

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

---

УДК 612  
ББК 28.9  
С23

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.

ISBN 978-5-9651-1500-6

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова Российской академии наук (ИЭФБ РАН), 2023 г.

**МОДУЛЯЦИЯ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА ПРИ АКТИВАЦИИ СПИНАЛЬНЫХ ЯДЕР  
МЫШЦ-РАЗГИБАТЕЛЕЙ**

Шандыбина Н. Д.<sup>1,\*</sup>, Гвоздева А. П.<sup>1,2</sup>, Тимофеева О. П.<sup>1,2</sup>, Андреева И. Г.<sup>2</sup>, Мошонкина Т. Р.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН, г. Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН, г. Санкт-Петербург

\*e-mail: shandibinan@infran.ru

Адресная чрескожная стимуляция спинного мозга (ЧССМ) во время ходьбы может активировать мышцы-разгибатели, связанные с поддержанием постурального баланса (Gorodnichev et al., 2021). При ЧССМ на уровне позвонков L1-L2 в фазе опоры было зарегистрировано увеличение коактивации мышц бедра и голени (Moshonkina et al., 2021), которое должно приводить к повышению жесткости суставов. Данный результат предполагает, что ЧССМ на уровне позвонков L1-L2 может быть использована для влияния на вертикальную устойчивость. Цель работы – исследование постуральных показателей при адресной ЧССМ.

Здоровые добровольцы (N=6, 28±5 лет) с левой опорной ногой были отобраны по типу сенсорно-когнитивного стиля, который влияет на стратегию поддержания вертикального баланса (Тимофеева и др., 2020). Полезависимые испытуемые стояли в анэксидной камере на стабилметрической платформе с закрытыми глазами в стандартной вертикальной позе – пятки вместе, носки врозь, руки опущены вниз вдоль тела. Регистрацию стабиллограммы проводили в течение 30 с при четырех условиях: без ЧССМ (контроль) – 1; с ЧССМ (длительность импульса 1 мс, 20 Гц, модуляция 5 кГц) между позвонками L1-L2 по центральной оси позвоночника над спинным мозгом – 2; левее оси позвоночника, над левыми корешками спинного мозга – 3; правее оси, над правыми корешками спинного мозга – 4. Интенсивность ЧССМ подбирали индивидуально и отдельно для каждого условия таким образом, чтобы ЧССМ ощущалась, но не вызывала дискомфорта. Каждое условие повторялось дважды в случайном порядке. Для сравнения результатов использован критерий Вилкоксона, достоверными считали различия при  $p < 0.05$ .

Стабилографические показатели достоверно отличались от контроля при ЧССМ по центральной оси и слева, но не справа. При ЧССМ по центру увеличивались разбросы положений центра давления по сагиттальной и фронтальной осям, что приводило к росту эффективной площади стабиллограммы в 1.5 раза – с 162 до 237 мм<sup>2</sup>, а также средняя длина траектории центра давления по фронтальной оси с 163 до 184 мм. При стимуляции корешков спинного мозга слева увеличивались разброс положений центра давления по фронтальной оси с 2.81 до 3.3 мм и площадь эллипса с 162 до 210 мм<sup>2</sup>. Таким образом, у здоровых людей с полезависимым сенсорно-когнитивным стилем наблюдали уменьшение устойчивости вертикальной позы при ЧССМ по центру и слева на уровне моторных ядер разгибателей.

*Финансовая поддержка: грант Российского научного фонда № 23-25-00226.*

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТА ЭПИДУРАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА  
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО КОНТРОЛЯ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ  
У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ СПИННОГО МОЗГА**

Яковлева Е. И.<sup>1,\*</sup>, Милицкова А. Д.<sup>1</sup>, Мухаметова Э. Р.<sup>1</sup>, Андрианов В. В.<sup>1</sup>, Лавров И. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, г. Казань

<sup>2</sup>Mayo Clinic, Рочестер, Миннесота, США

\*e-mail: bloom9876@mail.ru

Травма спинного мозга (ТСМ) и ее последствия представляют собой актуальную проблему для современной биомедицины. Перспективным методом восстановления двигательных функций является эпидуральная электростимуляция спинного мозга (ЭССМ). Этот метод с помощью имплантации электродов в эпидуральное пространство позволяет селективно воздействовать на нейрональные спинальные сети. Представляется актуальным изучение эффектов ЭССМ на восстановление произвольных движений у пациентов с ТСМ.

В исследовании принимали участие 5 испытуемых добровольцев (4 мужчин и 1 женщина) с ТСМ на уровне C5 и Th3–T12 позвонков в возрасте от 19 до 36 лет, с давностью травмы от 2 до 8 лет, со степенью травмы AIS B (American Spinal Injury Association Impairment Scale). Сигналы поверхностной электромиографии (ЭМГ) регистрировали в m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. tibialis anterior и m. gastrocnemius medianus с помощью датчиков беспроводной системы Trigno Delsys (Delsys Inc., США). ЭССМ проводилась с частотой 20-35 Гц и интенсивностью стимула 3,5-10 В (Medtronic Inc, США) и 3,5-9,5 мА (Boston Science, США). Для каждого субъекта программа стимуляции подбиралась индивидуально. Во время исследования субъекты располагались на кушетке в положении лежа на боку в системе разгрузки веса тела (Redcord, Норвегия). Для оценки произвольного контроля мышц нижних конечностей субъектам была поставлена задача выполнить движение ногой, расположенной в подвесе (одновременное сгибание ноги в тазобедренном, коленном и голеностопном суставе) с максимальным усилием при ЭССМ. Регистрировали ЭМГ субъектов при первом сеансе ЭССМ (через 1 месяц после имплантации) и после прохождения в среднем 10 сеансов ЭССМ.

Все субъекты уже во время первого сеанса ЭССМ смогли выполнить произвольное сгибание нижней конечности, невозможное в отсутствии стимуляции. При этом после прохождения курса ЭССМ 3 из 5 субъектов проде-

монстрировали достоверное увеличение амплитуды ЭМГ произвольной активности в 3 из 4 исследуемых мышцах ( $p \leq 0.05$ ), и 2 участника – увеличение амплитуды ЭМГ в 1 и 4 исследуемых мышцах ( $p \leq 0.05$ ).

Таким образом, ЭССМ позволяет выполнить произвольное движение нижними конечностями пациентам с ТСМ, при этом полученные результаты демонстрируют, что применение курса ЭССМ увеличивает показатели мышечной активности при произвольном движении.

*Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).*

## **Симпозиум Физиология дыхания: перспективные направления исследований**

### **ОРГАНИЗАЦИЯ КОРТИКАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ РЕСПИРАТОРНОЙ ФУНКЦИИ В КОНТЕКСТЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ВОСЬМИУРОВНЕВОЙ МОДЕЛИ НЕЙРОВИСЦЕРАЛЬНОЙ ИНТЕГРАЦИИ**

Александров В. Г. \*, Александрова Н. П.

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

\*e-mail: alexsandrovv@infran.ru

Выяснение механизмов кортикального контроля респираторной функции лёгких остаётся одной из фундаментальных проблем физиологии дыхания и нейрофизиологии. Для решения этой проблемы предлагается использовать иерархическую восьмиуровневую модель нейровисцеральной интеграции (NVI), которая описывает взаимосвязь между активностью висцеральных систем, когнитивными функциями и эмоциональными реакциями. В основу модели была положена концепция центральной автономной сети (CAN); активность этой сети обеспечивает адаптивные реакции висцеральных систем. В состав CAN включают структуры, находящиеся на разных уровнях нервной оси, от коры до преганглионарных нейронов автономной нервной системы и мотонейронов респираторных мышц. Эти нейроны образуют выходы из CAN, и по их активности можно судить о состоянии сети. При построении модели NVI для этой цели была использована активность блуждающего нерва, которую оценивали путём расчёта показателей variability сердечного ритма (HRV). В состав CAN входят области префронтальной коры (РС), которые расположены на медиальной и латеральной поверхностях больших полушарий и участвуют в контроле дыхания и кровообращения. Согласно иерархической модели NVI, эти две области, вместе с РС орбитофронтальной поверхности, образуют шестой уровень интеграции, который обеспечивает интегрированный контроль, основанный на восприятии текущего висцерального и соматического состояния. Это представление о функциях шестого уровня NVI основано на результатах морфологических и нейровизуализационных экспериментов и указывает на наличие функционального взаимодействия между указанными областями РС. С точки зрения нейрофизиологии и применительно к проблеме кортикального контроля внешнего дыхания оно предполагает необходимость исследования и описания механизмов взаимодействия упомянутых областей коры в процессе модуляции паттерна дыхания. Необходимо также разработка методов, позволяющих интегрированно характеризовать паттерны дыхания и паттерны активности нервов респираторных мышц, подобно тому, как HRV характеризует активность блуждающего нерва. Известны попытки использовать для этой цели показатель variability респираторного ритма, но требуется дальнейшее теоретическое обоснование и экспериментальное исследование данного метода. Таким образом, использование иерархической модели NVI при исследовании процессов кортикального контроля респираторной функции перспективно, однако сопряжено с определенными трудностями методологического и методического характера.

*Финансовая поддержка: Государственная программа «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» Тема 64.1 (0134-2019-0001) «Раскрытие механизмов взаимодействия молекулярно-клеточных и системных регуляций внутренних органов».*

### **ВЛИЯНИЕ 21-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ВЕНТИЛЯЦИОННУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К УГЛЕКИСЛОМУ ГАЗУ**

Ермолаев Е. С. \*, Шулагин Ю. А., Паршин К. С., Зарипов Р. Н., Дьяченко А. И.

*Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва*

\*e-mail: 1861894@mail.ru

В условиях космического полета (КП) есть факторы, которые могут изменить вентиляционную чувствительность: повышенное содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере, микрогравитация, изменённое гравитационно-зависимое давление крови в мозге и у периферических рецепторов кардиореспираторной системы, изменение механических свойств легких и грудной клетки. Для понимания возможных эффектов и механизмов полезны эксперименты, в которых эти факторы разделены. Одним из распространенных способов моделирования условий микрогравитации на Земле