

РОССИЙСКОЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. И. П. Павлова
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
ИНСТИТУТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ им. И. М. Сеченова РАН
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ им. И. П. Павлова РАН
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПЕРВЫЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. акад. И. П. Павлова

XXIV съезд физиологического общества им. И. П. Павлова

11–15 сентября 2023 года

Сборник тезисов съезда

Санкт-Петербург

Рецензент:
академик РАН, профессор, главный научный сотрудник
лаборатории биофизики синаптических процессов ИЭФБ РАН
Магазаник Л. Г.

С23 **Сборник тезисов XXIV съезда физиологического общества им. И. П. Павлова.** Санкт-Петербург, 11–15 сентября 2023 г. / Под общ. ред. член-корр. РАН, д. б. н. М. Л. Фирсова. – СПб.: Изд-во ВВМ, 2023. – 612 с.
ISBN 978-5-9651-1500-6

Физиологическое общество имени И. П. Павлова является одним из старейших и престижных научных обществ России, основано в апреле 1917 г., когда в Петрограде состоялся его первый учредительный съезд. В сборнике представлены материалы XXIV съезда физиологического общества им. И. П. Павлова: сборник содержит тезисы докладов 47 симпозиумов, тематически охватывающих максимально широкий спектр исследований, проводимых в России и за рубежом в широком контексте физиологических дисциплин – нейрофизиология, физиология сердечно-сосудистой и иммунной системы, физиология мышц, молекулярно-клеточная и сенсорная физиология, физиология когнитивных процессов, возрастная физиология и др. Значимое место среди представленных материалов занимают области физиологии, имеющие большое прикладное значение. К ним в первую очередь относятся гравитационная и космическая физиология, физиология труда и спорта, клиническая физиология. В материалах съезда отражены также такие относительно недавно появившиеся на стыке медицины и фундаментальной физиологии дисциплины, как нейроинтерфейсные технологии, синтетические нейротехнологии и другие.

Сборник тезисов XXIV съезда Российского физиологического общества адресован специалистам в области физиологии, а также представляет интерес для практикующих врачей, студентов биологических и медицинских специальностей, а кроме того – для широкой аудитории лиц, интересующихся научными исследованиями в данной области. В сборнике представлены ключевые темы и направления исследований, которые обсуждались на съезде и обобщают новые исследовательские результаты и прогнозируют возможные направления будущих исследований в физиологии.

Под общей редакцией член-корр. РАН, д. б. н. М. Л. Фирсова

Съезд включен в список мероприятий, проходящих в рамках 300-летия РАН
и Десятилетия науки и технологий.

Спонсоры: ООО «Компания Хеликон»; RWD Life Science Inc.; ООО ТД «ВЕТ-ЦЗДОР ПРОДАКТ»; Conetech Ltd; ООО НПФ «Биотехнологии»; ООО «БиоЛайн»; ООО «Компания «АЗИМУТ Фотоникс»; ООО «Нейроиконика Ассистив»; ООО «Диаэм»; ООО «СЕЛЛДЖИМ-РУС».

Партнеры: портал «Нейроновости» (Neuronovosti.Ru); СПб ГБУ «Конгрессно-выставочное бюро»; ООО «Мономакс»; СТЭЛМАС; РГПУ им. А. И. Герцена; АМКСБ.

ных животных *in vivo* необходима оценка неврологического дефицита. Для этого широко используются поведенческие тесты, однако анализ их результатов проводится вручную и несет риски субъективности. В связи с этим были предложены новые подходы к анализу поведения лабораторных животных. Первый из них заключается в автоматизации анализа результатов поведенческих тестов при помощи методов глубокого машинного обучения. Вторым подходом основан на автоматизированном разбиении поведения на стереотипные модули – “поведенческие слоги” – на основе данных о 3D-положении мыши с использованием авторегрессионной скрытой марковской модели, реализованной в алгоритме Motion Sequencing, или MoSeq.

В данной работе проводился анализ поведения лабораторных животных после моделирования ишемии головного мозга методом фотоиндуцированного тромбоза. В первой части работы крысы проходили тест “Сужающаяся дорожка”, и его результаты обрабатывались при помощи алгоритма компьютерного зрения DeepLabCut. Были обозначены 11 анатомических точек крысы с каждой стороны тела, координаты которых после анализа видео были выведены в csv-файл, который обрабатывался с помощью математической модели. Алгоритм по координатам точек позволил подсчитать количество шагов, полных и частичных соскальзываний и автоматически вычислить оценку сенсомоторного дефицита для каждой конечности крысы. В результате сравнения работы алгоритма с ручным анализом данных, совпадение составило 96 %.

Во второй части работы была проведена оценка и сравнение поведенческих “слов” для выявления неврологического дефицита мышей после моделирования ишемии головного мозга, а также оценка влияния нейропротекторной терапии хлоридом лития, при помощи алгоритма MoSeq. Дополнительно оценивался объем повреждения головного мозга методом МРТ и асимметрия использования передних конечностей в тесте Цилиндр. В результате работы была показана применимость метода MoSeq к оценке неврологического дефицита при ишемическом повреждении, а также нейропротекторное влияние хлорида лития.

В итоге было показано, что использование алгоритмов машинного обучения DeepLabCut и MoSeq позволяет существенно сократить время анализа и оценки поведенческих тестов, снизить человеческий фактор и повысить точность данных.

Финансовая поддержка: грант Российского фонда фундаментальных исследований № 20-54-56028.

ВЛИЯНИЕ КРАНИАЛЬНОГО ПРОТОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ОБЕЗЬЯН

Терещенко Л. В.^{1*}, Бородачева Ю. В.^{1,2}, Жиганов Л. С.^{1,2}, Шамсиев И. Д.², Красавин Е. А.³, Латанов А. В.¹

¹Биологический факультет, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

²Институт Высшей Нервной Деятельности и Нейрофизиологии РАН, г. Москва

³Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна

*e-mail: lter@mail.ru

Радикационные воздействия галактических космических лучей (ГКЛ) в дальних космических полетах с высокой вероятностью могут привести к поражениям ЦНС космонавтов, обуславливающим потенциальные нарушения перцептивных, интегративных и исполнительных процессов. В составе ГКЛ доминируют протоны (92 %), поэтому мы исследовали влияние протонной радиации на поведение обезьян, имитирующее ключевые компоненты операторской деятельности.

Эксперименты выполнены на четырех обезьянах (самцы *Macaca mulatta*: О1-17 лет, О2-15 лет, О3 и О4-10 лет), у которых исследована эффективность выполнения зрительно-моторной задачи (инструментального рефлекса), включающей совершение зрительно вызванных саккад к стимулам разного эксцентриситета (34 позиции) и инструментальных мануальных реакций. Стимулы предъявляли в широком участке поля зрения животных (39 x 26 град.) с целью исследования временных параметров саккад разных амплитуд. Предварительно обученных обезьян после проведения контрольной серии однократно облучали протонами (170 МэВ, 3 Гр) на базе МТК ЛЯП ОИЯИ (г. Дубна, Московской обл.). Экспериментальная серия после облучения составляла три (О1), пять (О2) или шесть (О3, О4) месяцев с дневными сессиями каждые 2-3 дня.

Доли правильных инструментальных реакций после облучения сохранились на высоком уровне 83-95 % у всех обезьян.

Латентные периоды корректных мануальных реакций (ЛМР) значительно увеличились с 5-го дня после облучения у О2 (в среднем с 470 мс до 560 мс). У остальных обезьян отмечалось увеличение средних ЛМР в отдельные дни после облучения.

Латентные периоды саккад (ЛПС) статистически значимо увеличивались с 32-го дня после облучения у О1 (с 205 мс до 215 мс) и затем дополнительно увеличивались на 32 мс и 25 мс по сравнению с контролем на 61-70 и 78-91 дни, соответственно. Уровни ЛПС у остальных обезьян изменялись незначительно и кратковременно. Таким образом, наиболее продолжительные и статистически значимые отклонения ЛМР и ЛПС наблюдались у возрастных обезьян О1 и О2.

Полученные данные свидетельствуют об относительной устойчивости системных механизмов, обеспечивающих условнорефлекторное инструментальное поведение, к протонному воздействию. Увеличение ЛМР и ЛПС,

предположительно, связаны с нарушениями функционирования систем внимания и исполнительного контроля, необходимых для обеспечения движений глаз и рук. Выявленные эффекты протонного облучения, предположительно, можно транслировать на операторскую деятельность человека при радиационных воздействиях в дальнем космосе.

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ № 121032500080-8 и частично при поддержке Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского университета «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект».

МГНОВЕННАЯ НЕЙРООБРАТНАЯ СВЯЗЬ (INEUROFEEDBACK)

Федосов Н. П.^{1,2,3,*}, Семенов И. В.^{1,2}, Аксиотис В. А.¹, Некрасова Ю. Ю.¹, Осадчий А. Е.^{1,2,3}

¹Центр биоэлектрических интерфейсов, НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва

²Институт искусственного интеллекта AIRI, г. Москва

³ООО «BraInstaRT», Московская обл.

*e-mail: np_fedosov@list.ru

Экспериментальные парадигмы современной нейронауки часто подразумевают замкнутый контур взаимодействия с головным мозгом, реализуемый посредством предъявления испытуемому сигнала обратной связи (ОС), отражающего текущую нейронную активность. Предъявление сигнала ОС может осуществляться как посредством естественных органов чувств, так и при помощи воздействия на мозг с использованием методов прямой кортикальной стимуляции. Как правило в качестве информативного сигнала, отражающего активность мозга выступают динамически меняющиеся мгновенная фаза и мощность ритмической активности головного мозга. В современных системах и подавляющем большинстве реализаций экспериментальных парадигм замкнутого контура задержка между изменением информативного нейронного сигнала и моментом предъявления сигнала обратной связи превышает 500 мс, что существенно снижает эффективность процесса оперантного обучения (Belinskaya et al., 2020). Задержки, близкие к нулю, потенциально могут индуцировать естественные эффекты нейропластичности, работающие в коротком временном окне длительностью порядка нескольких десятков миллисекунд.

Мы реализовали алгоритмы фильтрации с малой задержкой cFIR (Smetanin et al., 2020) и SSPE (Wodeyar, 2021), которые обеспечивают оценку параметров ритмов с близкой к нулю задержкой на операционной системе энцефалографа NVX52 (ООО МКС), что позволило сократить технические задержки и довести полную задержку в оценке огибающей до 50 мс, а в оценке фазы 12 мс. Получаемые временные ряды, несущие информацию о мгновенных параметрах огибающей и фазы ритмов мозга, могут быть использованы в системах нейрообратной связи нового поколения.

Оценки эффективности парадигм нейрообратной связи в ряде терапевтических приложений должны быть пересмотрены с учетом зависимости эффективности обучения от величины задержки нейрообратной связи, продемонстрированной в (Belinskaya et al., 2020) и с использованием разработанных нами программно-аппаратных средств технологии мгновенной обратной связи (iNeurofeedback). Область применимости разработанного решения не ограничивается системами нейрообратной связи, но также может быть использована в парадигмах состояниезависимой ТМС стимуляции головного мозга, а также в экспериментах с использованием транскраниальной стимуляции переменным током для привязки фазы стимулирующего сигнала к фазе ритмической активности мозга.

Финансовая поддержка: Исследование осуществлено в рамках Программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2023 году.

РЕКОНСТРУКЦИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАТТЕРНОВ БИОМАРКЕРОВ ОНКОЗАБОЛЕВАНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ КАЛЬЦИЕВЫХ СИГНАЛОВ ГЛОМЕРУЛ ОБОНЯТЕЛЬНОЙ ЛУКОВИЦЫ КРЫСЫ

Федотова В. С.¹, Минакина Д. А.¹, Щербань И. В.², Лысенко Л. В.^{1,3*}

¹Научно-исследовательский технологический центр нейротехнологий ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

²Институт высоких технологий и пьезотехники ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

³Физический факультет ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону

*e-mail: lalv@sfsedu.ru

Первым звеном обработки обонятельной информации в головном мозге является обонятельная луковица (ОЛ). Понимание принципов функциональной организации ОЛ макросматика, например, серой крысы, позволяет создать инструментарий детектирования наличия в воздухе интересующих одорантов. Основой подобного инструментария может быть то свойство ОЛ, что лишь определенные гломерулы активируются при появлении в окружающем воздухе конкретных одорантов, например, биомаркеров онкозаболеваний человека. Восприятие разных биомаркеров обуславливает и различные пространственно-временные паттерны активных гломерул. Следовательно, практическая реализация биогибридных систем, основанных на декодировании подобной сенсорной информации, может обеспечить возможность скрининга и ранней диагностики онкозаболеваний.

Научное издание

**Сборник тезисов
XXIV съезда
физиологического общества
им. И. П. Павлова**

Санкт-Петербург, 11–15 сентября 2023 г.

Под общ. ред. член-корр. РАН, д.б.н. М. Л. Фирсова

Оригинал-макет **О. В. Кручинина**
Корректura **Ю. М. Бочина, О. С. Алексеева**
Дизайн обложки **С. Буланов**

ГОСТ 7.60–003 СИБИБД

Утверждено Федеральным государственным бюджетным учреждением науки
Институтом эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова
Российской академии наук

194223, Санкт-Петербург, пр. Тореца, 44.

Подписано в печать 19.08.2023. Формат 84 × 84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 71,15. Тираж 1000 экз. Заказ № 2109.

Отпечатано в Издательстве ВВМ.
198095, Санкт-Петербург, ул. Швецова, 41.