золотарев В.А. ....	21, 97, 147	Лебедев М.А. ....	130
Зорина И.И. ....	177	Лелеко Л.П. ....	70, 124
Зотов П.А. ....	185	Летягин П.И. ....	59
Зуев Д.С. ....	66	Лобов Г.И. ....	20
Ибрагимов А.Н. ....	106	Лосева Е.В. ....	86, 100
Ибраева А.Ж. ....	76	Лукина Е.А. ....	21, 34, 97
Иванова Г.Т. ....	35	Луковиков Д.А. ....	174
Игнатова Т.С. ....	118	Любашина О.А. ....	22, 30, 31
Иношкин А.Н. ....	107	Ляховецкий В.А. ....	62, 118, 119
Исаев М.Р. ....	113, 114, 115	Макарова Е.Н. ....	87, 88, 93
Искаревский Г.В. ....	125, 128, 129	Маковка Ю.В. ....	92
Казанцева А.Ю. ....	87, 88, 93	Мальшева О.В. ....	82
Калашников Е.А. ....	32	Маркель А.Л. ....	5, 92
Калинина А.Д. ....	167, 171	Марков А.Г. ....	32
Калинина Е.А. ....	83	Марченко С.А. ....	96
		Медведева А.В. ....	135, 136, 139, 143
		Мейгал А.Ю. ....	117
		Мельников А.И. ....	154

Мельницкая А.В.....	56	Полев Д.Е. ....	139
Меркульева Н.С.....	65	Поляков Е.Л. ....	14, 15
Миленина Л.С. ....	47	Пономарев И.И. ....	122
Миллер Н.В. ....	116	Пономарев С.А. ....	8
Милютина Ю.П. ....	52	Попов Д.В. ....	18
Митрохин А.Н. ....	154	Попова М.А. ....	151
Михайленко В.А. ....	84	Попова П.И. ....	176
Михайлова Е.С. ....	63	Потапова С. ....	38
Михалкин А.А. ....	65	Потехина А.А. ....	86, 100
Моренова К.А. ....	131	Присяжнюк И.Е. ....	48
Морозова О.Ю. ....	85, 157	Прокопенко Е.С. ....	49
Мошонкина Т.Р. ....	118, 119, 120	Пуйто А.А. ....	73, 108
Муранова Л.Н. ....	41	Пунин Ю.М. ....	152
Муровец В.О. ....	21, 34, 97, 147	Пунина П.В. ....	97, 157
Мусиенко П.Е. ....	174	Пучик М.М. ....	174
Нагорнова Ж.В. ....	130	Ревещин А.В. ....	133
Надей О.В. ....	49	Редина О.Е. ....	92
Найда Л.В. ....	45	Решетникова В.В. ....	113, 114
Немировская Т.Л. ....	110	Рогачевский И.В. ....	164, 167, 171
Ни В.И. ....	74	Романова И.Д. ....	107
Никитина Е.А. ....	135, 136, 143, 144	Ромашенко А.В. ....	66, 67, 76, 178
Никитина Е.Р. ....	161	Рукавишников И.В. ....	8
Никитина М.Н. ....	103, 104	Рыбакова Г.И. ....	23, 24, 29
Николаев Б.П. ....	53	Рыбникова Е.А. ....	85
Николаев М.В. ....	44	Рыжкова А.С. ....	48
Николаева Д.А. ....	74	Рыжова И.В. ....	43
Николаева М.А. ....	83	Рябова А.М. ....	77
Никулина М.И. ....	123	Рябчикова Н.А. ....	105
Новикова Е.С. ....	73, 75, 108	Сабирова Д.Э. ....	126, 150
Новожилов А.В. ....	182, 183	Савватеева-Попова Е.В. ....	135, 136, 139
Огородникова Е.А. ....	61, 71	Савеко А.А. ....	77, 121, 122
Онищенко Д.А. ....	70, 124, 125, 129	Савенкова А.А. ....	118
Ордян Н.Э. ....	82, 95	Савченко Е.А. ....	133
Орлов О.И. ....	8	Саликова Д.А. ....	59
Ощепков Д.Ю. ....	92	Саульская Н.Б. ....	99
Павлова Г.В. ....	133	Саченков О.А. ....	127, 150
Павлова М.Б. ....	134, 141	Сборщикова А.В. ....	96
Пак С.П. ....	61, 71	Семенова В.В. ....	16, 120
Пантелеев Д.Ю. ....	133	Семенова Е.В. ....	123
Панькова М.Н. ....	36	Семилетова В.А. ....	156
Парфенова Н.С. ....	14	Сергеева К.В. ....	111
Пасатецкая Н.А. ....	25	Серяпина А.А. ....	92
Паткин Е.Л. ....	142	Сиваченко И.Б. ....	22, 30
Пахомов К.В. ....	42	Сидоренко Д.А. ....	110
Пеконида А.А. ....	124, 125, 128	Силантьева Д.И. ....	41
Пенниайнен В.А. ....	166, 169	Симаков С.С. ....	146
Пескова А.Е. ....	117	Скиба Б.О. ....	73, 75
Петропавловская Е.А. ....	59, 60	Склярова А.С. ....	117
Печальнова А.С. ....	177	Скотникова И.Г. ....	62
Пивина С.Г. ....	82, 95	Смелышева Л.Н. ....	155
Плахова В.Б. ....	164, 167	Смирнов А.В. ....	48
По Лей Ли. ....	69	Соболь К.В. ....	26, 153
Подвигина Т.Т. ....	157	Созонтов Е.А. ....	21
Подзорова С.А. ....	166	Соколов А.В. ....	69
Позднякова А.Е. ....	124, 128	Соколова Т.В. ....	49
		Столярова Э.И. ....	71

Сугатова Д.Т. ....	178	Чеберяк М.И. ....	151
Сусорова М.А. ....	99	Чеботарева М.А. ....	161
Сухарева Е.В. ....	81, 89, 91	Чельшьева Л.А. ....	142
Сухих Г.Т. ....	83	Черненко Е.Е. ....	177
Сучкова И.О. ....	142	Чернышкова О.В. ....	74
Сушкевич Б.М. ....	31	Чистова В.В. ....	151
Тарасова О.С. ....	18	Чурилова А.В. ....	180
Таурагинский Р.А. ....	146	Шадрина А.Д. ....	126
Тимонина Н.А. ....	101, 102	Шалагинова И.Г. ....	134
Тимофеев А.Ю. ....	154	Шамадыкова Д.В. ....	133
Тимофеева О.П. ....	58, 120	Шаманцева Н.Д. ....	118, 119, 120
Ткаченко М.В. ....	154	Шарапова М.Б. ....	66, 67, 178
Тобиас Т.В. ....	43	Шарло К.А. ....	110
Токмачева Е.В. ....	135	Швед Д.М. ....	8
Томиловская Е.С. ....	8, 18, 121, 122	Шелепин Ю.Е. ....	69
Траль Т.Г. ....	52	Шемякина Н.В. ....	130
Труфанов Г.Е. ....	69	Шенкман Б.С. ....	111
Туманова Н.Л. ....	42	Шестопалова Л.Б. ....	59, 60
Туманова Т.С. ....	24, 27	Шигуева Т.А. ....	8
Тыганов С.А. ....	111	Шихаб А.В. ....	41
Фёдорова А.А. ....	32	Шиц Д.Д. ....	174
Фёдорова Е.В. ....	149	Шичкина Ю.А. ....	9
Федорова Е.Ю. ....	184	Шишкина Г.Т. ....	46, 80, 81, 90, 91
Федосеева Л.А. ....	92	Шишко Т.Т. ....	50
Фетисов С.О. ....	147	Шнайдер Т.А. ....	48
Филаретова Л.П. ....	3, 79, 85, 97, 152, 157	Шпаков А.О. ....	11, 148, 177
Фирсов М.Л. ....	74	Шуколюкова Е.П. ....	161
Фокин В.А. ....	69	Шульман А.А. ....	123
Фролов А.В. ....	19	Щеголев Б.Ф. ....	135
Хабиб С. ....	183	Щербакова Н.А. ....	113, 114
Хайруллин А.Е. ....	126	Щербинина В.Д. ....	134
Ханафиева К.Р. ....	112	Юнусова А.М. ....	48
Хао Тенг ....	69	Юсупова Д.И. ....	68
Хлебникова Н.Н. ....	94	Якимова И.В. ....	143
Хожай Л.И. ....	40	Яковлева Л.Ю. ....	53
Хощина А.С. ....	68	Яковлева Т.В. ....	87, 88, 93
Хропычева Р.П. ....	21, 147	Якуненков А.В. ....	33
Цикунов С.Г. ....	142	Ярушкина Н.И. ....	85, 97, 152, 157
Чвилёва А.С. ....	48		