

**IX Всероссийская с международным участием
конференция с элементами научной школы
по физиологии мышц и мышечной деятельности,
посвящённая памяти Е.Е. Никольского**

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ
КЛАССИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**



ГНЦ РФ – ИМБП РАН

18-21 марта 2019 г.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ КЛАССИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Материалы IX Всероссийской
с международным участием конференции
с элементами научной школы
по физиологии мышц и мышечной деятельности,
посвященной памяти Е. Е. Никольского
(г. Москва, 18—21 марта 2019 г.)

*Под общей редакцией
члена-корреспондента РАН,
доктора медицинских наук, профессора И. Б. Козловской;
доктора биологических наук, профессора О. Л. Виноградовой;
доктора биологических наук, профессора Б. С. Шенкмана*

Москва
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
2019

УДК 612.7+591.17
ББК 28.707.3+28.673
Н76

Новые подходы к изучению классических проблем [Текст] : материалы IX Всероссийской с международным участием конференции с элементами научной школы по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной памяти Е. Е. Никольского (г. Москва, 18—21 марта 2019 г.) / под общ. ред. И. Б. Козловской, О. Л. Виноградовой, Б. С. Шенкмана. — М. : ГНЦ РФ — ИМБП РАН, 2019. — 150 с.

ISBN 978-5-902119-54-8

В сборник включены материалы IX Всероссийской с международным участием конференции с элементами научной школы по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной памяти Е. Е. Никольского «Новые подходы к изучению классических проблем» (г. Москва, 18—21 марта 2019 г.). Программа конференции включает фундаментальные вопросы управления движением (нейрофизиологические и биомеханические аспекты), структуры и функции скелетных мышц при функциональной разгрузке, напряженной мышечной деятельности в осложненных условиях и другие вопросы, имеющие возможные практические выходы в восстановительную и космическую медицину, спорт. Будет проведено пленарное заседание и секционные заседания по каждому из направлений. Материалы сборника отражают современное состояние соответствующих научных направлений и предназначены для студентов и преподавателей университетов, медицинских, педагогических и физкультурных учебных заведений, специалистов в области физиологии движений, нервно-мышечной физиологии, клеточной физиологии и биохимии мышц, физиологии упражнений, спортивной физиологии и биохимии.

Proceedings of the 9th Russian national Conference with international participation on Muscle and Exercise Physiology «New approaches to study of the classical problems» — 18—21 March 2019 Moscow Russia. Edited by I. Kozlovskaya, O. Vinogradova and B. Shenkman — Moscow: SRC RF — IBP RAS, 2019. The current fundamental studies in cellular and molecular mechanisms in motor control, physical exercise as well as skeletal muscle plasticity are combined with the problems of life science contribution to medicine and with new technologies in space, sport and rehabilitation medicine. This issue is assigned to advanced students, physiologists, clinicians and physical educators.

УДК 612.7+591.17
ББК 28.707.3+28.673

ISBN 978-5-902119-54-8

© ГНЦ РФ—ИМБП РАН, 2019
© Изд. оформление.
Издательско-полиграфический центр
«Научная книга», 2019

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ —
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

ФАКУЛЬТЕТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

ПРОГРАММА

IX Всероссийской с международным участием
конференции с элементами научной школы
по физиологии мышц и мышечной деятельности,
посвященной памяти Е. Е. Никольского,
«Новые подходы к изучению классических проблем»
(г. Москва, 18—21 марта 2019 г.)

Москва
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
2019

Практика задает вопросы теории

Конференция посвящена памяти академика РАН Е. Е. Никольского, ушедшего от нас 14 июня 2018 года.

Е. Е. Никольский — выдающийся российский ученый, исследователь молекулярных механизмов нервно-мышечной передачи в норме и при патологии, открывший ряд закономерностей синаптической передачи, создавший несколько лекарственных форм ингибиторов ацетилхолинэстеразы, эффективно применяющихся в клинической практике.

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации — Институт медицины-биологических проблем Российской академии наук

Факультет фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова

Проблемная комиссия по нейрофизиологии/физиологии движения Научного Совета по физиологическим наукам Российской академии наук

Конференция проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 19-015-20018).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Научный организационный комитет

Козловская Инеса Бенедиктовна, д. м. н., проф., член-корр. РАН (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) — председатель;

Ткачук Всеволод Арсеньевич, д. б. н., проф., академик РАН, (Факультет фундаментальной медицины МГУ имени М. В. Ломоносова) — председатель;

Виноградова Ольга Леонидовна, д. б. н., проф. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) — зам. председателя;

Шенкман Борис Стивович, д. б. н., проф. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) — ученый секретарь;

Сонькин Валентин Дмитриевич, д. м. н., проф. (Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма);

Городничев Руслан Михайлович, д. б. н., проф. (Великолукская государственная академии физической культуры и спорта)

Томиловская Елена Сергеевна, к. б. н. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Рабочий оргкомитет

Козловская И. Б. (председатель),

Виноградова О. Л.,

Шенкман Б. С.,

Томиловская Е. С.,

Романов А. Н.,

Каминская С. В.,

Семенкова Т. В.,

Кантемирова Е. В. (информационное обеспечение),

Парамонова И. И. (подготовка сборника материалов конференции),

Шарова А. П. (ответственный секретарь).

Все заседания будут проводиться по адресу
г. Москва, 123007, Хорошевское шоссе, д. 76А

Регистрация по месту проведения конференции
18 марта 2019 г. 9.00—14.00

Участников стендовой секции просят заблаговременно разместить
стендовые сообщения.

Программа конференции включает фундаментальные вопросы управления движением (нейрофизиологические и биомеханические аспекты), структуры и функции скелетных мышц при функциональной разгрузке, напряженной мышечной деятельности в осложненных условиях, а также другие вопросы, имеющие возможные практические выходы в восстановительную и космическую медицину, спорт. Ведущие специалисты из России и других стран в области физиологии, клеточной физиологии, биохимии и реабилитологии будут приглашены для выступления на симпозиумах.

В рамках конференции будет организован конкурс стендовых докладов молодых ученых (до 35 лет).

Тезисы докладов будут опубликованы в сборнике материалов конференции с элементами научной школы.

18 марта 2019 г.

10:00—12:30

Пленарное заседание

Председатели: Козловская И. Б., Виноградова О. Л., Шенкман Б. С.

Бухараева Э. А. (*Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ «Казанский научный центр РАН»*)

Вклад академика РАН Е. Е. Никольского в исследования проблемы передачи возбуждения от мотонейрона к мышечному волокну

Анохин К. В. (*НИЦ «Курчатовский институт»*)

Новое поколение технологий прецизионной визуализации и контроля функций нервной системы

Мошонкина Т. Р., Пухов А. М., Томиловская Е. С., Козловская И. Б., Герасименко Ю. П. (*ИФ им. И. П. Павлова РАН, ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)
Воображаемые движения как способ нейромодуляции кортикоспинальных взаимодействий

Левик Ю. С., Сметанин Б. Н., Кожина Г. В., Попов А. К. (*Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича РАН, Москва*)

Адаптация системы поддержания вертикальной позы к дестабилизации зрительного окружения при многократном повторении проб

Рощин В. Ю., **Павлова О. Г.,** Сидорова М. В., Иванова Г. Е. (*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва*)

Объективная оценка степени сохранности проприоцептивного восприятия движений руки

Шапкова Е. Ю. (*Центр патологии позвоночника, ФГБУ «СПбНИИ фтизиопульмонологии Минздрава России»*)

Проявления активность-зависимой нейропластичности при хроническом посттравматическом поражении взрослого спинного мозга у человека

14:00—15:30

Секция 1, заседание 1

Наземные модели микрогравитации

Председатели: И. Б. Козловская, В. А. Селионов

Paloski W., M. Reschke, A. Feiveson (NASA) Bed Rest and Intermittent Centrifugation Effects on Human Balance and Neuromotor Reflexes

Козловская И. Б. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Двигательные эффекты длительного пребывания в условиях гравитационной разгрузки на примере годичной антиортостатической гипокинезии (АНОГ)

Томиловская Е. С., Шигуева Т. А., Рукавишников И. В., Козловская И. Б. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

«Сухая» иммерсия — наземная модель физиологических эффектов

Мейгал А. Ю., Герасимова-Мейгал Л. И., Прохоров К. С., Попадейкина Н. А., Саенко И. В. (Петрозаводский государственный университет, ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Электромиограмма, функция равновесия и ходьбы у больных паркинсонизмом в течение курса «сухой» иммерсии и при однократной иммерсии

Savelev I. (NASA)

Perspectives of isolation studies for interplanetary missions

Шпаков А. В., Воронов А. В. (НИИ космической медицины ФМБА, Федеральный научный центр физической культуры и спорта)

Использование видеоанализа движений и анализа ЭМГ в оценке функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека при гравитационной разгрузке

Савеко А. А., Томиловская Е. С., Козловская И. Б. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) Исследование влияния «сухой» иммерсии на морфологические характеристики стопы

16:00—18:00

Секция 1, заседание 2

Технологии будущего в нейрореабилитации

Председатели: Бирюкова Е. В., Саенко И. В.

Sayenko D. G., Gill M. G., Grahn P. J., Calvert J. S., Linde M. B., Lavrov I. A., Strommen J. A., Beck L. A., Van Straaten M. G., Drubach D. I., Veith D. D., Thoreson A. R., Lopez C., Gerasimenko Y. P., Edgerton V. R., Lee K. L., Zhao K. D. (Houston Methodist Research Institute, UCLA, ИФ им. И. П. Павлова)

Neuromodulation of spinal networks recovers independent stepping and stepping after complete paraplegia

Бирюкова Е. В., Кондур А. А., Фролов А. А., Бобров П. Д. (Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва)

Биомеханические параметры, характеризующие восстановление движений после инсульта

Edgerton V. R., Герасименко Ю. П., Мошонкина Т. Р. (UCLA, ИФ им. И. П. Павлова РАН)

Новая стратегия прямого и опосредованного управления локомоторными и постуральными функциями поврежденного спинного мозга с помощью неинвазивных стимулирующих воздействий

Боброва Е. В., Решетникова В. В., Фролов А. А., Герасименко Ю. П. (ИФ им. И. П. Павлова РАН, ИВНДиНФ РАН, РНИМУ им. Н. И. Пирогова)

Успешность воображения движений правой, но не левой руки при управлении мозг-компьютерным интерфейсом зависит от уровня нейротизма

19 марта 2019 г.

09:30—12:30

Секция 1, заседание 2

Технологии будущего в нейрореабилитации

Председатели: Бирюкова Е. В., Саенко И. В.

Саенко И. В., Черникова Л. А. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Исследование функциональной коннективности моторных зон головного мозга, участвующих в кортикальном контроле ходьбы в норме и при патологии

Saner H., Schütz N., Urwyler P., Nef T. (ARTORG Center for Biomedical Engineering Research, University of Bern)

Passive infrared motion detectors for quantification of physical activity in elderly people

Полтавская М. Г. (Первый МГМУ им. И. М. Сеченова)

Электромиостимуляция скелетных мышц как метод реабилитации больных с ХСН (хронической сердечной недостаточностью)

Мельников А. А., Смирнова П. А., Черкашин А. Е., Николаев Р. Ю., Викулов А. Д. (*Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского, Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П. А. Соловьева*)

Стретчинг-тренировка нижних конечностей повышает одноопорное постуральное равновесие

Рощин В. Ю., Бадаквa А. М., Миллер Н. В., Зобова Л. Н. (*ИВНДиНФ РАН, ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Технология формирования искусственного сенсорного канала с функциями проприоцепции на основе инвазивной микроstimуляции коры у обезьян

Благовещенский Е., Агранович О., Кононова Е., Габбасова Е., Рождественский В. (*НИИ ВШЭ, Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г. И. Турнера*)

Оценка эффектов трансвертебральной стимуляции постоянным током у детей больных артрогрипозом

19 марта 2019 г.

14:00—18:00

Стендовая сессия

20 марта 2019 г.

09:30—12:30

Секция 2, заседание 1

Сократительная функция мышц и её нейрональный контроль (2-е Наследовские чтения)

Председатели: Шенкман Б. С., Кривой И. И.

Балезина О. П. (*Биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова*)
Режимы мышечной активности, влияющие на работу моторных синапсов

Кривой И. И. (*Санкт-Петербургский государственный университет*)
Na, K-АТФаза и гарантийный фактор нервно-мышечной передачи

Цатурян А. К. (*НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова*)
Механочувствительность миозиновых нитей в саркомерах поперечно-полосатых мышц позвоночных: гипотеза и факты

Шенкман Б. С. (*ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Пусковые механизмы гипогравитационной перестройки постуральной мускулатуры

Немировская Т. Л., Шенкман Б. С. (*ГНЦ РФ ИМБП РАН*)

Механизмы экспрессии E3-лигаз

Попова С. С., Уланова А. Д., Грицына Ю. В., Салмов Н. Н., Михайлова Г. З., Бобылёв А. Г., Рогачевский В. В., Моренков О. С., Захарова Н. М., **Вихлянцев И. М.** (*Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН*)
Факторы протеостаза в поперечнополосатых мышцах гиберналирующих животных

20 марта 2019 г.

14:00—18:00

Секция 2, заседание 2

Молекулярные механизмы поддержания клеточного гомеостаза скелетной мускулатуры в норме и в патологии

Председатели: Немировская Т. Л., Брындина И. Г.

Бажутина А. Е., Балакина-Викулова Н. А., Кацнельсон Л. Б., **Соловьева О. Э.**, Панфилов А. В. (*Институт иммунологии и физиологии УрО РАН*)
Исследование влияния электротонического взаимодействия между кардиомиоцитом и фибробластами на функцию кардиомиоцита в рамках компьютерной модели

Кравцова В. В., Кривой И. И. (*Санкт-Петербургский государственный университет*)

Характеристики моторных концевых пластинок при различных формах хронических нарушений двигательной активности

Белова С. П., Мочалова Е. П., Шарло К. А., Парамонова И. И., Шенкман Б. С. (*ГНЦ РФ ИМБП РАН*)

Влияние стимуляции опорных зон стопы на экспрессию E3-убиквитинлигаз MURF-1 и MAFbx при функциональной разгрузке m. soleus крысы

Брындина И. Г., Овечкин С. В., Шалагина М. Н. (*Ижевская государственная медицинская академия*)

К вопросу о нейрональном контроле регуляции сфинголипидных механизмов и инсулинового сигналинга в разгруженной скелетной мышце

Галиуллина Н. В., Львова И. Д., Федянин А. О., Балтина Т. В., Еремев А. А. (*Казанский (Приволжский) федеральный университет*)

Состояние нейро-моторного аппарата камбаловидной мышцы крысы при антиортостатическом вывешивании, сочетанном с электростимуляцией спинного мозга

Тыганов С. А., Мирзоев Т. М., Рожков С. В., Мочалова Е. П., Шенкман Б. С. (*ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Влияние опорной стимуляции на анаболические процессы на фоне восстановления после 14-суточной гравитационной разгрузки

Шарло К. А., Парамонова И. И., Каламкаров Г. Р., Шенкман Б. С. (*ГНЦ РФ ИМБП РАН*)

NO-зависимые и GSK-3 β -зависимые механизмы регуляции фенотипа волокон камбаловидной мышцы крыс при гравитационной разгрузке

Тяпкина О. В., Нуруллин Л. Ф. (*Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ Казанский научный центр РАН*)

Пресинаптическая модуляция процессов нейросекреции в мионевральном синапсе при опорной разгрузке

Мочалова Е. П., Белова С. П., Шенкман Б. С., Немировская Т. Л. (*ГНЦ РФ ИМБП РАН*)

Роль MAP-киназы P38 в регуляции экспрессии Е3-лигаз на ранних сроках функциональной разгрузки m. soleus крысы

21 марта 2019 г.

09:30—12:30

Секция 3, заседание 1

Молекулярные и физиологические механизмы адаптации к сократительной активности

Председатели: Орлов С. Н., Попов Д. В.

Орлов С. Н. (*Биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова*) Электростимуляция как фактор регуляции экспрессии генов в миотубулах C2C12: доказательство вовлечения Ca²⁺-независимой сигнальной системы

Гусев О. А. (*Казанский федеральный университет*)

Атлас транскрипции регуляторных элементов в мышцах человека и приматов

Попов Д. В., Махновский П. А., Лысенко Е. А., Гусев О. А., Виноградова О. Л. (*ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Изменения генной экспрессии в скелетной мышце человека после однократной и регулярных аэробных физических нагрузок

Махновский П. А., Згода В. Г., Гусев О. А., Попов Д. В., Виноградова О. Л. (*ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Регуляция содержания высокопредставленных белков в скелетной мышце человека в ответ на аэробную тренировку

Лысенко Е. А., Вепхвадзе Т. Ф., Попов Д. В. (*ГНЦ РФ — ИМБП РАН*)

Сигнальные эффекты силовых упражнений высокой и умеренной интенсивности в нетренированной и адаптированной к силовым упражнениям скелетной мышце

Дмитриева Р. И., Иванова О. А., Лелявина Т. А., Галенко В. Л., Сергушичев А. (*ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России*)

Анализ транскриптома выявил влияние физических тренировок на молекулярные механизмы регуляции роста и метаболизма мышечной ткани у пациентов с ХСН

Бобылев А. С., Мельников А. А. (*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского», ФГКВООУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны РФ*)

Повышенная вариабельность сердечного ритма у спортсменов-гребцов ассоциирована с аллелями I гена ACE

21 марта 2019 г.

14:00—18:00

Секция 3, заседание 2

Системные показатели адаптации к сократительной активности
Председатели: Сонькин В. Д., Виноградова О. Л.

Сонькин В. Д., Якушкин А. В. (*РГУФКСМиТ, (ГЦОЛИФК) Москва*)
Неравномерность процесса адаптации к стандартной циклической нагрузке

Крючков А. С., **Мякинченко Е. Б.** (ФНЦ ВНИИФК, ФГБУ ЦСП) Реализационная эффективность» нервно-мышечного аппарата как характеристика специфичности моторного потенциала спортсменов в циклических видах спорта

Городничев Р. М., Моисеев С. А., Поповская М. Н. (Великолукская государственная академия физической культуры и спорта)

Регуляция мышечных сокращений у спортсменов, адаптированных к ситуационной и стереотипной двигательной деятельности

Боровик А. С., Орлова Е. А., Виноградова О. Л. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН) Барорефлекторная активность во время физической работы различной интенсивности.

Виноградова О. Л., Орлова Е. А., Негуляев В. О., Тарасова О. С., Рогоза А. Н., Боровик А. С. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Нарушение барорефлекторной синхронизации артериального давления и сердечного ритма при ортостазе во время длительного пребывания в «сухой» иммерсии и у больных с вазовагальными обмороками

Борзых А. А., Кузьмин И. В., Нестеренко А. М., Гайнуллина Д. К., Тарасова О. С. (ГНЦ РФ — ИМБП РАН)

Произвольный бег крыс в колесе: связь тренировочных эффектов с показателями беговой активности

Черепкина Л. П. (Сибирский государственный университет физической культуры и спорта)

Гендерные различия показателей variability ритма сердца у спортсменов, прошедших курс нейробиоуправления

ПРОГРАММА СТЕНДОВОЙ СЕССИИ

19 марта 2019 г.

14:00—18:00

Наземные модели микрогравитации

Сенсомоторная оценка иллюзий Понзо и Мюллер-Лайера в течение 21-суточной «сухой» иммерсии

Соснина И. С., Ляховецкий В. А., Зеленский К. А., Карпинская В. Ю., Томиловская Е. С.

Технологии будущего в нейрореабилитации

Количественная оценка двигательных нарушений у детей с церебральным параличом по данным видеонализа

Аксенов А. Ю., Долганова Т. И., Попков Д. А., Долганов Д. В.

Влияние разноуровневой стимуляции спинного мозга на тонусную активность мышц нижних конечностей

Барканов М. Г.

Выявление тремора при выполнении поструральных и двигательных задач у человека

Бикчентаева Л. М., Ребик А. А., Яфарова Г. Г.

Влияние электрической стимуляции спинного мозга на ЭМГ-паттерны шагательных движений при разной мощности афферентации от опорно-двигательного аппарата

Гладченко Д. А., Челноков А. А., Рощина Л. В.

Оценка динамики локомоторных возможностей пациентов с плегиями при тренировках ходьбы в экзоскелете «Экзоатлет»

Григорьева Е. В., Ларионова Ю. Е., Емельяников Д. В., Шапкова Е. Ю.

Паттерны координации движений рук и ног при ходьбе в экзоскелете «Экзоатлет» у пациентов с нижними параплегиями

Емельяников Д. В., Шапкова Е. Ю.

Позные колебания человека при поворотах туловища в симметричной и асимметричной стойке
Казенников О.В., Талис В.Л.

Исследование перекрестных влияний во время упреждающих изменений двигательной активности
Казенников О.В., Кириева Т.Б., Шлыков В.Ю.

Механические модели и анализ результатов стабилметрических исследований
Кручинин П.А.

Изменение МПС мышц ног человека после космического полёта с учетом предполётного уровня силовых качеств
Кукоба Т.Б. Фомина Е.В. Бабич Д.Р.

Магнитная стимуляция в исследовании функционального состояния нейромоторного аппарата у представителей различных видов спорта
Ланская Е.В.

Реакция сердечно-сосудистой системы на тренировку ходьбы в экзоскелете у пациентов с посттравматическими плегиями
Ларионова Ю.Е., Григорьева Е.В., Емельяников Д.В., Шапкова Е.Ю.

Кинематические характеристики усложненных локомоций после длительных космических полетов
Лысова Н.Ю., Фомина Е.В.

Влияние длительной низкочастотной электромагнитной стимуляции спинного мозга на сократительную способность мышц голени
Маркевич В.В., Иванов С.М.

Кондиционирование вызванных ответов мышц нижних конечностей на чрескожную стимуляцию спинного мозга
Милицкова А.Д., Бикчентаева Л.М., Яфарова Г.Г., Балтина Т.В.

Эффект непрерывной электрической стимуляции спинного мозга на биомеханические характеристики движений ног в разные фазы бегового цикла
Михайлова Е.А.

Коррекция нарушения осанки у детей-аутистов, обучающихся в центре специального образования

Пивоварова Е. А., Пименова А. А.

Электромиографическое исследование регуляции произвольных быстрых циклических движений с изменением их направления

Пискунов И. В.

Представление об Образе-Алгоритме как о механизме действия руки предметом

Пляшкевич В. Л.

Изменения артериального давления в ответ на физические и воображаемые нагрузки

Попова Е. В., Гарькина С. В., Мошонкина Т. Р.

Управление супраспинальной нейрональной активностью посредством приема эндорфина

Пухов А. М., Моисеев С. А., Иванов П. В., Иванов С. М.

Различия волновых процессов в коре мозга при выполнении ритмических движений и их демонстрации у здоровых испытуемых и у пациентов после инсульта

Селионов В. А., Солопова И. А., Жванский Д. С., Атанов М. С.

Влияние первичного травматического повреждения спинного мозга на параметры моторных вызванных ответов мышц задней конечности крысы

Силантьева Д. И., Ямалитдинова Э. И., Балтина Т. В.

Кардиоваскулярная автономная дисфункция у пациентов с рассеянным склерозом: временные и спектральные характеристики variability ритма сердца

Сиренев И. М., Сиренева Н. В., Герасимова-Мейгал Л. И.

Реакции мышц на их пассивное укорочение у здоровых детей первого года жизни

Солопова И. А., Селионов В. А., Жванский Д. С., Долинская И. Ю., Кешшян Е. С.

Направленная коррекция корковой электрической активности посредством бос-тренинга по позной устойчивости и ЭЭГ у лиц с СДВГ

Трембач А. Б., Пономарева Т. В., Самарский Д. М., Миниханова Е. Р.

Психофизиологические параметры у больных паркинсонизмом во время курса «сухой» иммерсии

Третьякова О. Г., Мейгал А. Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Субботина Н. С., Саенко И. В.

About the work of the brain in general individual and social consequences
Urynbayev S. H.

Уровень двигательной активности и аэробные возможности участников эксперимента с краткосрочной изоляцией

Уськов К. В., Резванова С. К., Бабич Д. Р., Фомина Е. В.

Энергообеспечение мышечной деятельности после длительного пребывания человека в невесомости

Фомина Е. В., Резванова С. К., Лысова Н. Ю.

Изменения спинальных моносинаптических рефлексов человека при острых и интервальных гипоксических воздействиях

Шилов А. С., Уляшева Е. А., Лахтионов А. В., Изъюров В. Д.

Сократительная функция мышц и её нейрональный контроль (2-е Наследовские чтения)

Потенцирование спонтанной секреции медиатора в зрелых и новообразованных синапсах мышцы под действием тромбина

Правдивцева Е. С., Богачева П. О., Балезина О. П.

Постсинаптические эффекты эндогенной и экзогенной АТФ в моторных синапсах мышцы

Проэнса Гарсия А., Митева А. С., Богачева П. О., Балезина О. П.

Синапс *in vitro* как модель исследования межклеточной сигнализации

Сибгатуллина Г. В., Мухитов А. Р., Маломуж А. И.

Действие *BDNF* на спонтанную и вызванную секрецию ацетилхолина в моторных синапсах мышцы

Тарасова Е. О., Молчанова, А.И., Митева А. С., Гайдуков А. Е., Балезина О. П.

Молекулярные механизмы поддержания клеточного гомеостаза скелетной мышцы в норме и в патологии

Эффективность полимерных конъюгатов в доставке метилпреднизолона при травме спинного мозга

Балтин М. Э., Сабирова Д. Э., Ямалитдинова Э. И., Балтина Т. В.

Влияние АМРК на активность сигнального пути *MTOR* в *m. soleus* крыс при восстановлении

Вильчинская Н. А., Шенкман Б. С.

Анализ транскриптома диафрагмы мышцы после 30-суточного орбитального полета на биоспутнике «БИОН-М1» и последующей 7-суточной реадаптации

Кузнецов М. С., Лисюков А. Н., Резвяков П. Н., Исламов Р. Р.

Кальпаин-зависимая деградация белков цитоскелета и ее влияние на жесткость *m. soleus* в условиях моделируемой невесомости

Мельников И. Ю., Шарло К. А., Тыганов С. А., Выхлянцева И. М., Шенкман Б. С.

Изменения мембранного церамида в камбаловидной мышце при функциональной разгрузке на фоне ишемии

Протопопов В. А., Секунов А. В., Брындина И. Г.

Роль нервных влияний в атрофии тенотомированной камбаловидной мышцы кролика

Туртикова О. В., Шарло К. А., Львова И. Д., Балтина Т. В., Шенкман Б. С.

Состояние нейро-моторного аппарата икроножной мышцы крысы при гравитационной разгрузке и пассивном растяжении

Федянин А. О., Еремеев А. А., Балтина Т. В., Саченков О. А.

Молекулярные механизмы адаптации к сократительной активности

Влияние аэробной тренировки на регуляцию содержания митохондриальных ферментов и транскрипционных факторов в скелетной мышце человека

Боков Р. О., Лысенко Е. А., Попов Д. В.

Анализ возрастных изменений в миокарде двух отделов сердца японского перепела

Ганеева И. А.

Экспрессия гена *IGF1* в культуре миотуб, полученных от доноров разных возрастов

Леднев Е. М., Кравченко И. В., Фуралев В. А., Дубров В. Э., Попов Д. В.

Системные показатели адаптации к сократительной активности

Физиологические факторы, влияющие на постуральный контроль высококвалифицированных биатлонистов в момент стрельбы во время имитации спринтерской гонки

Андреева А. М., Ваваев А. В., Драугелите В. А., Козлов А. В., Шупилов А. А.

Влияние левзеи сафлоровидной на физическую выносливость спортсменов

Богданова Т. Б.

Оценка физической работоспособности у фридайверов

Васенина В. Г.

Влияние систематической мышечной деятельности на центральный кровоток и термовегетативную функцию кожи у девочек-спортсменок пубертатного возраста

Васильева Р. М., Сонькин В. Д., Орлова Н. И., Колесов А. Д.

Возрастные особенности температурного гомеостаза футболистов высокой квалификации

Захарьева Н. Н., Брагин М. А., Алхаким Алаа

Возрастные особенности выполнения стабилметрических тестов юными танцорами

Захарьева Н. Н., Малиева Е. И., Коняев И. Д.

Морфофункциональные характеристики женщин — боксеров высокой квалификации с различными стилями ведения поединка

Захарьева Н. Н., Тарабанова А. А., Киселев В. А.

Технологии восстановления нейро-мышечного аппарата нижних конечностей спортсменов

Корягина Ю. В., Тер-Акопов Г.Н., Нопин С. В., Рогужева Л. Г., Абуталимова С. М.

Влияние стимуляции сложноструктурированными оптическими сигналами на работоспособность спортсменов, занимающихся настольным теннисом

Макаренко Н. В., Беляев Ф. П., Белицкая Л. А., Зуева М. В.

Изменение инспираторно-тормозящего рефлекса Геринга-Брейра после повышения системного уровня ИЛ-1

Меркурьев В. А.

Сравнительный анализ возрастных изменений микроциркуляции и гемореологии у лиц с разным уровнем двигательной активности

Михайлов П. В., Остроумов Р. С., Муравьев А. А.

Влияние уровня физической подготовленности на точность поддержания мощности при выполнении сложнокоординированных движений различной интенсивности

Орлова Е. А., Боровик А. С., Виноградова О. Л.

Влияние кратковременного гипоксического воздействия на индивидуальную динамику темпа движений и скорость реакций на раздражители у спортсменов

Сечин, Д.И., Тамбовцева, Р.В.

Корреляционные взаимосвязи волокон окислительного типа со спортивными результатами спортсменов легкоатлетов и конькобежцев высокой квалификации

Тамбовцева Р. В.

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ —
ИНСТИТУТ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ
ФАКУЛЬТЕТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

IX Всероссийской с международным участием
конференции с элементами научной школы
по физиологии мышц и мышечной деятельности,
посвященной памяти Е. Е. Никольского,
«Новые подходы к изучению классических проблем»
(г. Москва, 18—21 марта 2019 г.)

Москва
ГНЦ РФ — ИМБП РАН
2019

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Ю. С. Левик, Б. Н. Сметанин, Г. В. Кожина, А. К. Попов
*ФГБУН «Институт проблем передачи информации
им. А. А. Харкевича» РАН, Москва*

**АДАПТАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ К ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ
ЗРИТЕЛЬНОГО ОКРУЖЕНИЯ
ПРИ МНОГОКРАТНОМ ПОВТОРЕНИИ ПРОБ**

Выясняли, может ли у здоровых испытуемых происходить адаптация к условиям стояния в трехмерной виртуальной зрительной среде, при введении синфазной связи между колебаниями тела испытуемого и положением виртуальной зрительной сцены, если эта связь будет иметь постоянный коэффициент. Испытуемые выполняли 35 проб длительностью 40 секунд каждая, во время которых они должны были спокойно стоять на стабิโลграфе, регистрировавшем колебания тела. Интервал для отдыха между пробами составлял 20—25 секунд, после каждых 5 проб испытуемые отдыхали сидя в течение 4—5 минут. Анализ поддержания позы базировался на оценке амплитудно-частотных характеристик двух элементарных переменных, вычислявшихся из траекторий центра давления стоп (ЦДС) в переднезаднем и боковом направлениях: траектории проекции центра тяжести на опору (переменная ЦТ) и разности между траекториями ЦДС и ЦТ в (переменная ЦДС-ЦТ). Показано, что процесс стояния в этих условиях к концу опыта существенно улучшался, приближаясь по амплитудным и частотным характеристикам переменных ЦТ и ЦДС-ЦТ к стоянию при неподвижном зрительном окружении. Улучшение поддержания вертикальной позы достигалось за счет изменений как амплитудных, так и частотных характеристик переменных ЦТ и ЦДС-ЦТ. Таким образом, многократное повторение проб в условиях виртуальной зрительной среды, создававшей сенсорный конфликт между проприоцепцией и зрением, позволяло испытуемым эффективно адаптироваться и улучшать характеристики равновесия.

**Т. Р. Мошонкина¹, А. М. Пухов², Е. С. Томиловская³,
И. Б. Козловская³, Ю. П. Герасименко¹**

¹*ФГБУН «Институт физиологии
им. И. П. Павлова» РАН, Санкт-Петербург*
²*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки*
³*ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва*

**ВООБРАЖАЕМЫЕ ДВИЖЕНИЯ
КАК СПОСОБ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ
КОРТИКОСПИНАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

Считается, что реальные и воображаемые движения функционально эквивалентны. Большой объем данных свидетельствует в пользу этой гипотезы, когда речь идет о движениях рук. Гораздо меньше исследований, связанных с исследованием реальных и воображаемых движений нижних конечностей.

В исследованиях на здоровых добровольцах ($n=17$) мы показали, что при мысленной имитации визуально наблюдаемого шагательного движения, электрическая чрескожная стимуляция спинного мозга значительно эффективнее инициирует вызов произвольных шагательных движений в гравитационно нейтральном положении ног (горизонтальная вывеска). Зарегистрировано уменьшение величины порога инициации шагания и улучшение координация движений ног. Облегчающий эффект воображения по-видимому, больше связан с модуляцией корковой возбудимости, чем с модуляцией спинальной. При воображении шагания моторные вызванные потенциалы в мышцах ног, возникающие при транскраниальной магнитной стимуляции, активировались, а спинально вызванные моторные потенциалы угнетались.

Воображаемые движения могут быть использованы для совершенствования и реабилитации моторных функций.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 16-29-08173 и программой ПРАН П.43 (№ 0134-2018-0005).

В. Ю. Рошин¹, О. Г. Павлова², М. В. Сидорова³, Г. Е. Иванова³
¹ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
²ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии» РАН, Москва
³Федеральный центр cerebroваскулярной патологии и инсульта ГБОУ ВПО «РНИМУ им. Н. И. Пирогова» Минздрава РФ, Москва

ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СОХРАННОСТИ ПРОПРИОЦЕПТИВНОГО ВОСПРИЯТИЯ ДВИЖЕНИЙ РУКИ

Для диагностики и мониторинга реабилитации больных с нарушением проприоцепции предложен новый метод объективной оценки сохранности проприоцептивного восприятия движений, основанный на процедуре копирования серии пассивных односуставных движений тестируемой руки непосредственно во время их выполнения с помощью движений другой руки в отсутствие зрительного контроля.

Исследовали проприоцептивное восприятие односуставных движений в плечевом, локтевом и лучезапястном суставах. Всего протестировано восприятие 345 тест-движений обеих рук у 51 здорового испытуемого и 126 движений паретичной руки у 28 пациентов с односторонним инсультом.

Здоровые испытуемые во всех тестированиях копировали пассивные тест-движения практически одновременно и достаточно точно. На основе анализа записей движений здоровых испытуемых был выработан условный критерий нормы проприоцептивного восприятия, базирующийся на оценке объективных качественных и количественных показателей схожести записей суставных углов активных и пассивных движений.

Проприоцептивный дефицит выявлен у 82 % обследованных больных, у каждого из которых было нарушено восприятие от 1 до 5 тест-движений. Общая доля тестирований отдельных тест-движений, выявивших нарушение проприоцепции, составила 46 %. Эти показатели соответствуют клинической статистике нарушения проприоцепции после инсульта, что свидетельствует о высокой чувствительности предложенного метода.

Работа частично поддержана грантом ОФИ-м № 16-29-08181

Е. Ю. Шапкова
*Центр патологии позвоночника, ФГБУ «СПб НИИ
фтизиопульмонологии» Минздрава РФ, Санкт-Петербург*

ПРОЯВЛЕНИЯ АКТИВНОСТЬ-ЗАВИСИМОЙ НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ВЗРОСЛОГО СПИННОГО МОЗГА У ЧЕЛОВЕКА

Проявления нейропластичности изучали при тренировках ходьбы в экзоскелете у 49 пациентов с хроническим (1—32г) поражением спинного мозга (AIS A-21, B-13, C-15): 30 пациентов получили 2 курса по 18 тренировок с перерывом 1 месяц (группа 1), 19-7-15 тренировок ходьбы с применением электростимуляции спинного мозга в стационарном режиме и при ходьбе (группа 2). Анализировали долю пациентов, имевших позитивные сдвиги в силе мышц, болевой и тактильной чувствительности по AIS в зависимости от полноты поражения спинного мозга, тонуса мышц, возраста, длительности параличей, предшествующего опыта, параметров электростимуляции. В группе 1 неврологический прогресс (2—3 балла AIS) выявлен у 20/30 (в силе мышц-7, болевой чувствительности-13, тактильной-15. В группе 2 динамика наблюдалась у 13/19 пациентов — появление/прирост силы мышц у 9, улучшение тактильной чувствительности у 7, болевой у 6. В наблюдаемой выборке зависимости между позитивными сдвигами в неврологическом статусе и сроком после травмы (в пределах 1—10 лет), а также возрастом пациентов не выявлено. Позитивные сдвиги наблюдались чаще при неполных плегиях и при спастическом тонусе мышц. Эффект применения электростимуляции спинного мозга носил частотно-зависимый характер. Результаты рассматриваются нами как свидетельство сохранения потенциала пластических перестроек взрослого спинного мозга даже при значительном сроке после травмы, который может быть реализован для функционального восстановления при интенсивном воздействии.

**НАЗЕМНЫЕ МОДЕЛИ
МИКРОГРАВИТАЦИИ**

**А. Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал,
К. С. Прохоров, Н. А. Попадейкина, И. В. Саенко**
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный
университет», Петрозаводск

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ЭЛЕКТРОМИОГРАММА, ФУНКЦИЯ РАВНОВЕСИЯ И ХОДЬБЫ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ В ТЕЧЕНИЕ КУРСА «СУХОЙ» ИММЕРСИИ, И ПРИ ОДНОКРАТНОЙ ИММЕРСИИ

Курс «сухой» иммерсии (СИ) уменьшает двигательный дефицит у больных паркинсонизмом (БП, по данным UPDRS-III) (Meigal et al., 2018). В настоящем исследовании проведена инструментальная оценка влияния курса СИ на двигательные функции больных БП при помощи электромиографии (ЭМГ), стабилотрии (ST150, Мера, РФ) и двигательного теста TUG (Timed Up and Go test), проведенного системой видеозахвата (Видеоанализ 3D, Биософт, РФ) и инерциальными датчиками, встроенными в IMU смартфона. Обследование проводилось в 4 точках — до и по завершении курса СИ (7 иммерсий), 2 недели и 2 месяца после курса. Однократная иммерсия вызывала значимое уменьшение (на 10—20 %) регулярности ЭМГ, что свидетельствует о снижении интенсивности тремора. В течение курса СИ регулярность ЭМГ снижалась в разной степени у 12 больных из 16 БП. Однократная иммерсия значимо снижала параметры стабилотрии (длина пути, скорость и площадь траектории общего центра давления) у больных паркинсонизмом, тогда как у здоровых молодых испытуемых реакция на СИ была разнонаправленной. В течение курса СИ параметры стабилотрии практически не изменялись. В TUG-тесте не обнаружено значимого влияния курса СИ на длину шага и скорость вставания из положения «сидя», однако после однократной иммерсии наблюдалось увеличение скорости ходьбы, которое было обнаружено при помощи смартфона и алгоритма восстановления пространственной траектории тела (Reginya et al., 2019) в более длительном двигательном L-тесте (Meigal, Reginya et al., 2018).

А. А. Савеко, Е. С. Томиловская, И. Б. Козловская

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОПЫ

Ранее исследования влияния гипогравитации на состояние опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека выявили как структурные изменения мышечной ткани (Шенкман Б. С., 2016) и соединительнотканых структур (Smith S. M., 2012), так и функциональные изменения работы мышц (Vinogradova O. L., 2002), сопровождающиеся координаторными нарушениями локомоций (Kozlovskaya I. V., 1988; Bloomberg J. J., 2003), и, как следствие, нарушением распределения опорных реакций (ОР) на стопу и снижением амортизационных возможностей ОДА при ходьбе и беге (Савеко А. А., 2018). Цель исследования составляло изучение влияния опорной разгрузки на морфологию стопы.

Исследование проводили в условиях 5-суточной «сухой» иммерсии (СИ) с участием 10-ти испытуемых. Сканирование опорной поверхности стопы проводили за сутки до погружения в иммерсионную ванну, на 2-е и 4-е сутки воздействия СИ и на 2-й день после её завершения. Анализ данных выявил, что 5-суточная опорная разгрузка изменяет морфологические характеристики стопы: на 4-е сутки СИ отмечается поднятие продольного свода на $12,35 \pm 0,43$ % без уменьшения длины отпечатка стопы и расплывание поперечного свода стопы на $24,13 \pm 1,21$ %. Полученные результаты вносят вклад в представление о генезе изменений биомеханических параметров локомоций в ходе космических полётов, так как при ходьбе и беге стопа — первое нагружаемое звено, обеспечивающее сцепление с опорой и распределяющее силу ОР на вышележащие сегменты ОДА.

Работа поддержана РАН (№ 63.1)

И. С. Соснина¹, В. А. Ляховецкий², К. А. Зеленский¹,
В. Ю. Карпинская³, Е. С. Томиловская¹

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

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

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

СЕНСОМОТОРНАЯ ОЦЕНКА ИЛЛЮЗИЙ ПОНЗО И МЮЛЛЕР-ЛАЙЕРА В ТЕЧЕНИЕ 21-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

Экспериментальной моделью, в которой может быть изучен эффект продолжительной гравитационной разгрузки, является «сухая» иммерсия (СИ). Известно, что пребывание в ней влияет не только на сугубо физиологические, но и на психофизиологические параметры испытуемых (Соснина и др., 2018). В рамках исследования восприятия иллюзорных и нейтральных стимулов в течение 21-суточной СИ изучали моторные оценки путем «схвата» иллюзий Понзо и Мюллер-Лайера. Измерения проводились на 6-ти испытуемых до начала иммерсии, на 3-и, 10-е, 20-е сутки иммерсии, и по ее окончании. С помощью электромагнитных датчиков регистрировали максимальное расстояние между указательным и большим пальцем ведущей руки на траектории схвата верхнего и нижнего отрезков, составляющих центральную часть стимулов. Показано, что при выполнении такой моторной задачи до начала иммерсии присутствуют обе иллюзии. В ходе иммерсии их сила изменяется различным образом: сила иллюзии Понзо становится отрицательной (т. е. испытуемые переоценивают нижний, а не верхний отрезок), а сила иллюзии Мюллер-Лайера сначала уменьшается, затем, на десятый день, восстанавливается до начального значения и вновь убывает. Результаты согласуются с данными, полученными нами в условиях 5-суточной СИ (Соснина и др., 2018), и свидетельствуют в пользу гипотезы о влиянии гравитационной разгрузки на баланс между использованием различных внутренних репрезентаций зрительных стимулов.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-013-00036 и Российской академией наук (63.1).

Е. С. Томиловская, Т. А. Шигуева,
И. В. Рукавишников, И. Б. Козловская

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

«СУХАЯ» ИММЕРСИЯ — НАЗЕМНАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ

Модель «сухой» иммерсии (СИ) была разработана в ГНЦ РФ — ИМБП РАН в 1970-х годах. В течение более 40 лет она активно используется в области гравитационной физиологии и космической медицины в России. В последние годы интерес к этой модели возрастает в связи с получением и публикацией убедительных данных, свидетельствующих о преимуществах СИ по сравнению с другими моделями. Исследования, проведенные в ГНЦ РФ — ИМБП РАН, показали, что пребывание в условиях СИ сопровождается развитием изменений в основных физиологических системах организма, аналогичных по глубине и динамике изменениям, регистрируемым после коротких космических полетов.

СИ позволяет воспроизводить такие факторы космического полета как опорная и весовая аксиальная разгрузка, перераспределение жидких сред организма, гиподинамия. Использование модели «сухой» иммерсии не ограничивается только фундаментальными исследованиями роли гравитации в деятельности физиологических систем. Модель позволяет проводить исследования эффективности различных средств и методов профилактики негативных влияний гравитационной разгрузки. Так, в последние годы в условиях СИ исследовали влияние электромиостимуляции мышц нижних конечностей, аксиального весового нагружения и опорной стимуляции. Все более широкое применение метод находит в спортивной и клинической медицине.

Работа поддержана Российской академией наук (63.1).

А. В. Шпаков¹, А. В. Воронов²

*¹Научно-исследовательский институт космической медицины
Федерального научно-клинического центра ФМБА России, Москва*

²Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОАНАЛИЗА ДВИЖЕНИЙ
И АНАЛИЗА ЭМГ В ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
ЧЕЛОВЕКА ПРИ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКЕ**

В работе рассмотрены возможности использования аппаратно-программных средств для регистрации и анализа кинематических, электромиографических, пространственно-временных параметров локомоций в оценке функционального состояния ОДА при гравитационной разгрузке. Выполнены исследования с участием космонавтов до и после полетов на МКС, испытателей в экспериментах с «сухой» иммерсией (работы выполнены в ГНЦ РФ — ИМБП РАН); анти- и ортостатической гипокинезией, вывешиванием. Комплексное использование видеоанализа движений, анализа ЭМГ, подометрии позволило оценить состояние ОДА космонавтов после полетов, испытателей после модельных экспериментов, а также эффективность различных режимов тренировок космонавтов во время полетов на МКС по биомеханическим параметрам ходьбы. Видеоанализ движений как метод оценки ОДА использовался и в клинической практике для сравнительного анализа кинематических параметров ходьбы пациентов с ДЦП различных возрастных групп; оценки эффективности реабилитационных мероприятий. Исследования, направленные на изучение влияния моделированной невесомости и лунной гравитации показали, что гипокинезии (анти- или ортостатическая) оказывают влияние на изменения биомеханических характеристик ходьбы. Полученные результаты позволяют с уверенностью сказать, видеоанализ движений в сочетании с регистрацией ЭМГ и пространственно-временных параметров локомоций является высокоинформативным методом, позволяющим количественно и качественно оценить состояние ОДА в различных областях профессиональной деятельности.

**ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО
В НЕЙРОРЕАБИЛИТОЛОГИИ**

А. Ю. Аксенов^{1,2}, Т. И. Долганова¹, Д. А. Попков¹, Д. В. Долганов¹

¹ФГБУ «РНЦ «ВТО им. акад. Г. А. Илизарова МЗ России», Курган

²Государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ У ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ ПО ДАННЫМ ВИДЕОАНАЛИЗА

Важным дополнением системы видеоанализа является сочетание динамометрических платформ и электромиографической системы, которые дают наиболее полную информацию о работе скелетно-мышечной системы человека с расчетом распределения центра масс во время переката стопы, нагрузок на суставы, мощности генерации и абсорбции суставов, моментов сил реакции опоры, затраты энергии. При ДЦП изменения походки связаны с первичной мышечной спастичностью и вторичными ортопедическими изменениями.

Выделяют три типа изменений:

— постоянное исходное сгибание во всех суставах нижней конечности на которую наслаиваются угловые перемещения;

— редукция амплитуды угловых перемещений в основных суставах нижних конечностей;

— сдвиг начала и конца отдельных фаз движений;

По тяжести патологии выделяют:

I группа — редуцирование подошвенного сгибания при начальном контакте стопы — отсутствие переката через пятку. Клинически — слабость *m. tibialis ant.* при относительной гиперактивности *m. gastrocnemius* и подошвенных межкостных мышц (*m. interossei plantares*).

II группа — постоянное подошвенное сгибание в статике. Регистрируем гиперэкстензию (переразгибание) в коленном суставе вследствие постоянных или временных спастических сокращений *m. gastrocnemius* и подошвенных межкостных мышц (*m. interossei plantares*).

III группы дополнительно — ограниченное сгибание в коленном суставе в период фазы переноса ноги, гиперфлексия (повышенное сгибание) бедра и увеличение поясничного лордоза.

IV групп дополнительно — ограниченные движения в бедренном и коленном суставе. Пациенты компенсируют ограниченное движение тазобедренного сустава путем увеличения лордоза таза в период опоры.

М. Г. Барканов

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки

ВЛИЯНИЕ РАЗНОУРОВНЕВОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ТОНУСНУЮ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

В настоящее время имеется значительное количество публикаций по изучению изменений силовых способностей и свойств мышечного аппарата под влиянием электрической или электромагнитной стимуляции спинного мозга и периферических нервов. В работе G. Courtine с соавторами (2018) показана возможность повышения эффективности процессов реабилитации пациентов с двигательными нарушениями при целенаправленной эпидуральной электростимуляции мотонейронного пула мышц сгибателей и разгибателей бедра и голени. В связи с этим представлялось целесообразным изучить возможность активации названных выше мотонейронных пулов посредством чрескожной электрической стимуляции спинного мозга.

Нами были проведены пилотные исследования на здоровых испытуемых, у которых поочередно стимулировали 3 уровня спинного мозга (Th11-Th12; Th12-L1; L1-L2). Стимуляция наносилась в течение 10 секунд. Были использованы следующие частоты стимуляции: 70 Гц; 80 Гц; 90 Гц; 100 Гц. Сила электрического воздействия на спинной мозг повышалась в диапазоне от 20 мА до 140 мА. До начала стимуляции, во время ее и в течение 5 секунд после стимуляции регистрировалась электрическая активность мышц голени (*m. soleus*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius*).

В докладе будут представлены результаты изменений параметров электроактивности мышц голени под влиянием ритмической чрескожной электрической стимуляции разных отделов спинного мозга.

Л. М. Бикчентаева, А. А. Ребик, Г. Г. Яфарова
*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
институт фундаментальной медицины и биологии, Казань*

ВЫЯВЛЕНИЕ ТРЕМОРА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОСТУРАЛЬНЫХ И ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ У ЧЕЛОВЕКА

Тремор — одно из наиболее частых двигательных расстройств, однако его ранняя диагностика остается сложной задачей. Целью работы было выявление тремора с применением спектрального анализа электромиографической активности (ЭМГ) и акселерометрии при выполнении постуральных и двигательных задач у здоровых испытуемых ($n = 10$). Для выявления ритмичных залпов осцилляций производилась запись ЭМГ мышц верхних конечностей в состоянии покоя, при максимальном произвольном напряжении мышцы и при выполнении постуральной задачи (проба Ромберга) с последующим анализом доминирующей частоты и мощности тремора. При акселерометрии регистрировалось ускорение движения кисти в горизонтальной и вертикальной плоскости в положении испытуемого в пробе Ромберга. Полученные данные преобразовывались в запись акселерограмм посредством АЦП «L-Graph» и обрабатывались путем выделения амплитудно-частотных характеристик с использованием прямого прямоугольного преобразования Фурье. Был произведен корреляционный анализ показателей акселерометрии с данными спектрального анализа интерференционной ЭМГ. Доминирующие частоты постурального тремора и тремора движения находились в диапазоне 8—10 Гц, что соответствует частотам генерации физиологического тремора. Была обнаружена высокая степень корреляции доминирующих частот ЭМГ тремора мышц верхней конечности и акселерометрии в постуральной задаче. Таким образом, спектральный анализ ЭМГ и акселерометрия могут стать доклиническими маркерами нейродегенеративных заболеваний.

Е. В. Бирюкова, А. А. Кондур, А. А. Фролов, П. Д. Бобров
*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН
Российский национальный исследовательский
медицинский университет им. Н. И. Пирогова
Московский областной научно-исследовательский
клинический институт им. М. Ф. Владимирского*

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Восстановление движений после инсульта — актуальная задача реабилитологии, требующая не только освоения новых методов реабилитации пациентов, но и объективных методов оценки эффективности применяемых методов.

Биомеханический анализ движений, дающий их численные оценки до и после проведения реабилитационных процедур, позволяет дать объективные оценки результата лечения. Для того, чтобы получить такие оценки, необходимо решить, как минимум две актуальные проблемы: 1) разработать адекватные двигательные тесты, которые должен выполнять пациент, и 2) определить биомеханические параметры, пригодные для адекватной оценки динамики восстановления двигательной функции.

В докладе обсуждаются результаты решения этих проблем для новой нейрореабилитационной технологии, использующей управление экзоскелетом кисти интерфейсом мозг-компьютер, основанным на кинестетическом воображении движения. Рассматриваются два вида двигательных тестов: т. н. кинематический портрет пациента и тесты общепринятой клинической шкалы Fugl-Meyer. Выявлены биомеханические параметры, чувствительные к тяжести поражения, его давности, степени постинсультной спастичности, силе мышц, вовлеченных в движение.

Анализ движений 25-и пациентов, прошедших вышеуказанный курс реабилитации, показывает его эффективность даже в случае тяжелых поражений двигательной функции. Биомеханический анализ движений пациентов, прошедших повторные курсы реабилитации, свидетельствует о долгосрочном сохранении эффекта процедур.

**Е. Благовещенский¹, О. Агранович², Е. Кононова²,
Е. Габбасова², В. Рождественский²**

¹Центр нейроэкономики и когнитивных исследований, НИУ ВШЭ

²Научно-исследовательский детский
ортопедический институт имени Г. И. Турнера
Министерства здравоохранения Российской Федерации

ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ ТРАНСВЕРТЕБРАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ У ДЕТЕЙ БОЛЬНЫХ АРТРОГРИПОЗОМ

Введение. Артрогрипоз является одним из наиболее тяжелых врожденных пороков развития, характеризующихся наличием двух или более крупных суставных контрактур, нарушением мышц и мотонейронов в передних рогах спинной мозг.

Материалы и методы. В данном исследовании исследовались эффекты трансвертебральной электрической стимуляции постоянным током спинного мозга (ТВЭС) на детях. Был проведен курс ТВЭС для 21 пациента (дети в возрасте 3—17 лет) с врожденным множественным артрогрипозом. Стимуляция проводилась в области 7ого шейного сегмента спинного мозга. Стимуляция проводилась постоянным током интенсивностью до 2 мА. Для повышения эффективности стимуляции, также активная физическая активность пациентов осуществлялась. Пациентам предлагалось пытаться извлечь предметы из отверстий в столе во время стимуляции (15 минут), а также перемещать объекты в лабиринте. Эффекты стимуляции оценивались при помощи стандартной 5ти бальной шкалы и электромиографии (ЭМГ).

Результаты. В 18 случаях (85,7 %) наблюдалось достоверное улучшение активных движений в верхних конечностях и увеличение силы мышц в течение курса или вскоре после него. Было показано, что предложенный протокол ТВЭС более эффективен, чем обычные методы реабилитации детей с врожденным множественным артрогрипозом.

Заключение. Трансвертебральная электростимуляция позволяет существенно обновить протокол реабилитации пациентов с артрогрипозом и дает возможность создания новых стандартов в подходах к реабилитации детей с этим заболеванием.

**Е. В. Боброва¹, В. В. Решетникова¹,
А. А. Фролов^{2,3}, Ю. П. Герасименко¹**

¹ФГБУН «Институт физиологии РАН
им. И. П. Павлова», Санкт-Петербург

²ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии» РАН, Москва

³Институт трансляционной медицины ГБОУ ВПО
Российского национального исследовательского медицинского
университета им. Н. И. Пирогова, Москва

УСПЕШНОСТЬ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ПРАВОЙ, НО НЕ ЛЕВОЙ РУКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МОЗГ-КОМПЬЮТЕРНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ ЗАВИСИТ ОТ УРОВНЯ НЕЙРОТИЗМА

Исследования влияния тренировок на управление системами интерфейс мозг-компьютер (ИМК) выявили зависимость их успешности от уровня нейротизма (эмоциональной устойчивости) пользователя (Боброва и др., 2017). В этой работе сопоставляли точность классификации состояний мозга при кинестетическом воображении движений правой и левой руки у испытуемых с высоким (26 чел.) и низким (18 чел.) уровнем нейротизма (оценка по тесту Айзенка) при однократном (без предварительной тренировки) управлении ИМК. Оказалось, что точность классификации состояний мозга при воображении движений правой руки относительно покоя достоверно выше ($p < 0,05$) в группе испытуемых с низким ($69,2 \pm 2,6$ %), чем с высоким ($65,9 \pm 2,0$ %) нейротизмом. Точность классификации состояний мозга при воображении движений правой руки относительно покоя выше 75 % наблюдалась у 27,8 % испытуемых с низким нейротизмом и лишь у 9,6 % испытуемых с высоким. Достоверных отличий в точности воображения левой руки относительно покоя в зависимости от уровня нейротизма не выявлено. Результаты соответствуют данным о связи нейротизма и особенностями локальной обработки информации в левом полушарии (Compton, Weissman, 2010) и свидетельствуют о необходимости учитывать личностный профиль при нейрореабилитации с использованием ИМК.

Работа выполнена при поддержке Программы ПРАН П.43 «Фундаментальные основы технологии физиологических адаптаций» № 0134-2018-0005, гос.бюджета по госзаданию на 2013—2020 (тема № 0134-2014-0003), гранта РФФИ 16-29-08247 офи-м.

Д. А. Гладченко, А. А. Челноков, Л. В. Рошина
*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки*

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ
СПИННОГО МОЗГА НА ЭМГ-ПАТТЕРНЫ
ШАГАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ПРИ РАЗНОЙ
МОЩНОСТИ АФФЕРЕНТАЦИИ
ОТ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Цель работы — изучение влияния чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) на электромиографические (ЭМГ) параметры мышц бедра и голени при различной мощности афферентации от опорно-двигательного аппарата. В исследованиях приняли участия 15 здоровых испытуемых мужского пола в возрасте от 19 до 32 лет. У всех испытуемых регистрировались ЭМГ параметры шагательных движений при ЧЭССМ в четырех условиях: в покое, при 100 % и 75 % поддержкой веса тела; на фоне произвольной ходьбы при 100 % (ходьба в воздухе) и 75 % поддержкой веса тела, при ходьбе по подвижному и неподвижному тредбану. В условиях вертикализации в состоянии покоя и при произвольной ходьбе стимуляция наносилась между остистыми отростками T11-T12, T12-L1 и L1-L2. Во время ходьбы по подвижному и неподвижному тредбану ЧЭССМ осуществлялась на уровне T11-T12 и L1-L2. Показано, что ЧЭССМ оказывает положительный эффект на ЭМГ-паттерны шагательных движений при 100 % и 75 % вывеске, что проявилось в значимом повышении амплитуды ЭМГ в большинстве исследуемых мышц. При ходьбе на пассивном тредбане под влиянием ЧЭССМ происходило существенное увеличение ЭМГ-активности мышц антагонистов бедра и голени и усиление реципрокности во взаимоотношениях флексоров и экстензоров мышц голени в сравнении с изменениями, регистрируемыми при ходьбе на движущемся тредбане, что свидетельствует о зависимости характеристик паттернов ЭМГ-активности мышц ног от мощности афферентации проприорецепторов опорно-двигательного аппарата.

**Е. В. Григорьева, Ю. Е. Ларионова,
Д. В. Емельяников, Е. Ю. Шапкова**
*Центр патологии позвоночника, ФГБУ «СПб НИИ
фтизиопульмонологии» Минздрава РФ, Санкт-Петербург*

**ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЛОКОМОТОРНЫХ
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАЦИЕНТОВ
С ПЛЕГИЯМИ ПРИ ТРЕНИРОВКАХ ХОДЬБЫ
В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ «ЭКЗОАТЛЕТ»**

Прогресс в развитии экзоскелетов и другого ассистивного оборудования для тренировки/формирования компенсаторной ходьбы вызвал потребность в оценке локомоторных возможностей парализованных пациентов в период, когда они не могут проявить их в самостоятельной бипедальной ходьбе. Тетрапедальные тесты создают оптимальные условия для реализации локомоторных возможностей за счет низкого центра масс, большой площади опоры, отсутствия необходимости фиксировать коленные суставы. Локомоторные возможности пациентов с плегиями оценивали с помощью тетрапедальных тестов — ходьбы 5 м вперед и назад с регистрацией времени, количества шагов и степени помощи. Обследованы 32 пилота (AIS A-12, B-8, C-12; возраст 18—54) в ходе трех (26), двух (4) и одного (2) курса тренировок ходьбы в экзоскелете «ЭкзоАтлет» (в среднем по 15), специальных тренировок тетрапедальной ходьбы не проводилось. Исходно самостоятельно тетрапедальную ходьбу вперед выполняли 22 пациента (9 — с помощью при ходьбе назад), с помощью — 8, двое пациентов не были способны выполнить тесты. По окончании реабилитации время выполнения тестов сократили 2/3 пилотов, 8 начали выполнять их самостоятельно, степень помощи снизилась у троих, двое освоили тетрапедальную ходьбу с помощью, без динамики — 5 пациентов. Применение тетрапедальных тестов выявило существенный прогресс локомоторных возможностей парализованных пациентов, тренирующихся в экзоскелете. Способ оценки представляется специфичным, поскольку обе локомоции являются тетраопорными.

Д. В. Емельяников, Е. Ю. Шапкова
*Центр патологии позвоночника, ФГБУ «СПб НИИ
фтизиопульмонологии» Минздрава РФ, Санкт-Петербург*

ПАТТЕРНЫ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ РУК И НОГ ПРИ ХОДЬБЕ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ «ЭКЗОАТЛЕТ» У ПАЦИЕНТОВ С НИЖНИМИ ПАРАПЛЕГИЯМИ

При ходьбе в экзоскелете двигатели тазобедренных (2) и коленных (2) суставов формируют траекторию движения ног парализованного пациента (пилота), управление осуществляют с планшета или «умной» трости. Пилот должен переносить вес тела с ноги на ногу в ритме, программно заданном экзоскелетом, с поочередной опорой рук о трости. Новичков обучают переносить трость перед переносом одноименной ноги, опытные пилоты используют диагональную координацию с переносом трости перед переносом контрлатеральной ноги. Паттерны движений рук и ног анализировали по циклограммам (видео) и бароплантограммам (F-scan, USA) у 18 (AIS A-9, B-6, C-3) пациентов с хроническим поражением спинного мозга на шейном (1), грудном (15) и груднопоясничном уровнях (2), из них 9 — новички, 5 — с ограниченным опытом, 4 — опытные пилоты. Сравнивали паттерны в середине и по окончании курса из 7—15 тренировок. Исходно «прямой» паттерн имели 11 пилотов (9 новичков, 4 с ограниченным опытом) «диагональный» — 4 пилотов с опытом, у 3 выявлены индивидуальные паттерны (перестановка трости одновременно с переносом противоположной ноги, находясь в одноопорной фазе; начало опоры на трость с середины одноопорной фазы, перестановка трости — с середины двойной опоры до середины одноопорной фазы). К концу курса к «диагональному» паттерну перешли 5 новичков, у остальных пилотов паттерн не изменился. Установлено, что ходьба в экзоскелете обладает разнообразием координации движений конечностей, характерным для тетраопорной локомоции.

О. В. Казенников, В. Л. Талис
*ФГБУН «Институт проблем передачи информации
им. А. А. Харкевича» РАН, Москва*

ПОЗНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОВОРОТАХ ТУЛОВИЩА В СИММЕТРИЧНОЙ И АСИММЕТРИЧНОЙ СТОЙКЕ

Исследовали вертикальную позу здорового человека при стоянии с разными поворотами туловища и разным распределением нагрузки на ноги. Регистрировали движение проекции общего центра давления (ОЦД) и центров давления (ЦД) левой и правой ноги. Из стабильнограммы выделяли преимущественное направление движения ЦД и анализировали изменение этого направления при повороте туловища и разном распределении нагрузки между ногами. Повороты туловища приводили к тому, что преимущественное направление движения ОЦД смещалось в сторону поворота. При этом смещение направления движения ОЦД в сторону поворота наблюдалось при любом распределении нагрузки на ноги. Перенос тяжести на одну из ног приводил к тому, что направление движения ОЦД смещалось в сторону нагруженной ноги. Что касалось смещения направления движения ЦД каждой из ног, то оно, в отличие от ОЦД, зависело от распределения нагрузки на ноги. Направление движения ЦД нагруженной ноги не изменялось, а направление ЦД разгруженной ноги сдвигалось по часовой стрелке при разгрузке как правой, так и левой ноги. Можно предположить, что изменение механизмов сохранения вертикального положения при асимметричном распределении нагрузки на ноги может быть связано не только с изменением силового взаимодействия с опорной поверхностью, но также с появлением асимметрии тонуса аксиальной мускулатуры, вызванной у здорового человека асимметричным стоянием и поворотами туловища.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 18-015-00266

О. В. Казенников, Т. Б. Кириева, В. Ю. Шлыков
*ФГБУН «Институт проблем передачи информации
им. А. А. Харкевича» РАН, Москва*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ ВЛИЯНИЙ ВО ВРЕМЯ УПРЕЖДАЮЩИХ ИЗМЕНЕНИЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

В работе исследовали изменение силы сжатия пальцами левой и правой руки при удержании двух разных предметов, при одностороннем внешнем воздействии на предмет, удерживаемый в правой руке. Внешнее воздействие представляло собой удар груза, падающего в чашу, удерживаемую правой рукой. Если испытуемый видел падение груза, то пальцы правой руки увеличивали силу сжатия как перед ударом падающего предмета, так и во время реакции на удар. Изменение силы сжатия, производимого пальцами левой руки, исследовали в условиях, когда сила сжатия левой и правой рук не были связаны друг и с другом, и в условиях, когда пальцы правой и левой руки медленно синхронно увеличивали силу сжатия. Если двигательные задачи для обеих рук не были связаны, то сила сжатия в левой руке не изменялась, несмотря на изменения силы сжатия в правой руке, определяемые падением груза. При скоординированном увеличении силы сжатия в обеих руках в левой руке, на которую не было воздействия, наблюдалось увеличение силы сжатия перед ударом падающего груза и во время реакции на удар, также как и в правой руке. Таким образом, общая двигательная задача для обеих рук приводила к тому, что изменения силы сжатия проявлялись как в правой, так и в левой руке не только при реакции на внешнее воздействие, но и во время подготовки к нему. Вероятно, организация перекрестных влияний происходит на уровне взаимодействия моторной коры левого и правого полушария при планировании движения.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 18-015-00266

П. А. Кручинин
*ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М. В. Ломоносова», Москва*

МЕХАНИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

По мнению П. М. Гаже стабилметрические параметры аналогичны «логическим операторам, которые (каждый по-своему) позволяют осмыслить один или несколько аспектов постурального контроля пациента». В докладе обсуждается три примера применения моделей перевернутого маятника для интерпретации и формирования этих «логических операторов».

1. Анализ математических моделей показывает, что мгновенные значения координат центра давления характеризуют нормализованные суставные моменты. Такая точка зрения позволяет объяснить наличие «размаха» и «перерегулирования» при выполнении тестов со ступенчатым воздействием, «ухудшение устойчивости» у некоторых больных в процессе реабилитации и вид стабилограмм в «билатеральной стабилметрии».

2. Модели «перевернутого маятника» позволяют проводить грубые оценки механической работы некоторых суставных моментов в виде интеграла от модуля мощности. Оцениваемые величины носят интегральный характер, что повышает их чувствительность к некоторым особенностям движения, несмотря на значительные вычислительные погрешности.

3. Использование диффузионного анализа при обработке стабилметрических показаний позволило выявить различие значений показателя Хёрста для временных интервалов разной продолжительности. Наблюдаемые особенности связывают с запаздыванием управляющего сигнала в нервной системе. Между тем моделирование показывает, что аналогичные эффекты могут быть вызваны наличием области нечувствительности вестибулярного аппарата.

ИЗМЕНЕНИЕ МПС МЫШЦ НОГ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА С УЧЕТОМ ПРЕДПОЛЁТНОГО УРОВНЯ СИЛОВЫХ КАЧЕСТВ

Выполнен сравнительный анализ послеполетных изменений силовых качеств мышц голени и бедра космонавтов, отличавшихся до полета величиной максимальной произвольной силы (МПС).

В исследовании приняли участие 14 космонавтов, совершивших длительные космические полеты (КП). Сначала космонавты были разделены на две группы по величине МПС в изометрическом сокращении мышц голени до КП. Группу А ($n=7$) составили космонавты, имевшие МПС голени больше среднего, группу Б ($n=7$) — меньше среднего. Далее эти же 14 космонавтов были разделены на две группы по величине МПС в изометрическом сокращении мышц бедра до КП. В группу В ($n=7$) вошли космонавты, имевшие величину МПС мышц голени больше среднего, в группу Г ($n=7$) — меньше среднего. Во время КП параметры «весового» нагружения относительно веса тела в силовой тренировке не отличались между группами.

У космонавтов с меньшей МПС до КП, после КП обнаружено значимое снижение силы флексоров голени при выполнении подошвенного сгибания стопы на угловых скоростях $30^\circ/\text{с}$ и $120^\circ/\text{с}$ ($p<0,04$), силы флексоров бедра — при выполнении сгибания ноги в коленном суставе в изометрическом усилии ($p<0,03$), экстензоров бедра — на угловой скорости $60^\circ/\text{с}$ ($p<0,02$).

У космонавтов с большей МПС до КП, после КП обнаружено значимое снижение силы флексоров стопы на скорости $30^\circ/\text{с}$ ($p<0,03$), и экстензоров бедра на скорости $60^\circ/\text{с}$ ($p<0,02$).

Работа поддержана базовой темой РАН 63.1.

МАГНИТНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА

В исследовании, проведенном на базе НИИ проблем спорта и оздоровительной физической культуры ФГБОУ ВО «ВЛГАФК», приняли участие 12 баскетболистов, 10 пауэрлифтеров, легкоатлеты-бегуны, специализирующиеся в беге на 100 м (10 человек), 800 м (10 человек) и 5000 м (8 человек) дистанции. Использовались следующие методы: транскраниальная магнитная стимуляция, магнитная стимуляция спинного мозга на уровнях позвонков С7-Т1, Т11-Т12 и периферических нервов плечевого сплетения и нижней конечности. У спортсменов в состоянии мышечного покоя регистрировались параметры вызванных моторных ответов (ВМО) с правых мышц плеча, предплечья, кисти, бедра, голени и стопы: порог (в % и Т), амплитуда (мВ), латентность (мс), длительность (мс), время центрального моторного проведения (мс). В результате исследования было установлено, что уровень возбудимости корковых нейронов, шейных и поясничных спинальных мотонейронов и периферических нервов, иннервирующих мышцы-мишени, был самым высоким у легкоатлетов-стайеров, а наименьшим — у пауэрлифтеров и спринтеров. Среди обследованных групп спортсменов самой высокой проводящей способностью кортико-спинального тракта и аксонов периферических нервов обладали пауэрлифтеры и спринтеры, а наименьшей — стайеры. При этом существенных различий в состоянии центральных и периферических проводников нервной системы и уровне возбудимости корковых, спинальных и периферических нервных структур между баскетболистами и бегунами на средние дистанции не обнаружено.

**Ю. Е. Ларионова, Е. В. Григорьева,
Д. В. Емельяников, Е. Ю. Шапкова**
*Центр патологии позвоночника, ФГБУ «СПб НИИ
фтизиопульмонологии» Минздрава РФ, Санкт-Петербург*

РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ТРЕНИРОВКУ ХОДЬБЫ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ У ПАЦИЕНТОВ С ПОСТТРАВМАТИЧЕСКИМИ ПЛЕГИЯМИ

Риск нарушений функции сердечно-сосудистой системы у пациентов с травмой спинного мозга при физической активности сопряжен с низким артериальным давлением покоя, ортостатической гипотензией, нарушением ритма сердца и феноменом автономной дисрефлексии (Красюков, 2018). Реакцию сердечно-сосудистой системы на ходьбу в экзоскелете «ЭкзоАтлет» оценивали в ходе 105 курсов (1560 тренировок) у 49 пациентов (AIS A-21, B-13, C-15; возраст 18—55; 21 женщина, 28 мужчин) с хроническим поражением на шейном (5), грудном (33) и груднопоясничном (11) уровнях. ЭКГ регистрировали в начале и в конце курса, ЧСС и АД до начала и по окончании тренировки. Показатель максимального ЧСС рассчитывали по формуле $220 - \text{возраст}$; кардио (терапевтической) зоной считали 60—70 % от МЧСС. По АД покоя 24 пилота расценены как нормотоники, 14-гипотоники, 11-гипертоники (двое компенсированы медикаментозно). Реакция на нагрузку была нормотонической у 45, гипотонической у двоих, эпизоды гипертонической реакции с отменой/коррекцией тренировок — у двоих пилотов. В расчетной кардиозоне тренировались 14 (1/2—9/10 тренировок), 9 пилотов достигали кардиозоны не более, чем в 1/3 тренировок, 19 пилотов ее не достигали ни в одной тренировке. Отрицательной динамики по ЭКГ не выявлено. У абсолютного большинства пациентов с посттравматическими плегиями тренировки ходьбы в экзоскелете не вызывают негативных реакций сердечно-сосудистой системы, у трети пациентов нагрузка соответствует кардиозоне и может иметь тренирующий эффект.

Н. Ю. Лысова, Е. В. Фомина
*ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
Московский педагогический государственный университет, Москва
Российский университет дружбы народов, Москва*

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСЛОЖНЕННЫХ ЛОКОМОЦИЙ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

Задачей исследования явилось расширение знаний о гравизависимых перестройках в моторном контроле с использованием теста переступание через препятствие после длительного пребывания в условиях космического полета. В работе представлены результаты анализа биомеханических характеристик локомоций, выполнявшихся с дополнительной моторной задачей семью космонавтами, участниками длительных космических полетов (КП). В работе рассмотрены биомеханические параметры, регистрируемые до полета и на 3-и сутки после завершения КП. Изучено время одноопорного периода и расстояние перемещения по вертикальной оси коленного сустава, голеностопного сустава, дистальной части стопы и межзвенные углы тазобедренного, коленного и голеностопного суставов ноги, выполняющей переступание первой. Обнаружено, что после длительного пребывания в условиях КП при выполнении переступания через препятствие движения в суставах имеют меньшую амплитуду, чем до КП, что может повлиять на успешность выполнения моторной задачи. После приземления длина и шага и зазор между ногой и препятствием были значимо ниже по сравнению с фоновыми исследованиями. Время одноопорного периода и расстояние между ногой и препятствием, первой выполняющей переступание, значимо увеличились только на высоте 30 см. Можно предположить, подобные результаты связаны с изменением мультисенсорной интеграции после длительного пребывания в условиях невесомости.

Работа поддержана базовым финансированием РАН (63.1).

В. В. Маркевич, С. М. Иванов
*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки*

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА СОКРАТИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ МЫШЦ ГОЛЕНИ

Цель исследования заключалась в изучении влияния низкочастотной электромагнитной стимуляции (ЭМС) спинного мозга в области T11-T12 позвонков на параметры вызванных ответов *m. gastrocnemius med.*, *m. tibialis anterior* и *m. soleus*. В исследовании приняли участие 8 здоровых мужчин в возрасте 20—25 лет. Измерялись показатели М-ответа и Н-рефлекса исследуемых мышц и величина вызванного вращательного момента стопы при стимуляции большеберцового нерва. Данные значения регистрировались до ЭМС спинного мозга, сразу после стимуляции, через 5 и 10 минут после ее окончания. В результате анализа данных выявлено, что на 10-й минуте после окончания ЭМС спинного мозга наблюдалось достоверное повышение величины вызванного вращательного момента стопы на 9,47 % относительно фонового значения. На 10-й минуте после окончания стимуляции среднегрупповое значение амплитуды М-ответа мышцы *m. gastrocnemius med.* недостоверно увеличилось на 12,55 % по сравнению с фоном. Амплитуда М-ответа мышц *m. tibialis anterior* и *m. soleus* в среднем недостоверно увеличилась на 41,82 % и 10,68 % соответственно. Показатели Н-рефлекса мышц голени имели тенденцию к снижению на 15,38 % у *m. tibialis anterior*, на 2,5 % и 3,18 % у *m. gastrocnemius med.* и *m. soleus* соответственно. Мы предполагаем, что ЭМС спинного мозга повышает тонусную активность спинномозговых мотонейронов, иннервирующих исследуемые мышцы, что приводит к увеличению числа ДЕ, включающихся в М-ответ, и увеличению вызванного вращательного момента.

**А. А. Мельников¹, П. А. Смирнова¹, А. Е. Черкашин¹,
Р. Ю. Николаев², А. Д. Викулов¹**

¹*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический
университет имени К. Д. Ушинского»*

²*ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный авиационный
технический университет имени П. А. Соловьева»*

СТРЕТЧИНГ-ТРЕНИРОВКА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОВЫШАЕТ ОДНООПОРНОЕ ПОСТУРАЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ

Эффект растяжимости постуральных мышц на функцию равновесия позы мало изучен. Целью работы было исследовать изменения постуральной устойчивости на одной ноге после трехмесячной стретчинг-тренировки, направленной на повышение суставной подвижности нижних конечностей. Анализ постуральной устойчивости (в экспериментальной, ЭГ, $n=14$ и контрольной группах, КГ, $n=14$) на стабиллоплатформе («Neurocor») в одноопорном положении (с открытыми (ОГ), закрытыми глазами (ЗГ) и на пресс-папье с ОГ (ПрП)) проводили до и через 3 месяца тренировки; амплитуду подвижности в голеностопном и тазобедренном суставе определяли с помощью гониометрических датчиков («Neurocor»). После тренировки увеличилась амплитуда сгибания в голеностопном (на $9,5 \pm 9,8$ и $0,2 \pm 6,7$ град $p < 0,01$ в ЭГ и КГ) и тазобедренном суставах (на $10,0 \pm 15,3$ и $-3,7 \pm 7,7$ град в ЭГ и КГ) опорной ноги. Скорость колебаний (V) общего центра давления (ОЦД) снизилась в стойке с ЗГ ($p=0,061$), что отличалось от изменений V в КГ ($p=0,031$). В стойке с ОГ и на ПрП изменений V не выявлено. Кроме того, площадь колебания ОЦД уменьшилась в ЭГ в стойке на платформе с ОГ ($p=0,054$) и особенно с ЗГ ($p < 0,001$), изменений не выявлено в стойке на ПрП ($p > 0,1$). Результаты показывают, что повышение суставной подвижности в результате стретчинг-тренировки сочетается с повышением устойчивости вертикальной позы в одноопорном положении, особенно в условиях отсутствия зрительной информации.

А. Д. Милицкова, Л. М. Бикчентаева, Г. Г. Яфарова, Т. В. Балтина
*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Институт фундаментальной медицины и биологии, Казань*

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ НА ЧРЕСКОЖНУЮ СТИМУЛЯЦИЮ СПИННОГО МОЗГА

Целью исследования была оценка кондиционирования вызванных ответов мышц нижних конечностей на чрескожную стимуляцию спинного мозга (ЧЭССМ) с помощью приема Ендрассика при локализации стимулирующего электрода на уровнях различных сегментах спинного мозга. В исследовании приняло участие 8 здоровых испытуемых-добровольцев в возрасте от 20 до 23 лет, без двигательных расстройств в неврологическом статусе. Отводящие электроды с фиксированным межэлектродным расстоянием устанавливали на *m. rectus femoris*, *m. biceps femoris*, *m. tibialis anterior* и *m. soleus*. Накожный раздражающий электрод (чашечковый) последовательно устанавливался между остистыми отростками Th9—10, Th10—11, Th11—12 и Th12-L1 позвонков. Стимуляция спинного мозга производилась монополярными прямоугольными импульсами длительностью 1 мс и частотой 0.1 Гц. Интенсивность стимуляции варьировала в диапазоне от 20 до 100 мА. Прием Ендрассика выполнялся в течение 5 секунд. Было выявлено, что достоверное облегчение ответов мышц бедра и голени наблюдалось при сочетании стимуляции спинного мозга с приемом Ендрассика на уровне Th11—12 позвонков. Разработанная методика кондиционирования вызванных ответов мышц бедра и голени приемом Ендрассика расширяет перспективу использования метода ЧЭССМ.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности № 17.9783.2017/8.9.

Е. А. Михайлова
*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки*

ЭФФЕКТ НЕПРЕРЫВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЙ НОГ В РАЗНЫЕ ФАЗЫ БЕГОВОГО ЦИКЛА

Целью работы являлось изучение влияния непрерывной электрической стимуляции спинного мозга на координационную структуру разных фаз бегового цикла. В исследовании приняли участие 10 здоровых мужчин в возрасте 20—23 лет. Испытуемые выполняли бег с максимальной скоростью в течение 10с на пассивном тредбане (проталкивали ленту дорожки усилиями ног). Во время бега подавалась непрерывная двухуровневая чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ). Для стимуляции использовали двухканальный стимулятор КУЛОН (ГУАП.СПб). Стимулирующие электроды располагали на уровне позвонков T11-T12 и T12-L1 между остистыми отростками. Для контроля выполнялся бег без стимуляции. Эффект ЧЭССМ в большей степени проявлялся при выполнении маховых действий ногами. Выявлено, что фаза маха во время бега со стимуляцией спинного мозга выполнялась на 4,2 % быстрее ($p < 0.05$), длительность фазы отталкивания под влиянием ЧЭССМ значительно не изменялась. Путь, пройденный антропометрическими точками при выполнении маховых и опорных действий при стимуляции и без нее, достоверно не различался. Пиковая угловая скорость движения бедра в фазах маха и отталкивания при ЧЭССМ была выше на 7,2 % ($p < 0.05$) и 5,5 % ($p < 0.05$) соответственно. Электрическая активность скелетных мышц при ЧЭССМ изменялась в зависимости от фазы движения. Активность разгибателей бедра увеличивалась в фазе отталкивания. В фазе маха регистрировалось увеличение активности мышц-сгибателей бедра и наблюдалась тенденция к снижению активности мышц голени.

Е. А. Пивоварова¹, А. А. Пименова²

¹ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки

²«Центр специального образования № 3», Великие Луки

КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЯ ОСАНКИ У ДЕТЕЙ-АУТИСТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В ЦЕНТРЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В исследовании разработан комплекс профилактических мероприятий, направленный на коррекцию осанки у детей, страдающих аутизмом. Профилактические занятия, проводившиеся в течение 5 месяцев 3 раза в неделю, включали: подготовительную часть — 5—7 минут, основную — 20—25 минут, заключительную — 5—7 минут, содержащие упражнения в ходьбе, для укрепления мышц туловища, дыхательные упражнения, упражнения с фитболом, набивными мячами, гантелями, подвижные игры, игры на внимание. Дополнительным средством для профилактики и коррекции нарушения осанки являлся массаж с приёмами поглаживания, растирания, разминания в течение 10 дней. Экспериментальный комплекс оказал эффективное воздействие на показатели, характеризующие физические качества детей-аутистов. Прирост показателей физических качеств достоверно повысился ($p < 0,05$) после применения экспериментального комплекса по сравнению со стандартной программой: гибкость позвоночника — на 53,1 %, силовая выносливость мышц спины — на 25,6 %, брюшного пресса — на 32,2 %. Прирост показателей шейно-плечевых углов в левой руке снизился на 3,5 %, в правой — на 1,5 %, что свидетельствует об уменьшении асимметрии осанки у детей-аутистов после педагогического эксперимента ($p < 0,05$). Использование предложенного комплекса мероприятий позволяет утверждать, что систематическое применение данного комплекса способствует формированию интереса к обучению детей-аутистов, их социализации, формированию у них необходимых двигательных умений, навыков и нормализации осанки.

И. В. Пискунов

ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», Великие Луки

ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯЦИИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ БЫСТРЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ С ИЗМЕНЕНИЕМ ИХ НАПРАВЛЕНИЯ

Электрическая активность мышц при смене направления бега имеет существенные изменения по сравнению с бегом по прямой. В эксперименте участвовали семь бегунов на короткие дистанции в возрасте 20—25 лет. В первой части экспериментов испытуемые выполняли бег с максимальной скоростью по прямой, во второй — по виражу. У них синхронно регистрировали кинематические и электромиографические характеристики бегового шага, который был разделен на четыре фазы. Выявлено, что в фазе отталкивания параметры ЭМГ исследуемых мышц претерпевали существенные изменения в сравнении с фазой подседания: продолжительность их электроактивности снизилась; уменьшилась амплитуда и частота биопотенциалов; в мышцах-антагонистах бедра понизился коэффициент реципрокности и, наоборот, он увеличился в мышцах голени. В фазе отталкивания при беге по виражу ЭМГ-активность двуглавой бедра была больше, чем при беге по прямой на 72,1 %. Увеличилась амплитуда электрической активности наружной бедра, камбаловидной и передней большеберцовой мышцы. Коэффициент реципрокности в мышцах антагонистах бедра в фазе отталкивания был меньше, чем при беге по прямой, в мышцах антагонистах голени он, наоборот, увеличивался. Таким образом, смена направления движения в беге с максимальной скоростью обеспечивается существенным изменением регуляторных механизмов, проявляющихся в модификации координационной структуры ведущих мышц, активность которых определяет соответствующие кинематические и динамические характеристики бегового шага.

В. Л. Пляшкевич

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ОБРАЗЕ-АЛГОРИТМЕ КАК О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ РУКИ ПРЕДМЕТОМ

Мышечные движения, организованные для выполнения какой-либо задачи, есть Действие. В работе «Базисные Действия Человека» (2017) показано, что первые целесообразные действия руки ребёнка до 2,5 лет есть «чистые» Действия руки, в которых ребёнок вырабатывает способы манипуляции руки предметами по «правилам» 8-ми Базисных Действий: «Приблизить», «Удалить», «Соединить», «Разделить», «Объединить», «Разъединить», «Разрушить», «Сохранить». Ребёнок вырабатывает Действия в соответствии с сенсорно-двигательным принципом, воспринимая одновременно 1) зрительно общую «картину» выполнения Действия руки в поле зрения во внешнем мире и 2) проприоцептивные сигналы от мышечно-суставного аппарата руки вовлечённого в выполнение Действия, образующие двигательное «правило» выполнения данного Действия. При этом формируется целый двойной Образ восприятия, который есть МЕХАНИЗМ данного Действия руки предметом. Его предложено назвать Образом-Алгоритмом (О-А). Образ-Алгоритм является механизмом, кодом Действия руки предметом, его «идеальным» объектом-носителем в мозге. Ребёнок в возрасте 3—7 месяцев в соответствии с Базисными Действиями вырабатывает большое число О-А «Приблизить» и «Удалить» приближающих и удаляющих руку с предметом; 7—14 месяцев он вырабатывает О-А — Действия руки «Соединить» и «Разделить», соединяющие и разделяющие составные предметы; далее, к 2,5 годам, он вырабатывает О-А — Действия руки сложными предметами «Объединить», «Разъединить», «Разрушить», «Сохранить».

Е. В. Попова¹, С. В. Гарькина¹, Т. Р. Мошонкина²

¹ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава
России, Санкт-Петербург

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

ИЗМЕНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В ОТВЕТ НА ФИЗИЧЕСКИЕ И ВООБРАЖАЕМЫЕ НАГРУЗКИ

Человек способен выполнять движения не только фактически, но и мысленно. Реальные и мысленно выполняемые движения, предположительно, программируются одинаковыми мозговыми центрами. Воображаемые движения используют в эксперименте для выяснения содержания и структуры церебральных процессов, предшествующих физическому исполнению движения.

Исследовали с участием здоровых добровольцев (n=20), как при реальной и как при воображаемой физической нагрузке (приседания) происходит изменение артериального давления (АД). Зарегистрирован достоверный прирост АД не только при реальных, но и при воображаемых движениях. Надо отметить, что при воображаемой нагрузке прирост АД менее значителен. Результаты сравнения вегетативных ответов при реальных и воображаемых движениях свидетельствуют в пользу общности церебральных структур, ответственных за организацию реальных и воображаемых движений. Причиной активации вегетативной нервной системы при воображении движения могут быть как ожидание движения, так и операции центральной нервной системы (планирование/программирование), выполняемые до того, как моторные команды будут отправлены на исполнительные органы [Coll et al., 2013; doi.org/10.3389/fnhum.2013.00415].

Единство механизмов организации реальных и воображаемых движений лежит в основе использования воображаемых движений для реабилитационных целей и для оптимизации реальных двигательных функций.

Исследование поддержано грантом РФФИ № 16-29-08277 и программой ПРАН III.42 (№ 0134-2018-0001).

А. М. Пухов, С. А. Моисеев, П. В. Иванов, С. М. Иванов
*ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки*

УПРАВЛЕНИЕ СУПРАСПИНАЛЬНОЙ НЕЙРОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ ПОСРЕДСТВОМ ПРИЕМА ЕНДРАССИКА

Данная серия экспериментов была посвящена возможности применения стандартизированного мышечного сокращения (модернизированный прием Ендрассика) для управления супраспинальной нейрональной активностью. Испытуемые ($n=7$) удерживали кистевой динамометр в руках и выполняли разрыв «замка», сжимая динамометр с усилием 30 % и 90 % от МПС. Для оценки изменения супраспинальной нейрональной активности регистрировались ВМО при ТМС моторной коры и ЧЭССМ на уровне T11-T12 грудных позвонков с мышц правой ноги: *m. tibialis anterior* (TA), *m. medialis gastrocnemius* (GM), *m. soleus* (Sol). Амплитуда ВМО при ТМС без выполнения приема Ендрассика у TA составляла $0,37 \pm 0,08$ мВ, GM — $0,08 \pm 0,02$ мВ и Sol — $0,09 \pm 0,05$ мВ. При выполнении приема Ендрассика с усилием в 30 % и 90 % от МПС было зарегистрировано увеличение амплитуды ответов TA ($1,15 \pm 0,29$ мВ и $1,35 \pm 0,32$ мВ соответственно), GM ($0,16 \pm 0,02$ мВ и $0,24 \pm 0,04$ мВ соответственно) и Sol ($0,20 \pm 0,06$ мВ и $0,41 \pm 0,14$ мВ соответственно). При выполнении приема Ендрассика с усилием 30 % от МПС зарегистрировано увеличение амплитуды ВМО, вызываемых ЧЭССМ, исследуемых мышц голени до 50 %. Выполнение приема с усилием 90 % от МПС сопровождалось ростом амплитуды ответов TA на 55 % и снижением амплитуды ВМО GM на 19 % и Sol — на 47 %. Таким образом, эффект приема Ендрассика зависит от величины развиваемых усилий при его выполнении.

В. Ю. Рошин¹, А. М. Бадакв², Н. В. Миллер², Л. Н. Зобова²
*¹ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии» РАН, Москва*

²ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО СЕНСОРНОГО КАНАЛА С ФУНКЦИЯМИ ПРОПРИОЦЕПЦИИ НА ОСНОВЕ ИНВАЗИВНОЙ МИКРОСТИМУЛЯЦИИ КОРЫ У ОБЕЗЬЯН

Проприоцепция — ощущение взаимного положения и движения конечностей и тела — играет ключевую роль в планировании и выполнении движений. При двигательных нарушениях центрального генеза одной из существенных причин может быть именно дефицит проприоцепции. Поэтому перспективной представляется задача разработки технологии создания искусственного сенсорного канала для передачи пространственной информации, который был бы интегрирован в структуры мозга, ответственные за планирование и выполнение произвольных движений. Успешное развитие таких технологий могло бы привести к качественно скачку в нейрореабилитации двигательных нарушений, позволяя восстанавливать утраченные функции проприоцепции или «очувствлять» активно управляемые протезы и экзоскелеты. Нами предпринята попытка создания у обезьяны искусственного сенсорного канала для получения информации о взаимном положении управляемой рабочей точки и произвольной цели в виртуальном пространстве на основе скоординированной многоканальной микроstimуляции коры. Формирование сенсорной значимости паттернов стимуляции происходит за счёт пластичности коры в процессе ассоциативного обучения обезьяны при выполнении движений с визуализацией рабочей точки и цели в сочетании с одновременной скоординированной стимуляцией через имплантированные в соматосенсорную кору микроэлектроды. Таким образом, в рамках мультисенсорной интеграции, новый искусственный канал калибруется по имеющемуся зрительному.

Работа поддержана грантом ОФИ_м № 16-29-08187.

В.А. Селионов¹, И.А. Солопова¹, Д.С. Жванский¹, М.С. Атанов²

¹ФГБУН «Институт проблем передачи информации» РАН, Москва

²ФГБУН «Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии» РАН, Москва

РАЗЛИЧИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОРЕ МОЗГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РИТМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ И ИХ ДЕМОСТРАЦИИ У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ И У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА

Использование виртуальной реальности у людей с последствиями инсульта содействует более эффективному восстановлению двигательных функций. Отведение электрокортикальной динамики во время локомоции дает лучшее понимание процессов, происходящих в коре головного мозга во время управления движениями. Исследовали изменения параметров ЭЭГ у семи здоровых испытуемых и трёх пациентов после инсульта, когда участники выполняли движения, или наблюдали за аналогичными движениями на экране монитора. Испытуемые выполняли движения только ногами, только руками или совместные ритмические движения руками и ногами. Аналогичные движения демонстрировались испытуемым на экране монитора. Оценивали активность во фронтальной, центральной и париетальной областях коры в альфа и бета частотных диапазонах, когерентность между этой активностью и поверхностными миограммами основных мышц ног и рук. Показано подавление этой активности во время любого события по сравнению с состоянием покоя. В обоих условиях наблюдалась связанная с событием десинхронизация мю и бета ритмов. Наблюдение за движениями как рук, так и ног было также эффективно, как и реальные движения, и приводило к увеличению когерентных взаимодействий между разными областями коры. Наблюдение за действием может использоваться как терапевтический метод для двигательного обучения, а включение виртуальной реальности в процесс нейрореабилитации может оказывать существенное влияние на увеличение мотивации пациента.

Работа поддержана РФФИ № 16-29-08181.

Д. И. Силантьева, Э. И Ямалитдинова., Т. В. Балтина
*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Институт фундаментальной медицины и биологии, Казань*

**ВЛИЯНИЕ ПЕРВИЧНОГО ТРАВМАТИЧЕСКОГО
ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА НА ПАРАМЕТРЫ
МОТОРНЫХ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ МЫШЦ
ЗАДНЕЙ КОНЕЧНОСТИ КРЫСЫ**

При оценке механизмов посттравматических повреждений спинного мозга важным является анализ изменения функционального состояния нейронов спинного мозга ниже места травмы. Задачей нашего исследования было проанализировать состояние нейромоторного аппарата камбаловидной (КМ), передней большеберцовой (ПБМ) и икроножной (ИМ) мышц крысы на протяжении суток после травмы спинного мозга (ТСМ). Эксперименты были проведены на крысах линии Вистар с соблюдением биоэтических норм. Моторные ответы, исследуемых мышц, вызванные эпидуральной стимуляцией спинного мозга (ВО) регистрировались до нанесения травмы, через 20 минут, 2 и 24 часа после ТСМ. Было выявлено, что амплитуда раннего компонента ВО КМ достоверно увеличивалась через 2 часа после травмы ($212 \pm 66\%$) и оставалась повышенной ($153 \pm 21\%$) на протяжении 24 часов. В то время как амплитуда раннего компонента ВО ПБМ увеличивалась только через 24 часа после ТСМ. Амплитуда среднего компонента ВО увеличивалась ($267 \pm 96\%$) только в ПБМ через 24 часа после травмы. Пороги возникновения ВО повышались через два часа после ТСМ.

Можно сделать вывод, что первичные посттравматические процессы, происходящие в спинном мозге в месте повреждения, оказывают различное воздействие на функциональное состояние нейромоторного аппарата отдельных мышц задних конечностей, и более чувствительны к первичному травматическому воздействию нейроны КМ и ПБМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-04-01746.

И. М. Сиренев, Н. В. Сиренева, Л. И. Герасимова-Мейгал
ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск

КАРДИОВАСКУЛЯРНАЯ АВТОНОМНАЯ ДИСФУНКЦИЯ У ПАЦИЕНТОВ С РАССЕЯННЫМ СКЛЕРОЗОМ: ВРЕМЕННЫЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИАбельНОСТИ РИТМА СЕРДЦА

Автономная дисфункция является характерным клиническим синдромом при рассеянном склерозе (РС). Целью исследования была оценка кардиоваскулярной автономной дисфункции у пациентов с РС с помощью анализа временных и спектральных характеристик variability ритма сердца (ВРС). В исследовании участвовали 32 пациента с достоверно установленным диагнозом РС с ремиттирующе-рецидивирующим течением (17 м и 15 ж возраста $29,2 \pm 4,9$ лет, стаж болезни $4,2 \pm 2,7$ года) и 26 практически здоровых добровольцев (15 м и 11 ж возраста $30,1 \pm 2,7$ лет). Анализ ВРС в покое и при функциональных пробах с глубоким управляемым дыханием (ГУД) и при активной ортостатической пробе (АОП) выполнен с помощью прибора ВНС-спектр («Нейрософт», Иваново, РФ). Выявлено существенное снижение параметров ВРС, характеризующих общую variability сердечного ритма (SDNN, RMSSD, PNN50, CV) в группе РС по сравнению со здоровыми лицами. Абсолютные значения общей мощности спектра ВРС (TP) и абсолютных значений компонентов спектра, характеризующих нейрогенные парасимпатические (HF) и симпатические (LF) влияния на сердечную деятельность у пациентов с РС были также ниже. В функциональных пробах в группе РС наблюдалось недостаточное участие рефлекторных механизмов в регуляции деятельности сердца. Таким образом, анализ временных и спектральных характеристик ВРС при выполнении кардиоваскулярных проб позволяет выявить дефицит парасимпатического и симпатического нейрогенного контроля сердечного ритма у пациентов с РС.

**И. А. Солопова¹, В. А. Селионов¹, Д. С. Жванский¹,
И. Ю. Долинская², Е. С. Кешишян³**

¹ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича» РАН, Москва

²Московский физико-технический институт (ГУ), Долгопрудный

³ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России, Москва

РЕАКЦИИ МЫШЦ НА ИХ ПАССИВНОЕ УКОРОЧЕНИЕ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ ПЕРВОГО ГОДА ЖИЗНИ

Изменение мышечного тонуса ребенка на первом году жизни является важным фактором двигательного развития. Подобное изменение можно отследить по реакциям мышц младенца на их пассивное сокращение (реакции укорочения, РУ). Исследовали 52 доношенных здоровых ребенка в возрасте от рождения до 1 года. В положении лежа на спине регистрировали активность основных мышц ног и рук при пассивных циклических движениях сгибания/разгибания в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах ног, а также в локтевых суставах рук. Показано, что РУ значительно чаще наблюдались в мышцах рук, чем в мышцах ног. Для всех исследуемых мышц наблюдалось изменение количества этих реакций на протяжении первого года жизни: процент появления этих реакций по отношению к количеству пассивных отклонений был наибольшим в возрастной группе 2—6 месяцев и характеризовался их большей амплитудой. К году количество РУ резко снижалось на фоне удлинения их латентности для большинства исследованных мышц. Результаты предполагают, что в процессе двигательного развития младенца на первом году жизни происходит постепенный переход от простой рефлекторной активности мышц на внешние воздействия к повышению влияния ЦНС на эти реакции. Изменение реакций мышц на внешние возмущения может быть связано с изменением их тонического состояния, которое, вероятно, связано с необходимостью перехода от спонтанных движений в горизонтальном положении к ползанию и вертикальной ходьбе.

Работа поддержана РФФИ № 18-015-00187.

А. Б. Трембач, Т. В. Пономарева,
Д. М. Самарский, Е. Р. Миниханова
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет
физической культуры, спорта и туризма»,
Научно-практический центр нейробиоуправления, Краснодар

НАПРАВЛЕННАЯ КОРРЕКЦИЯ КОРКОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОСРЕДСТВОМ БОС-ТРЕНИНГА ПО ПОЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И ЭЭГ У ЛИЦ С СДВГ

Синдром дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) является широко распространенным заболеванием (МКБ — 10, DSM — III—IV), которое проявляется у лиц от первого периода детства до зрелого возраста. Современные технологии нейрореабилитации позволяют изменять структурно-функциональную организацию ЭЭГ посредством биологической обратной связи (БОС), что приводит к снижению невнимательности, импульсивности и гиперактивности без применения медикаментозных средств. Однако, большая вариативность электрической активности, 5 типов по классификации Е. А. Жирмунской, затрудняет выбор преимущественно-спектральных характеристик ЭЭГ, по-видимому, связанных с эндофенотипом данной патологии. В предложенном нами методе (патент № 2457783) была использована БОС по позной устойчивости посредством компьютерного стабиланализатора «Стабилан-01». Полученные результаты по БОС-тренингу показали снижение невнимательности, импульсивности, а также повышение мощности спектра ЭЭГ в диапазонах альфа — затылочная область или бета — в центральных, и снижение тета ритма в лобных областях коры больших полушарий. Выявленная направленность изменений ритмов ЭЭГ позволила существенно оптимизировать структурно-функциональную организацию ЭЭГ при повторном БОС-тренинге. Пилотные исследования показали, что при направленной коррекции посредством повторного тренинга ЭЭГ существенно снижалась невнимательность и импульсивность по сравнению с результатами отдельных методов с использованием показателей позной устойчивости и корковой электрической активности.

О. Г. Третьякова¹, А. Ю. Мейгал¹, Л. И. Герасимова-Мейгал¹,
Н. С. Субботина¹, И. В. Саенко²
¹ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный
университет», Петрозаводск
²ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ ВО ВРЕМЯ КУРСА «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

Цель настоящей работы — оценить время реакции в различных тестах до и после курса «сухой» иммерсии у больных паркинсонизмом (БП). Описание методики проведения процедуры и курса «сухой» иммерсии представлено в работах [Meigal et al., 2018]. Измерение времени реакции проводили за 1 день до курса «сухой» иммерсии, на следующий день после его окончания, 2 недели и 2 месяца после курса. Курс «сухой» иммерсии состоял из 7 сеансов иммерсии. Курс иммерсии прошли 13 больных с БП, 6 больных БП составили контрольную группу. Время реакции измеряли при помощи аппарата Психотест-НС (ООО «Нейрософт», Иваново, Россия). Оценены ПЗМР, ЗВ, тест на помехоустойчивость (ПУ), теппинг-тест (ТТ). Применение «сухой» иммерсии становилось заметным сразу после ее курса, однако оказывало наибольший эффект спустя недели после курса. Наибольший эффект был характерен для РВ. Время РВ уменьшалось в среднем на 25 % (с 539 до 420 мс, $p=0,027$). Время реакции в тесте на помехоустойчивость снизилось в среднем на 7 % к концу 2-й недели после курса иммерсий (с 362 до 311 мс, $p=0,045$). Время ПЗМР и время одного удара (по данным ТТ) практически не изменились в течение всего курса «сухой» иммерсии. В контрольной группе изменений названных параметров не обнаружено. Таким образом, тесты, связанные с более сложными заданиями, содержащими когнитивный компонент, более сильно изменяются при воздействии микрогравитации на организм больных БП, тогда как более «двигательные» тесты практически не изменились.

S. H. Urynbayev
Satbayev Kazakh National Technical University

**ABOUT THE WORK OF THE BRAIN
IN GENERAL. INDIVIDUAL AND
SOCIAL CONSEQUENCES**

The scheme of internal control of person is proposed: each organ of senses creates its own description of environment in brain. Simultaneous record in various languages of brain should be done by the same mechanism, by the same recording impulse. Such mechanism can be found under study of muscle speech movement. The human skeleton is considered as open multilink and analysis is done on the base of methods of mechanic. The psychological and social processes can be explained more rationally.

К. В. Уськов, С. К. Резванова, Д. Р. Бабич, Е. В. Фомина
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
ФГБОУ ВО «Московский педагогический
государственный университет», Москва
Российский государственный университет физической культуры,
спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва

**УРОВЕНЬ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
И АЭРОБНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЧАСТНИКОВ
ЭКСПЕРИМЕНТА С КРАТКОСРОЧНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ**

С целью определения уровня двигательной активности и аэробных возможностей шести человек, находившихся в условиях 17-суточной изоляции, определялось количество шагов, пройденных за сутки (до, во время и после изоляции) и регистрировались параметры газообмена (до и после изоляции). Количество шагов определялось на основе актиграфии, тест для определения аэробных возможностей включал в себя локомоции со ступенчато-возрастающей скоростью от 3 до 15 км/час и приращением на 1 км/ч каждые 30 с. Бегущая дорожка была расположена вертикально.

ВОЗ рекомендует проходить 10 000 шагов за сутки для поддержания и улучшения здоровья взрослого человека (Le Hello et al., 2018). По техническим причинам на 12-е сутки изоляции актиграфия не выполнялась. Данные актиграфии с 14-х по 15-е сутки изоляции не учитывались, в этот период была плановая депривация сна у испытуемых. Среднее количество пройденных шагов в период изоляции составило $10\,021 \pm 1527$. Наименьшее количество шагов зарегистрировано на 13-сутки — 8184 ± 1222 , наибольшее на 8-е сутки изоляции — $11\,892 \pm 1335$, что меньше, чем в фоне — $14\,264 \pm 1203$ ($p < 0,05$) и меньше, чем после периода изоляции — $13\,804 \pm 1374$ ($p < 0,05$). Можно говорить о наблюдавшейся тенденции уменьшения двигательной активности даже в краткосрочной изоляции без применения физических тренировок. Результаты теста оценки параметров газообмена свидетельствуют об отсутствии значительного снижения аэробных возможностей участников эксперимента с изоляцией.

Работа поддержана РФФИ № 17-04-01826.

Е. В. Фомина, С. К. Резванова, Н. Ю. Лысова
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
ФГБОУ ВО «Московский педагогический
государственный университет», Москва
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В НЕВЕСОМОСТИ

Изменения в системе энергообеспечения мышечной деятельности, обусловленные длительным пребыванием в условиях невесомости, определены на основе регистрации до и после космического полета (КП) параметров газообмена во время выполнения теста со ступенчато-возрастающей скоростью локомоций от 3 до 15 км/ч (приращение на 1 км/ч каждые 30 с). Тест выполнялся за 30—60 суток до космического полета и на $8\text{-e}\pm 3$ сутки после завершения длительного КП, регистрировались потребление кислорода, выделение углекислого газа, легочная вентиляция, частота сердечных сокращений). Представлены данные космонавтов, достигших максимальной скорости бега (15 км/ч) как до, так и после КП. Максимальное потребление кислорода после КП было отмечено при выполнении бега на скоростях меньших, чем до полета (13 км/ч, 14 км/ч). Максимальное потребление кислорода является интегральным показателем аэробных возможностей организма и часто рассматривается и как индикатор уровня здоровья. Выделение углекислого газа и легочная вентиляция у всех обследованных с увеличением скорости бега увеличивались быстрее, чем до КП. Таким образом, профилактика гипогравитационных нарушений является достаточно эффективной для успешного выполнения задач орбитального полета, но при подготовке к межпланетным миссиям, требующим выполнения операторской деятельности на поверхности небесных тел, требуется увеличение интенсивности физических тренировок на этапе полета, предшествующем посадке.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-04-01826А.

А. С. Шилов¹, Е. А. Уляшева², А. В. Лахтионов¹, В. Д. Изъюров²

¹ФИЦ «Коми научный центр Уральского
отделения РАН», Сыктывкар
²ФГОУВПО «Сыктывкарский государственный
университет имени Питирима Сорочкина», Сыктывкар

ИЗМЕНЕНИЯ СПИНАЛЬНЫХ МОНОСИНАПТИЧЕСКИХ РЕФЛЕКСОВ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ОСТРЫХ И ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Одной из важных проблем физиологии движения остается понимание механизмов, вызывающих возможные нарушения функций нервно-мышечного аппарата у человека в условиях влияния факторов различного генеза.

В настоящем исследовании предпринята попытка изучить возможное влияние интервальных гипоксических экспозиций на моносинаптический спинальный Н-рефлекс и прямой мышечный ответ, получаемые с *m. soleus* и *m. gastrocnemius*.

Методы исследования. Исследование проводилось на неврологически здоровых мужчинах (19—26 лет, $n=15$), которые подвергались дозированному воздействию интервальными гипоксическими тренировками (ИГТ) ($O_2=10\%$, $CO_2=0.03\%$ от 30 до 50 минут в течение 16 дней).

Установлено, что у 16—17 (57.1—64.3 %) исследуемых на отдельных этапах реадaptации порог вызова H_{min} -ответа *m. gastrocnemius* существенно уменьшается. Также, смещается сила электрического раздражения, вызывающая максимальное рекрутирование Н-рефлекса, в сторону меньших абсолютных ее значений. Данная закономерность отчетливо проявляется в разные периоды реадaptации у 13—14 (46.4—50.0 %) исследуемых, свидетельствуя о возможности влияния курса ИГТ на понижение пороговой силы тока для вызова максимальной активации афферентов. При этом, индивидуальный прирост силы раздражения в диапазоне от минимального до максимального проявления Н-ответа увеличивается (на 2—4 мА) в период реадaptации после курса ИГТ, свидетельствуя о повышении вероятности увеличения реактивности рекрутирования Н-рефлекса у отдельных исследуемых.

**СОКРАТИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ МЫШЦ
И ЕЁ НЕЙРОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ
(2-Е НАСЛЕДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ)**

О. П. Балезина

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

РЕЖИМЫ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАБОТУ МОТОРНЫХ СИНАПСОВ

Скелетная мускулатура — наряду с ее сократительной и двигательной активностью — переоткрыта недавно как своеобразный «эндокринный орган» способный высвобождать большой спектр метаболитов — т. н. миокинов, воздействующих на организм как системно, так и локально, — на уровне самой мышцы, ее сосудов и синапсов. Среди миокинов, регулирующих моторные синапсы — миогенно высвобождаемые газы (NO, H₂S, CO), нейротрофины — BDNF, IGF1, активные формы кислорода, пурины (АТФ и аденозин), протеаза тромбин, эндоканнабиноиды и другие (Pederson, Febriano, 2007). Режимы активности либо неупотребления мышцы, приводящие к высвобождению определенных миокинов, избирательно регулирующих параметры синаптической активности моторных синапсов, остаются малоизученными.

В проведенных нами исследованиях удалось выявить ранее не известные условия и режимы активности либо «неупотребления» сократительной активности скелетных мышц мыши, при которых наблюдаются изменения работы моторных синапсов. Впервые показано участие мышечных рецепторов тромбина в запуске секреции миогенного BDNF как регулятора параметров спонтанной и вызванной активности синапсов. Обнаружена зависимость от мышечной активности способность пептида GGRP регулировать размеры квантов медиатора АХ в посттетанический период активности мышцы. Впервые раскрыта роль мышечных белков паннексинов в тоническом высвобождении миогенной АТФ как основного источника пуринергической регуляции вызванной секреции АХ в моторных синапсах.

И. И. Кривой

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург

NA, K-АТФАЗА И ГАРАНТИЙНЫЙ ФАКТОР НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Важнейшим фактором надежности и пластичности нервно-мышечной передачи является электрогенез концевой пластинки, от которого зависит процесс трансформации локального потенциала концевой пластинки в распространяющийся потенциал действия. Как установлено работами академика Е. Е. Никольского и соавторов (Nikolsky et al., 1994), вследствие активации электрогенного Na, K-насоса некантовым ацетилхолином, в области концевой пластинки возникает дополнительная локальная гиперполяризация (surplus polarization) мембраны, имеющая важное физиологическое значение и способствующая поддержанию постсинаптического электрогенеза. В скелетной мышце экспрессируются альфа1- и альфа2-изоформы каталитической и транспортной альфа-субъединицы Na, K-АТФазы, причем один из пулов альфа2-изоформы сосредоточен в концевой пластинке, где этот белок ко-локализован и молекулярно взаимодействует с никотиновыми холинорецепторами (нХР). Локальная гиперполяризация мембраны обусловлена повышением электрогенной активности альфа2-изоформы за счет ее функционального и молекулярного взаимодействия с нХР, в котором принимает участие также мембранный холестерин. Альфа1-изоформа Na, K-АТФазы в скелетной мышце функционально более стабильна; пластичность альфа2-изоформы проявляется в специфической зависимости от двигательной активности, причем нарушения ее функционирования наблюдаются не только при хронической двигательной разгрузке, но уже на ранних этапах двигательной дисфункции.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-15-00043.

Т. Л. Немировская, Б. С. Шенкман
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

МЕХАНИЗМЫ ЭКСПРЕССИИ E3-ЛИГАЗ

При разгрузке мышц наблюдается их атрофия, которая происходит как за счёт увеличения протеолиза, так и снижения синтеза белка (Haddad et al., 2003; Ikemoto et al., 2001; Chopard et al., 2009; Bodine, 2013). Ранее мы обнаружили, что, в отличие от длительных сроков разгрузки, сигнальный путь mTORC-1/p70S6K повышает свою активность в m. soleus в первые сутки разгрузки (Т. М. Mirzoev et al., 2016). Этому повышению способствует дефосфорилирование AMPK. Повышенная активность сигнального пути mTORC1/ p70S6k1 приводит к повышенной экспрессии E3-лигаз MuRF-1 и MAFbx/atrogen-1 на начальном этапе функциональной разгрузки. Мы исследовали также различные сигнальные пути, активирующие транскрипционный фактор FOXO3, помимо использования его фосфорилированной/дефосфорилированной форм, при его взаимодействии с основными E3-лигазами (HDAC1, HDAC4/HDAC5) и обнаружили, что ингибирование HDACs регулирует экспрессию atrogen-1. Оказалось также, что редко исследуемая при разгрузке p38MAPK, не только активно регулирует экспрессию (MuRF-1), но и влияет на степень атрофии m. soleus при выведении крыс. В то же время, сигнальный путь NF-κappaB не регулирует экспрессию E3-лигаз при функциональной разгрузке мышц.

Работа была поддержана грантами РНФ № 18-15-00062 и РФФИ № 17-04-01838 А.

**С. С. Попова¹, А. Д. Уланова¹, Ю. В. Грицына¹, Н. Н. Салмов¹,
Г. З. Михайлова¹, А. Г. Бобылёв¹, В. В. Рогачевский²,
О. С. Моренков², Н. М. Захарова², И. М. Вихлянец¹**

¹*ФГБУН «Институт теоретической
и экспериментальной биофизики» РАН, Пуцдино*
²*ФГБУН «Институт биофизики клетки» РАН, Пуцдино*

ФАКТОРЫ ПРОТЕОСТАЗА В ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦАХ ГИБЕРНИРУЮЩИХ ЖИВОТНЫХ

Молекулярные механизмы протеостаза в мышцах гибернантов, лежащие в основе уменьшения степени развития мышечной атрофии, широко обсуждаются в последние годы. Цель исследования заключалась в проверке предположения, что увеличение активности кальций-активируемой протеазы кальпаина-1, запускающей турновер гигантских мышечных белков, а также гиперактивация белкового синтеза в периоды «зимней» активности (периодически повторяющихся промежутков нормотермии между периодами гипотермии (спячки)) вносят вклад в предотвращение развития атрофии миокарда и уменьшение степени её развития в скелетных (m. soleus, m. gastrocnemius, m. longissimus dorsi) мышцах длиннохвостого суслика (*Spermophilus undulatus*). Получены результаты, позволяющие сделать следующий вывод: гиперактивация кальпаина-1 в поперечнополосатых мышцах длиннохвостого суслика в период «зимней» активности сопровождается преимущественным синтезом гигантских белков толстых и тонких нитей, что вносит вклад в предотвращение мышечной атрофии или уменьшение степени её развития.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-04-00326.

Е. С. Правдивцева, П. О. Богачева, О. П. Балежина
*ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М. В. Ломоносова», Москва*

ПОТЕНЦИРОВАНИЕ СПОНТАННОЙ СЕКРЕЦИИ МЕДИАТОРА В ЗРЕЛЫХ И НОВООБРАЗОВАННЫХ СИНАПСАХ МЫШИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТРОМБИНА

Тромбин — сериновая протеаза, способная, действовать как сигнальная молекула путем активации PARs (Proteinase-Activated Receptors). Присутствие PAR1-рецепторов обнаружено в зрелых и развивающихся моторных синапсах, где они локализованы на мембране мышечных волокон. При воспалении или повреждениях мышечной ткани экспрессия эндогенного тромбина повышается до уровня, активирующего PAR1. В данной работе изучали влияние тромбина (1 нМ) на спонтанную секрецию ацетилхолина (АХ) в зрелых и новообразованных после передавливания нерва моторных синапсах *m. EDL* мыши. Использовали стандартную микроэлектродную технику регистрации миниатюрных потенциалов концевой пластинки (МПКП). В зрелых синапсах тромбин приводил к возрастанию амплитуды МПКП на 28 % по сравнению с контролем ($p < 0.05$), частота и временные параметры при этом не изменялись, что указывает на пресинаптический характер действия. Кривые кумулятивной вероятности распределения амплитуд МПКП под действием тромбина сдвигались вправо, в область более высоких значений амплитуд и этот сдвиг сохранялся при отмывке. В новообразованных синапсах эффект тромбина был более выражен: амплитуда МПКП устойчиво увеличивалась на 41 % ($p < 0.05$). Таким образом, как в зрелых, так и в функционально незрелых новообразованных синапсах тромбин вызывал стойкое потенцирование амплитуды МПКП на пресинаптическом уровне.

Работа поддержана грантом РФФИ 19-04-00616.

А. Проэнса Гарсия, А. С. Митева, П. О. Богачева, О. П. Балежина
*ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М. В. Ломоносова», Москва*

ПОСТСИНАПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ЭНДОГЕННОЙ И ЭКЗОГЕННОЙ АТФ В МОТОРНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ

Известно, что АТФ является не только медиатором ацетилхолина (АХ), но способна высвобождаться из скелетной мышцы и оказывать ауторегуляторные воздействия на мышечные волокна. В данной работе исследовали влияние АТФ на параметры спонтанных миниатюрных потенциалов концевой пластинки (МПКП) в моторных синапсах диафрагмы мыши.

Для выявления участия эндогенной АТФ в регуляции параметров МПКП, использовали блокатор экто-АТФаз ARL67156 (50 мкМ). Это приводило к повышению концентрации АТФ в синаптической щели и предотвращало проявление эффектов продукта гидролиза АТФ аденозина. В присутствии ARL67156 не наблюдалось изменений частоты и амплитуды МПКП, однако происходило достоверное увеличение времени нарастания и полуспада МПКП на 10 % по сравнению с контролем ($p < 0.05$).

Далее мы использовали негидролизуемый аналог АТФ g-S-АТФ (10 мкМ). В этом случае также создавалась повышенная концентрация АТФ и исключалось влияние продуктов ее гидролиза. Под действием g-S-АТФ частота МПКП не изменялась, но наблюдалось выраженное достоверное увеличение не только временного хода, но и амплитуды МПКП на 22 % ($p < 0.05$) по сравнению с контрольным уровнем. Этот эффект имел постсинаптическую природу, так как не предотвращался блокатором везикулярного транспортера АХ везамиколом (1 мкМ).

Обнаруженная при действии эндогенной и экзогенной АТФ постсинаптическая потенциация спонтанной секреции АХ может быть опосредована воздействием АТФ на мышечные пуринорецепторы и сопутствующим изменением работы каналов nXP.

Г. В. Сибгатуллина, А. Р. Мухитов, А. И. Маломуж
*Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ
Казанский научный центр РАН, Казань*

НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ СИНАПС IN VITRO КАК МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЖКЛЕТОЧНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Нервно-мышечный синапс *in vitro* представляет собой перспективную модель для исследования сложных внутри- и межклеточных механизмов коммуникации в периферической нервной системе. Моделирование уникальных функциональных взаимодействий между нейроном и мышечным волокном может иметь решающее значение для раскрытия механизмов, лежащих в основе дегенеративных патологий мотонейронов и различных миопатий. Однако постановка данного метода сопряжена с рядом сложностей (подбор протоколов, использование *microfluidic culture platform* и т. п.). Вероятно, именно высокой трудоемкостью процесса обусловлен тот факт, что лишь небольшое число лабораторий в мире осуществляет работу с такой системой. Тем не менее, несмотря на все сложности, внедрение данной модели в исследовательскую практику, несомненно, позволит получать приоритетные данные в области физиологии и медицины. В нашей лаборатории была поставлена задача получить функционирующий синапс *in vitro*. К настоящему моменту уже модернизированы существующие в литературе протоколы выделения и культивирования мотонейронов и миоцитов холоднокровных и теплокровных животных. Были предприняты попытки соединить два типа клеток простым слиянием, а также проведены пилотные эксперименты по применению *microfluidic culture platform*. Система уже частично используется в работах, проводимых по гранту РФФИ: проводится исследование ГАМК-эргической системы в развивающемся мышечном волокне. Работа частично поддержана грантом РФФИ (№ 17-15-01279).

**Е. О. Тарасова, А. И. Молчанова, А. С. Митева,
А. Е. Гайдуков, О. П. Балежина**
*ФГБОУ ВО Московский государственный
университет имени М. В. Ломоносова*

ДЕЙСТВИЕ BDNF НА СПОНТАННУЮ И ВЫЗВАННУЮ СЕКРЕЦИЮ АЦЕТИЛХОЛИНА В МОТОРНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ

BDNF может выделяться из мышечных волокон и ретроградно действовать на пресинаптические TrkB-рецепторы нервной терминали моторного синапса. Выявляли действие BDNF на секрецию ацетилхолина (АХ) в нервно-мышечных синапсах диафрагмы мыши. С помощью микроэлектродной техники отведения потенциалов регистрировали спонтанные миниатюрные потенциалы концевой пластинки (МПКП) и вызванные стимуляцией нерва (50 Гц, 1 сек) потенциалы концевой пластинки (ПКП).

На фоне BDNF (1 нМ) наблюдали увеличение средней амплитуды МПКП на 25—30 % и частоты МПКП на 25—40 %, причем значение частоты МПКП, в отличие от амплитуды, возвращалось при отмывке к контрольному. Вызванный выброс АХ также усиливался при действии экзогенного BDNF — на фоне нейротрофина амплитуда каждого ПКП в коротком залпе увеличивалась на 30—32 % ($p < 0.05$). При этом квантовый состав ПКП не менялся по сравнению с контролем, так как параллельно происходил прирост и амплитуды МПКП.

Прирост амплитуды МПКП под действием BDNF предотвращался везикулолизом (1 мкМ) -ингибитором везикулярного транспорта АХ, что свидетельствует о том, что увеличение амплитуды постсинаптических потенциалов связано с усилением накачки АХ в везикулу и возрастанием размера квантов АХ.

Работа поддержана грантом РФФИ № 19-04-00616-а

А. К. Цатурян

НИИ механики МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

МЕХАНОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МИОЗИНОВЫХ НИТЕЙ В САРКОМЕРАХ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТЫХ МЫШЦ ПОЗВОНОЧНЫХ: ГИПОТЕЗА И ФАКТЫ

Модель стерического блокирования как основного молекулярного механизма регуляции сокращения поперечно-полосатых мышц позвоночных возникла в начале 1970-х годов. Согласно этой модели, ионы Ca^{2+} связываются с белком тропонином (Тн), образующим вместе с длинным суперспиральным белком тропомиозином (Тм) тяж на поверхности актиновой нити. В отсутствие Ca^{2+} Тм закрывает актин от миозиновых головок, подерживая мышцу в расслабленном состоянии. Связывание Ca^{2+} с Тн смещает тяж и открывает актин для присоединения миозиновых головок, запуская мышечное сокращение. Несколько лет назад группа итальянских и британских исследователей (Nature, 2015, 528: 276—279) предложила принципиально иной миозиновый механизм регуляции сокращения, основанный на гипотезе о механочувствительности миозиновых нитей. Согласно этой гипотезе натяжение миозиновых нитей освобождает головки молекул миозина, прижатые в расслабленной мышце к стволу миозиновых нитей, в результате чего они приобретают большую готовность к присоединению к актину. В пользу этой гипотезы свидетельствуют результаты рентгенодифракционных экспериментов с интактными волокнами скелетной мышцы лягушки и данные опытов с флуоресцентными метками, присоединенными к миозиновым головкам в демембранизованных волокнах мышц кролика. В докладе будут описаны методы и результаты этих исследований и проведен критический анализ роли миозиновых нитей в регуляции мышечного сокращения.

Поддержано госбюджетным финансированием по теме ААА-А-А16-116021110193-0.

Б. С. Шенкман

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ПУСКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ГИПОГРАВИТАЦИОННОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЫ

При действии реальной или моделируемой невесомости, а также иммобилизации в первую очередь страдают постуральные мышцы. При этом наблюдается уменьшение их жесткости, развитие мышечной атрофии и сдвиг миозинового фенотипа в быструю сторону. Известно, что после устранения опоры наблюдается мгновенное прекращение электрической активности камбаловидной мышцы (по показателям электромиографии), которое сохраняется в течение 3 суток. Представляется естественным, что снижение/прекращение электрической активности мышцы, свидетельствующее о прекращении ее сократительной активности, может привести к изменениям трех основных физиологических механизмов, непосредственно зависящих от активности мышечных волокон: электрогенных механизмов, механосенсорных путей, ключевых механизмов энергетического метаболизма. В докладе рассматриваются прямые и косвенные собственные и литературные данные о роли каждого из названных пусковых механизмов в развитии гипогравитационной перестройки постуральной мышцы.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ — ИМБП РАН.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ
ПОДДЕРЖАНИЯ КЛЕТОЧНОГО
ГОМЕОСТАЗА СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ
В НОРМЕ И В ПАТОЛОГИИ**

А. Е. Бажутина¹, Н. А. Балакина-Викулова²,
Л. Б. Кацнельсон², О. Э. Соловьева¹, А. В. Панфилов³

¹Уральский федеральный университет им. первого
Президента Б. Н. России Ельцина, Екатеринбург

²Институт иммунологии и физиологии УрО РАН, Екатеринбург

³Гентский университет, Гент, Бельгия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОТОНИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ КАРДИОМИОЦИТОМ И ФИБРОБЛАСТАМИ НА ФУНКЦИЮ КАРДИОМИОЦИТА В РАМКАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Фибробласты — невозбудимые пассивные клетки сердечной ткани. Фибробласты связаны с кардиомиоцитами щелевыми контактами, поэтому могут влиять на электрическую активность кардиомиоцитов (Thompson, 2011, Cite). В рамках математической модели сопряжения кардиомиоцита и фибробластов (КФ-модель) исследовалось влияние их электротонического взаимодействия на мембранный потенциал фибробласта и электромеханическую активность кардиомиоцита. В КФ-модели использованы ионная модель фибробласта (MacCannell2007) и электромеханическая модель кардиомиоцита человека (Balakina-Vikulova, 2018, Comp Cardiol). Изучалось влияние количества фибробластов, электрически сопряженных с кардиомиоцитом, на функцию кардиомиоцита. Показано, что с увеличением числа сопряженных фибробластов существенно уменьшается потенциал действия, уменьшается амплитуда и длительность сокращения кардиомиоцита, снижается степень грузозависимости его сокращения. Хотя в КФ-модели не учитывается механическое взаимодействие кардиомиоцита и фибробластов, механические условия сокращения кардиомиоцита (постнагрузка) через внутриклеточные механо-кальциевые обратные связи в кардиомиоците влияют на его сокращение. Так, в рамках модели показано, что увеличение числа фибробластов в сердце, например, при старении, может увеличивать вероятность возникновения аритмий и снижать насосную функцию сердца.

Поддержка: РФФИ 18-29-13008, 18-015-00368, Правительство РФ № 211 от 16.03.2013 02.А03.21.0006, госзадание ИИФ УрО РАН № ААА-А-А18-118020590031-8.

М. Э. Балтин, Д. Э. Сабирова, Э. И. Ямалитдинова, Т. В. Балтина
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
институт фундаментальной медицины и биологии, Казань

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ КОНЬЮГАТОВ В ДОСТАВКЕ МЕТИЛПРЕДНИЗОЛОНА ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА

Задачей исследования являлась оценка эффективности доставки метилпреднизалона в нервную ткань с помощью полимерных конъюгатов в острой фазе развития травматической болезни спинного мозга (ТСМ) у крыс. В ходе экспериментов было обследовано 14 нелинейных лабораторных крыс с соблюдением биоэтических норм. Для оценки восстановления функций нейронных сетей использовался метод оценки параметров вызванных ответов мышц задней конечности при эпидуральной стимуляции спинного мозга. Метилпреднизолон (МП) в составе полимера имплантировался на участок травмы минимально инвазивным образом, контролем служила группа животных, которым МП вводился по стандартному протоколу. Такой способ доставки препарата, на наш взгляд, направлен на подавление вторичного повреждения спинного мозга и одновременно устраняет или минимизирует побочные эффекты, связанные с системным введением МП. Наши результаты показали, что применение комплекса МП и полимера оказывает однонаправленное с МП воздействие на центры мышц голени крысы, что подтверждает доставку МП в комплекс в спинной мозг. Терапевтические эффекты действия комплекса полимера с МП в наших экспериментах сохранялись в течение 6 часов, что позволяет говорить о возможности локальной доставки МП в спинной мозг и сохранении его концентрации, а также минимизировать посттравматические осложнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-315-00267

С. П. Белова, Е. П. Мочалова, К. А. Шарло,
И. И. Парамонова, Б. С. Шенкман

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

**ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯЦИИ ОПОРНЫХ ЗОН
СТОПЫ НА ЭКСПРЕССИЮ Е3-УБИКВИТИНЛИГАЗ
MURF-1 И MAFbx ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
РАЗГРУЗКЕ M. SOLEUS КРЫСЫ**

Механическая стимуляция опорных зон стопы у человека на фоне опорной разгрузки позволяет предотвратить нарушения тонуса и снижения сократительных возможностей, а также деградацию цитоскелетных белков и уменьшить степень атрофии мышц [Шенкман и др., 2004]. Целью работы является исследование влияния стимуляции опорных афферентов в условиях моделируемой микрогравитации на экспрессию E3-убиквитинлигаз MuRF-1 и MAFbx в m. soleus. Самцы крыс Вистар массой 220 ± 5 г были распределены на 5 групп по 8 животных: С — контроль; «1HS» и «3HS» — 1-суточное и 3-суточное антиортостатическое вывешивание; «D» — 1-суточное и 3-суточное вывешивание с ежедневной опорной стимуляцией стопы. Вывешивание проводилось по стандартной методике Ильина—Новикова. Стимуляция опорных зон стопы проводилась в течение 4 часов ежедневно. В первую очередь была определена экспрессия ведущих в атрофическом процессе E3-убиквитинлигаз MuRF-1 и MAFbx. На 3 сутки функциональной разгрузки мы наблюдали достоверное ($p < 0,05$) увеличение экспрессии MuRF-1 и MAFbx на 62 и 144 % соответственно, опорная стимуляция снизила только рост экспрессии MuRF-1. В работе также были определены транскрипционный фактор FoxO3, коактиватор PGC-1 α , HDAC4 и HDAC5. Опорная стимуляция предотвратила повышение экспрессии MuRF-1, однако этот эффект связан не с сигнальным путем Akt-FoxO3, а с HDAC5.

Работа поддержана грантом РФФИ 17-29-01029.

И. Г. Брындина, С. В. Овечкин, М. Н. Шалагина
ФГБОУ ВО «Ижевская государственная медицинская
академия» Минздрава России, Ижевск

**К ВОПРОСУ О НЕЙРОНАЛЬНОМ КОНТРОЛЕ
РЕГУЛЯЦИИ СФИНГОЛИПИДНЫХ
МЕХАНИЗМОВ И ИНСУЛИНОВОГО СИГНАЛИНГА
В РАЗГРУЖЕННОЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ**

Ранее нами показано, что функциональная разгрузка мышц приводит к активации сфингомиелиназного гидролиза и накоплению церамида; данный эффект ограничивается введением ингибитора кислой сфингомиелиназы кломипрамина (Брындина и соавт., 2014, 2018). С целью изучения роли нейрональных механизмов в эффектах разгрузки нами были проведены эксперименты, в которых исследовали влияние денервации на уровень церамида (TCX), сфингомиелиназ (aSMase, nSMase) и компонентов инсулинового сигнального пути (Вестерн-блоттинг) в камбаловидных мышцах (Sol) крыс при функциональной разгрузке, вызванной 12-часовым вывешиванием (hindlimb suspension, HS). До вывешивания осуществляли денервацию одной из конечностей путем перерезки седалищного нерва. После окончания экспериментов определяли церамид и белки системы Akt/mTOR/p70S6K в гомогенатах мышечной ткани, а также церамид, aSMase и nSMase в мембранных рафтах, выделенных из мышц. Установлено, что D, так же как и HS, сопровождается усилением сфингомиелиназного гидролиза и накоплением церамида в Sol, однако в сочетанном эксперименте эти изменения нивелируются. В этих условиях кломипрамин уже не оказывает дополнительного влияния на уровень церамида. Денервация также ограничивает вызванные HS изменения инсулинового сигналинга (Akt/mTOR/p70S6K). Полученные результаты свидетельствуют о вовлеченности периферических нейрональных механизмов в регуляцию исследуемых процессов при функциональной разгрузке мышц; механизмы эффекта требуют дополнительного изучения.

Работа поддержана Российским научным фондом (грант № 16-15-10220).

Н. А. Вильчинская, Б. С. Шенкман
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ВЛИЯНИЕ АМРК НА АКТИВНОСТЬ СИГНАЛЬНОГО ПУТИ mTOR В M. SOLEUS КРЫС ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ

Применение ингибитора mTOR в течение первой недели реадaptации после 14-суточного вывешивания (HS) приводит практически к прекращению прироста мышечной массы *m. soleus*. АМРК является негативным регулятором сигнального пути mTOR. Ранее было показано увеличение активности АМРК после 14 суток HS. Мы предположили, что высокий уровень активности АМРК может препятствовать интенсификации сигнальных путей направленных на рост мышечной массы. Для проверки этой гипотезы применили ингибитор АМРК — Compound C при 7-суточном восстановлении после 14 суточного антиортостатического вывешивания (HS). После 14-суточного HS наблюдалось увеличение ($p < 0,5$) содержания фосфо-АМРК в *m. soleus* крыс по сравнению с группой контроля, при этом в группе восстановления (R) достоверных отличий не обнаружено, а в группе восстановления с Compound C (RC) наблюдается снижение фосфорилирования АМРК. В результате 14-суточного HS отмечается снижение ($p < 0,5$) содержания фосфо-p70S6K в *m. soleus* крыс относительно контрольной группы, а в группе R наблюдалось увеличение содержания фосфо-p70S6K, при этом в группе RC показано достоверное увеличение содержания фосфо-p70S6K. Таким образом, введение ингибитора АМРК — Compound C при восстановлении увеличивает активность рибосомального белка p70S6K в камбаловидной мышце крыс, т. е. приводит к увеличению эффективности инициации трансляции, способствуя тем самым, более быстрому восстановлению.

Исследование было поддержано грантом РФФИ № 17-75-20152.

**Н. В. Галиуллина, И. Д. Львова, А. О. Федянин,
Т. В. Балтина, А. А. Еремеев**
*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
институт фундаментальной медицины и биологии, Казань*

СОСТОЯНИЕ НЕЙРО-МОТОРНОГО АППАРАТА КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ ПРИ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОМ ВЫВЕШИВАНИИ, СОЧЕТАННОМ С ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЕЙ СПИННОГО МОЗГА

Исследовали функциональное состояние нейро-моторного аппарата камбаловидной мышцы (KM) крысы при антиортостатическом вывешивании и антиортостатическом вывешивании, сочетанном с электрической стимуляцией спинного мозга. Исследование проводили на лабораторных крысах массой 180—200 г с соблюдением всех биоэтических норм в следующих экспериментальных сериях: 1) при антиортостатическом вывешивании ($n=7$) по общепринятой методике (Ильин, Новиков, 1980; Morgey-Holton, Globus, 2002); 2) при антиортостатическом вывешивании в сочетании с ежедневной электрической стимуляцией спинного мозга ($n=7$). Через 7 суток воздействия экспериментальных условий регистрировали моторный (M-) и рефлекторный (H-) ответы KM. Контролем служили данные, полученные при исследовании интактных животных ($n=5$). Обнаруженные изменения параметров M-ответа KM в условиях антиортостатического вывешивания свидетельствовали о снижении надежности синаптической передачи; характеристики H-ответа KM указывали на увеличение рефлекторной возбудимости мотонейронов соответствующего двигательного центра. При антиортостатическом вывешивании, сочетанном со стимуляцией спинного мозга, не наблюдалось нарушения нервно-мышечной передачи и изменений рефлекторной возбудимости мотонейронов; в этих условиях повышалась синхронность разряда двигательных единиц KM, облегчалось проведение возбуждения по рефлекторной дуге.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-04-01067.

В. В. Кравцова, И. И. Кривой
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
университет», Санкт-Петербург

ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОРНЫХ КОНЦЕВЫХ ПЛАСТИНОК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ ХРОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Активность Na, K-АТФазы играет важнейшую роль в поддержании сократительной функции скелетной мышцы, ко-экспрессирующей альфа1- и альфа2-изоформы этого фермента. Опыты проводили на моделях хронических нарушений двигательной активности — мышцах линий Bla/J (модель дисферлинопатии) и mdx (модель миодистрофии Дюшенна), а также в условиях кратковременного (1 и 3 суток) антиортостатического вывешивания крыс. Несмотря на некоторые отличия в степени нарушений структурной организации концевых пластинок в мышцах с различной функциональной специализацией (диафрагма мыши, m. soleus мыши и крысы), при всех исследованных формах двигательной дисфункции (хронические и кратковременная) наблюдалось сходное снижение плотности распределения альфа2-изоформы Na, K-АТФазы в мембране. Полученные факты свидетельствуют также о возможных нарушениях функционального взаимодействия nXR и альфа2-изоформы. Несмотря на возможное перераспределение nXR и альфа2-изоформы и изменение мембранной локализации их комплекса, молекулярное взаимодействие этих белков, предположительно, сохраняется независимо от формы двигательной дисфункции. Наши данные свидетельствуют, что в скелетной мышце альфа1-изоформа Na, K-АТФазы является функционально стабильной; адаптационная пластичность альфа2-изоформы проявляется в специфической зависимости от двигательной активности, причем нарушения наблюдаются не только при хронических нарушениях, но уже и на ранних этапах двигательной дисфункции.

Работа поддержана грантом РФФ № 18-15-00043.

М. С. Кузнецов¹, А. Н. Лисюков¹, П. Н. Резвяков², Р. Р. Исламов¹
¹Казанский государственный медицинский университет
²ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
институт фундаментальной медицины и биологии, Казань

АНАЛИЗ ТРАНСКРИПТОМА ДИАФРАГМЫ МЫШИ ПОСЛЕ 30-СУТОЧНОГО ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА НА БИОСПУТНИКЕ «БИОН-М1» И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ 7-СУТОЧНОЙ РЕАДАПТАЦИИ

Гипогравитационный двигательный синдром (ГДС) — нарушение локоторного аппарата, развивающееся в условиях невесомости, патогенез которого остается неизученным. Нами была выдвинута гипотеза о важной роли в развитии ГДС мотонейронов спинного мозга. В рамках проекта «Бион-М1» было проведено транскриптомное исследование спинного мозга и седалищного нерва мышцей, находившихся в 30-суточном орбитальном полете, в котором были получены данные, свидетельствующие о молекулярных сдвигах, как на уровне перикарионов, так и аксонов мотонейронов спинного мозга.

В настоящем исследовании эксперименты выполнены на мышцах, находившихся в 30-суточном полете — группа «П» и последующей 7-суточной реадaptации — группа «Р». Мыши контрольной группы «К» содержались на Земле. Общую РНК из образцов диафрагмы использовали для полногеномного исследования с помощью микрочипа GE4×44K v2.

Сравнительный анализ экспрессии генов у животных группы «П» и группы «К» не выявил дифференциально экспрессирующиеся гены. При сравнении групп «Р» и «К» определено 647 генов с повышенной и 895 генов с пониженной экспрессией, а между группами «Р» и «П» — 273 и 580 генов с повышенной и пониженной экспрессией, соответственно.

Функциональная аннотация дифференциально экспрессирующихся генов, выявленных при сравнении группы «Р» с группами «П» и «К» позволила извлечь термины, свидетельствующие об изменениях в мышечной ткани и двигательных нервных окончаниях, характерных для нервно-мышечной патологии.

И. Ю. Мельников¹, К. А. Шарло¹, С. А. Тыганов¹,
И. М. Вихлянцев², Б. С. Шенкман¹

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

²ФГБУН «Институт теоретической
и экспериментальной биофизики» РАН, Пуццино

КАЛЬПАИН-ЗАВИСИМАЯ ДЕГРАДАЦИЯ БЕЛКОВ ЦИТОСКЕЛЕТА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЖЕСТКОСТЬ M. SOLEUS В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМОЙ НЕВЕСОМОСТИ

На фоне разгрузки снижается жёсткость *m. soleus*. Жёсткость мышц зависит от цитоскелетных белков и актомиозиновых связей (Muhle-Goll C, et al. 2001). При разгрузке активируются кальпаины, разрушающие цитоскелетные белки. Нашей целью была оценка влияния кальпаин-зависимого распада цитоскелетных белков на пассивную жесткость *m. soleus* на фоне гравитационной разгрузки. С этой целью на фоне разгрузки проводили введение селективного ингибитора кальпаина-1 PD150606.

Самцов крыс Вистар (~200 г) разбили на 3 группы: 1) контроль (С), 2) 14HS – 14-суточное вывешивание и 3) 14HSP — группа 14-суточное вывешивание с ежедневным введением PD150606. Вестерн-блоттингом определяли содержание белков. Жёсткость мышц измеряли с помощью установки Aurora Scientific 1310A. После 14 суток в группе 14HS жесткость *m. soleus* снизилась на 33 % на фоне С. У 14HSP жесткость увеличилась на 97 % по сравнению с группой контроля. Содержание альфа-актинина-2 в группе контроля, двухнедельного вывешивания и 14HSP не отличалось. Не отличалось содержание альфа-актинина-3 у группы контроля, двухнедельного вывешивания и 14HSP. Содержание десмина у 14HSP увеличилось по сравнению с контролем на 150 %; отличий от 14HS не было. Содержание телетонина у крыс из группы 14HSP увеличилось на 60 % по сравнению с контролем и на 70 % по сравнению с группой двухнедельного вывешивания. Содержание титина Т1 снизилось в группе HS на 16 % относительно С. Введение PD150606 предотвращало это снижение. Также, в группах 14HS и 14HSP по сравнению с контролем увеличилось содержание Т2 на 39 % и 54 %. Уровень небулина у групп 14HS и 14HSP по сравнению с контролем снижается на 27 % и 14 %.

Вывод: введение ингибитора μ -кальпаина не только предотвратило снижение жесткости мышцы, но и привело к достоверному ее увеличению, а также к увеличению содержания ряда цитоскелетных белков. Таким образом, мы показали существенную роль кальпаина-1 в снижении собственной жесткости мышцы в ходе гравитационной разгрузки.

Работа поддержана грантом РФФИ 16-04-00529.

Е. П. Мочалова, С. П. Белова, Б. С. Шенкман, Т. Л. Немировская
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

РОЛЬ MAP-КИНАЗЫ P38 В РЕГУЛЯЦИИ ЭКСПРЕССИИ E3-ЛИГАЗ НА РАННИХ СРОКАХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ M. SOLEUS КРЫСЫ

Известно, что ингибирование работы MAP-киназы P38 в культуре митохондрий C2C12 приводит к снижению уровня убиквитинирования, а O'Keefe с соавторами показали, что после 24 ч вывешивания увеличивается содержание p-P38. Исходя из этого, мы предположили, что P38 может участвовать в регуляции экспрессии основных мышечных E3-лигаз, MuRF-1 и MAFbx. Для проверки этой гипотезы крысам при вывешивании в течение 3 суток вводился специфический ингибитор P38 — VX 745. 24 самца крыс линии Wistar массой 180—200 г. были случайным образом распределены на 3 группы (n=8): интактный контроль (С), вывешивание 3 сут + плацебо (HS) и вывешивание 3 сут + ингибитор (VX). Мы впервые выявили, что ингибирование P38 ведет к предотвращению развития атрофии *m. soleus* у крыс на фоне 3-х суток разгрузки. Содержание MuRF-1 и экспрессия мРНК MuRF-1 в группе VX были существенно ниже, чем в группе HS, однако уровень экспрессии MAFbx был повышен в обеих группах с вывешиванием (p<0,05). Уровень экспрессии мРНК убиквитина в группе VX также был существенно ниже, чем у крыс, вывешенных без введения ингибитора. Уровень p-FoxO3 был снижен только в группе HS (p<0,05), однако содержание p-Akt значительно снижалось и в группе HS, и в группе VX. Также мы обнаружили, что в группе VX содержание PGC-1alpha было существенно выше, чем в группе крыс, вывешенных без препарата. Вывод: MAP-киназа P38 принимает участие в регуляции экспрессии MuRF-1 и убиквитина на ранних сроках функциональной разгрузки *m. soleus* крысы.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-04-01838а.

В. А. Протопопов, А. В. Секунов, И. Г. Брындина
*ФГБОУ ВО «Ижевская государственная
медицинская академия» МЗ УР, Ижевск*

ИЗМЕНЕНИЯ МЕМБРАННОГО ЦЕРАМИДА В КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЕ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ НА ФОНЕ ИШЕМИИ

Атрофия скелетных мышц — один из приоритетных вопросов гравитационной физиологии. Сигнальной молекулой, играющей важную роль во внутриклеточной регуляции, является керамид. Однако механизмы участия керамида при функциональной разгрузки мышц недостаточно изучены.

Цель исследования: изучение влияния антиортостатического вывешивания (АОВ) на экспрессию и локализацию керамида в *m. soleus* крыс на фоне нарушения кровообращения.

Животные были поделены на следующие группы: контрольная группа; крысы, одна из конечностей которых была подвергнута перевязке бедренной артерии, а вторая оставалась интактной; крысы, одна из конечностей которых была подвергнута перевязке бедренной артерии на фоне 12-часового АОВ. Впоследствии проводилось иммуногистохимическое исследование уровня и локализации керамида в *m. soleus* с использованием антикерамидных антител с последующей 3D-реконструкцией полученных изображений.

Иммунореактивная метка контрольной группы имела вид диффузного свечения в перинуклеарных областях сарколеммы. Перевязка бедренной артерии приводила к увеличению интенсивности флуоресцентного свечения и размеров мембранных структур в опытной конечности, однако в интактной конечности изменения данных показателей в сравнении с контролем почти не наблюдалось. Антиортостатическое вывешивание потенцировало эффект перевязки бедренной артерии, как в опытной конечности, так и в интактной в сравнении с группами перевязки артерии без АОВ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФ № 16-15-10220.

**О. В. Туртикова¹, К. А. Шарло¹, И. Д. Львова²,
Т. В. Балтина², Б. С. Шенкман¹**

¹ГНЦ РФ — *Институт медико-биологических проблем РАН, Москва*
²ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
Институт фундаментальной медицины и биологии, Казань

РОЛЬ НЕРВНЫХ ВЛИЯНИЙ В АТРОФИИ ТЕНОТОМИРОВАННОЙ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРОЛИКА

Целью работы было исследование феномена предотвращения атрофии тенотомированной *m. soleus* кролика при денервации.

Были сформированы 6 экспериментальных групп кроликов по 4 в каждой: К-интактный контроль, К-Т (левая лапа — контроль, правая—тенотомия); К-Д (левая лапа — контроль, правая — денервация); Т-ТД (левая—тенотомия, правая—тенотомия с денервацией); Т-ТКлх (левая—тенотомия, правая—тенотомия с колхицином); К-Клх (левая—контроль, правая—контроль с колхицином). Раствор колхицина 10мМ наносили на седалищный нерв на 10 минут.

Денервация устраняла морфологические признаки атрофии и дегенерации тенотомированной *m. soleus* кролика на 11 день воздействия, предотвращала гибель и деградацию мышечных волокон, а также рост соединительной ткани. Колхицин при тенотомии действовал аналогично денервации, но дегенеративные изменения оставались более выраженными. Денервация или применение колхицина при тенотомии предотвращала снижение площади поперечного сечения быстрых волокон, поддерживая ее на уровне интактного контроля.

Денервацией или применением колхицина в *m. soleus* предотвращался вызванный тенотомией рост экспрессии рецепторов к нейротрофическим факторам (TrkB, TrkC) и изменялась экспрессия некоторых нейротрофинов. При денервации на фоне тенотомии мРНК TrkB снижалась в 3,4 раза ($p < 0,05$), TrkC — в 3,2 раза ($p < 0,01$) по сравнению с тенотомированной контрлатеральной конечностью, при применении колхицина — в 3,6 ($p < 0,01$) и 2,9 ($p < 0,05$) раза соответственно.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17—04—0970.

**С. А. Тыганов, Т. М. Мирзоев, С. В. Рожков,
Е. П. Мочалова, Б. С. Шенкман**

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА АНАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ФОНЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ 14-СУТОЧНОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ

Целью данного исследования была оценка влияния опорной стимуляции на анаболические процессы на фоне восстановления после 14-суточной гравитационной разгрузки. Самцы крыс Вистар были распределены на 4 группы: 1) С — виварный контроль; 2) HS — вывешивание в течение 14 суток; 3) R — острая реадаптация (24 часа) после 14-суточного вывешивания; 4) PS — вывешивание с опорной стимуляцией в течение второй недели вывешивания и последующей острой реадаптацией. Опорная стимуляция предотвращала снижение изометрической силы и жесткости камбаловидной мышцы, однако никак не повлияла на ее массу. Гравитационная разгрузка привела к достоверному снижению интенсивности синтеза белка, при этом 24-часовое восстановление увеличивало синтез белка на 48 % относительно контроля, а в группе «PS» — достоверно увеличенным на 30 % по сравнению с группой «HS» и достоверно сниженным на 49 % по сравнению с группой «R». При этом, после 14-суточного вывешивания наблюдалось достоверное снижение содержания фосфорилированных форм маркеров синтеза белка: p70S6k, 4E-BP-1, rpS6, которое возвращалось на контрольный уровень или превышало его после 1 суток восстановления. При этом, опорная стимуляция смягчала этот эффект. Таким образом, применение механической стимуляции опорных афферентов не с самого начала разгрузки не позволяет вернуть мышечную массу на контрольный уровень. В то же время, можно сделать вывод, что влияние повышенной нагрузки на механосенсоры скелетной мышцы возрастает с уменьшением жесткости.

Работа поддержана грантом РФФИ № 16-34-00530а.

О. В. Тяпкина, Л. Ф. Нуруллин

Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ,

Казанский научный центр РАН, Казань

Казанский государственный медицинский университет, Казань

ПРЕСИНАПТИЧЕСКАЯ МОДУЛЯЦИЯ ПРОЦЕССОВ НЕЙРОСЕКРЕЦИИ В МИОНЕВРАЛЬНОМ СИНАПСЕ ПРИ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКЕ

Одной из приоритетных тем исследований, проводимых под руководством Никольского Евгения Евгеньевича, была тема, посвященная изучению механизмов регуляции освобождения ацетилхолина из двигательных нервных окончаний, в рамках которой проводился анализ механизмов пресинаптической модуляции процессов нейросекреции в мионевральных синапсах мышц разного функционального типа у животных при опорной разгрузке. Известно, что активация пресинаптических ауторецепторов эндогенным медиатором или его экзогенными аналогами приводит к изменению интенсивности как спонтанного, так и вызванного освобождения квантов ацетилхолина в нервно-мышечных синапсах позвоночных и играет важную роль в обеспечении надежности синаптической передачи. Экспериментально было установлено, что у животных, находящихся в условиях антиортостатического вывешивания задних конечностей, снижение функциональных нагрузок на мышцы приводит к усилению чувствительности нервных окончаний m. soleus на аппликацию карбахолина (КХ), активирующего пресинаптические холинорецепторы. Напротив, в m. EDL пресинаптический эффект КХ существенно не изменяется после «вывешивания». Таким образом, полученные данные указывают на различия в эффектах опорной разгрузки на процессы пресинаптической модуляции процессов нейросекреции в мионевральных синапсах мышц разного функционального профиля.

А. О. Федянин, А. А. Еремеев, Т. В. Балтина, О. А. Саченков
*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет», Казань*

СОСТОЯНИЕ НЕЙРО-МОТОРНОГО АППАРАТА ИКРОНОЖНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКЕ И ПАССИВНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Исследовали функциональное состояние нейро-моторного аппарата икроножной мышцы (ИМ) крысы при моделируемой гравитационной разгрузке задних конечностей в сочетании с односторонним пассивным растяжением ИМ. Экспериментальные условия моделировали вывешиванием животных за хвост в антиортостатическом положении (Ильин, Новиков, 1980; Morey-Holton, Globus, 2002) и перерезкой сухожилия каудальной большеберцовой мышцы. Через 7 и 14 суток методом тестирования Н-ответа оценивали рефлекторную возбудимость спинальных мотонейронов ИМ. Для исследования состояния периферической части нервно-мышечного аппарата регистрировали М-ответ. Полученные данные (порог и максимальная амплитуда Н-ответа, H_{max}/M_{max}) свидетельствовали о повышении рефлекторной возбудимости соответствующего двигательного центра. Также, обнаружено снижение порога М-ответа, вероятно, обусловленное изменением состояния эфферентов в результате преобразования состояния соответствующих мотонейронов. Таким образом, пассивное растяжение при гравитационной разгрузке не предотвращает изменения функциональных характеристик нейро-моторного аппарата ИМ и, прежде всего, мотонейронов спинального двигательного центра. Главной причиной регистрируемых преобразований представляется ограничение опорной афферентации, которой отводится высокая степень участия в двигательном контроле (Григорьев с соавт., 2004; Kozlovskaya et al., 2007).

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 18-75-10027).

**К. А. Шарло¹, И. И. Парамонова¹,
Г. Р. Каламкаргов², Б. С. Шенкман¹**

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

²ФГБУН Институт биохимической физики
им. Н. М. Эмануэля РАН, Москва

NO-ЗАВИСИМЫЕ И GSK-3 GSK-3B-ЗАВИСИМЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ФЕНОТИПА ВОЛОКОН КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫС ПРИ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКЕ

Целью данной работы было выявление NO-зависимых механизмов, вносящих вклад в снижение экспрессии ТЦМ I (beta) в камбаловидной мышце крыс после первой недели вывешивания. Самцы крыс породы Вистар были разделены на пять экспериментальных групп: виварный контроль (С), и четыре группы, вывешенные в течение 7 дней: группа чистого вывешивания 7HS, группа с введением L-аргинина 7HS+A, группа с совместным введением L-аргинина и ингибитора NO-синтазы 7HS+AN, а также группа с введением ингибитора GSK-3beta; 7HS+G. После 7-суточного вывешивания в группе 7HS в ядерной фракции камбаловидных мышц было обнаружено достоверное уменьшение содержания транскрипционного фактора NFATc1, при этом содержание транскрипционных репрессоров HDAC4 и HDAC5 не отличалось от группы С. Экспрессия эндогенного ингибитора АМПК FNIP1 и эндогенного ингибитора сигнального пути кальцинейрин/NFATc1 кальсарцина-2 в группе 7HS была достоверно повышена в сравнении с контрольной группой. Все перечисленные эффекты удалось предотвратить в группе 7HS+A, при этом введение ингибитора NO синтазы блокировало эффекты L-аргинина. Также в группе 7HS+A наблюдалось снижение уровня HDAC4 и HDAC5 в сравнении с группой С. Введение ингибитора GSK-3beta приводило к возвращению содержания NFATc1 в ядрах на уровень контроля, но не влияло на экспрессию эндогенных ингибиторов и содержание MEK2D и HDAC4/5. Таким образом, мы выявили ряд NO-зависимых механизмов, вовлеченных в регуляцию экспрессии ТЦМ I (beta), не связанных напрямую с активностью GSK-3beta.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-15-00107.

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ
АДАПТАЦИИ К СОКРАТИТЕЛЬНОЙ
АКТИВНОСТИ**

А. С. Бобылев¹, А. А. Мельников²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского», Ярославль

²ФГКВООУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны РФ, Ярославль

ПОВЫШЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ-ГРЕБЦОВ АССОЦИИРОВАНА С АЛЛЕЛЕЙ I ГЕНА ACE

Целью работы было изучить возможные ассоциации полиморфизмов ACE Alu I/D и NOS3 4b/a с вариабельность сердечного ритма (BCP) и центральной гемодинамикой (ЦГД) у спортсменов-гребцов кандидатов в мастера спорта (n=6) и гребцов-любителей без разряда (n=16). У всех спортсменов определены показатели BCP (SDNN, HF, LF, VLF) и ЦГД (ЧСС, ударный и сердечный индекс) кардиореографическим методом в положении лежа и стоя; максимальное потребление кислорода (МПК) — на гребном эргометре с помощью газоанализатора (MetaLyzer Cortex). Генотипы полиморфизмов ACE Alu I/D и NOS3 4b/a в ДНК лейкоцитов определены методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) и анализом длин продуктов рестрикции. Установлено, что спортсмены КМС отличались повышенной МПК ($p < 0,001$) и BCP в положении лежа и стоя (SDNN, HF, LF, VLF, все $p < 0,05—0,01$), различия отсутствовали по показателям ЦГД как лежа, так и стоя. Ассоциации полиморфизмов ACE Alu I/D ($p = 0,064$) и NOS3 4b/a ($p = 0,051$) с МПК были несущественные. Частота аллели I гена ACE была выше в группе КМС (58 %, $p = 0,035$), по сравнению с группой безразрядников (13 %), что было независимо от МПК ассоциировано с повышенной HF ($p = 0,029$). Кроме того, аллель 4a полиморфизма NOS3 4b/a ассоциировалась с повышенным уровнем VLF% ($p = 0,011$). Таким образом, повышенная BCP у высокотренированных спортсменов может быть обусловлена генетическими факторами, среди которых важную роль может играть аллель I гена ACE.

Р. О. Боков¹, Е. А. Лысенко^{1,2}, Д. В. Попов^{1,2}

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

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

ВЛИЯНИЕ АЭРОБНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА РЕГУЛЯЦИЮ СОДЕРЖАНИЯ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ И ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА

Цель работы — изучить на уровне транскрипции механизмы, регулирующие содержание митохондриальных ферментов (МФ) и транскрипционных факторов — регуляторов митохондриального биогенеза (ТФ) в скелетной мышце человека после аэробной тренировки.

Десять нетренированных мужчин выполняли разгибание одной ноги в коленном суставе с интенсивностью 65 % Wmax. Пробы из m. vastus lateralis брали до и после теста. Тест повторили после 8-нед тренировки на велоэргометре. Содержание белков и экспрессию генов определяли с помощью Вестерн-блота и ПЦР в реальном времени.

В покое после тренировки содержание МФ (NDUFB8, SDHB, UQCRC2, MT-CO1, ATP5A1) увеличилось (на 35—162 %) без изменения экспрессии генов, кодирующих эти МФ, как после тренировки, так и после однократной нагрузки. Содержание ТФ NR4A3 и TFAM после тренировки увеличилось на 100 % и 20 %, соответственно. При этом экспрессия их генов возросла только после однократной нагрузки. Увеличение содержания ТФ ESRRG и PGC1alpha; после тренировки не было обнаружено, при том, что экспрессия их генов увеличилась в ответ на однократное упражнение. Это может быть связано с высокой скоростью распада белков.

Выводы: 1) Вызванное тренировкой увеличение содержания МФ не связано с изменением экспрессии генов после тренировки и однократной нагрузки. 2) Вызванное тренировкой увеличение содержания некоторых ТФ связано с активацией экспрессии их мРНК после однократной нагрузки.

Работа поддержана грантом РФФИ 14-15-00768.

И. А. Ганеева
ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет имени М. В. Ломоносова», Москва

АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В МИОКАРДЕ ДВУХ ОТДЕЛОВ СЕРДЦА ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА

По данным ВОЗ, смертность в развитых странах от возрастных сердечно-сосудистых заболеваний составляет около 60 %. В качестве одной из перспективных экспериментальных моделей ускоренного старения используется японский перепел (ЯП), однако старение сердца ЯП мало изучено.

Исследовали левый и правый желудочки самок ЯП: молодых (6 недель) и старых (78 недель). Для оценки использовались методы: световая микроскопия, трансмиссионная электронная микроскопия, морфометрический анализ и статистическая обработка данных.

На препаратах миокарда, окрашенных гематоксилином и эозином, у старых птиц выявлены кардиомиоциты (КМЦ) с просветленной цитоплазмой и зоны гиперсокращений, что согласуется с литературными данными для млекопитающих.

На ультраструктурном уровне у 78-ми недельных птиц уменьшаются в диаметре пучки миофибрилл, появляются их разволокнения, размер некоторых митохондрий КМЦ увеличен, часто встречаются митохондрии с разреженными или уплотненными кристами.

Объемная доля миофибрилл с возрастом не изменяется, объемная доля митохондрий уменьшается, а липидных капель и липофусциновых гранул — увеличивается, что соответствует данным для миокарда человека, и может быть связано с ослаблением в энергообмене. Доля межмитохондриальных контактов уменьшилась.

Указанные возрастные изменения в обоих желудочках были сходны.

Таким образом, полученные результаты подтверждают возможность рассматривать ЯП, как перспективную модель для изучения старения сердца млекопитающих, в том числе человека.

**Р. И. Дмитриева¹, О. А. Иванова², Т. А. Лелявина¹,
В. Л. Галенко¹, Сергушичев А.²**

¹ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава
России, Санкт-Петербург

²ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург

АНАЛИЗ ТРАНСКРИПТОМА ВЫЯВИЛ ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК НА МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И МЕТАБОЛИЗМА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ У ПАЦИЕНТОВ С ХСН

При хронической сердечной недостаточности (ХСН) системные метаболические изменения сопровождаются существенной потерей мышечной массы, что в свою очередь вызывает снижение физической работоспособности и ухудшение качества жизни. В настоящее время аэробные физические тренировки признаны эффективной и безопасной терапевтической тактикой для достижения стабилизации течения ХСН, однако молекулярные механизмы отвечающие за снижение мышечных дисфункций у пациентов с ХСН остаются неизвестными.

Используя анализ результатов секвенирования транскриптома выявить молекулярные механизмы, отвечающие за снижение мышечных дисфункций у пациентов с ХСН проходящих персонализированную программу физической реабилитации.

Шесть пациентов с ХСН, функциональный класс NYHA II—III, возраст $54 \pm 12,5$ лет, индекс массы тела (ИМТ) $26,5 \pm 6,4$ кг / м², фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) $26,4 \pm 1,4$ % были включены в исследование. Для каждого пациента индивидуальная интенсивность тренировки была определена на уровне 90 % лактатного порога (LIP). После 8 недель тренировок интенсивность упражнений корректировалась, если менялся LIP. Эффективность физической реабилитации оценивали на основе пикового поглощения кислорода (VO_{2peak}). Биопсия скелетных мышц проводилась до и после 12 недель тренировок. РНК очищали и синтезировали библиотеки с использованием QuantSeq 3-mRNA-Seq Prep Kit (Lexogen, США) для секвенирования РНК на Illumina MiSeq. Необработанные данные картировали с использованием генома STAR2.5 — hg38, квантифицировали с помощью функции featureCounts, анализа дифференциальной экспрессии был проведен с использованием пакета R DESeq2, 12 000 генов были выбраны для последующего анализа на основании уровня их экс-

прессии. Анализ обогащения 10 проводился с использованием пакета *fgsea* R и базы данных GO. Визуализация полученных результатов была выполнена с использованием программного обеспечения *phantasus*.

Все пациенты ответили на программу физической реабилитации. Анализ транскриптома показал, что физические тренировки сопровождаются существенной апрегуляцией сигнальных путей, отвечающих за рост и функционирование скелетной мускулатуры, в том числе путей, контролирующей дифференцировку клеток скелетных мышц (NES = 2, $p = 1.1e-04$); сокращение скелетной мускулатуры (NES = 1,75, $p = 3,9e-04$); высвобождение секвестрированного иона кальция в цитозоль (NES = 2; $p = 2,2e-04$); импорт ионов калия через плазматическую мембрану (NES = 2,17; $p = 1,9e-05$); АТФ гидролизный протонный транспорт (NES = 1,99; $p = 3,4e-04$). Также было обнаружено подавление сигнальных путей, которые контролируют неддирование белка (NES = -2; $p = 4,7-04$) и катаболический процесс перекиси водорода (NES = -2; $p = 1,5e-04$).

Полученные результаты позволят осуществить направленный поиск потенциальных терапевтических мишеней для лечения и профилактики ХСН-индуцированных дисфункций скелетной мускулатуры.

Е. М. Леднев^{1,2}, И. В. Кравченко³, В. А. Фуралев³,
В. Э. Дубров², Д. В. Попов^{1,2}

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

²Факультет фундаментальной медицины МГУ
имени М. В. Ломоносова, Москва

³ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА IGF1 В КУЛЬТУРЕ МИОТУБ, ПОЛУЧЕННЫХ ОТ ДОНОРОВ РАЗНЫХ ВОЗРАСТОВ

Инсулиноподобный фактор роста 1 (IGF1) участвует в регуляции синтеза коллагенов и белков внеклеточного матрикса. Уровень IGF1 в крови, зависящий от его продукции печенью, падает с 20 до 50 лет более чем в 1,5 раза. Функции IGF1 в мышце в первую очередь связаны с ауто/паракринным действием. Цель работы — изучение уровня экспрессии гена IGF1 и IGF1-зависимых генов в культурах миотуб из миобластов доноров различного возраста.

Миотубы, выращенные из ткани *m. vastus lateralis* мужчин молодого (20 лет) и среднего возраста (50 лет), инкубировались 24 ч в среде Кребса-Рингера с 10 % ДМЕМ и 5 % человеческой плазмы 24 ч (С), либо в такой же среде с добавлением лейцина (0,8 мМ) 24 ч (L), либо аргинина (0,4 мМ) и лейцина 24 ч (A+L), либо обеих аминокислот и инсулина (100 мМ, A+L+Ins).

В миотубах молодого донора экспрессия изоформ мРНК IGF1Ea и IGF-1Ec (MGF) была на 1—3 порядка выше, чем в миотубах донора среднего возраста. При инкубации с аминокислотами миотубы молодого донора увеличивали экспрессию некоторых IGF1-зависимых генов (LOX, HMGCR), тогда как в миотубах донора среднего возраста этого эффекта не наблюдалось. Полученные результаты позволяют предположить, что в скелетной мышце человека снижение экспрессии гена IGF1 с возрастом связано не с системными факторами, а с изменениями в самих мышечных клетках.

Исследование поддержано Программой президиума РАН «Фундаментальные исследования для биомедицинских технологий» 2018—2020 гг.

Е. А. Лысенко^{1,2}, Т. Ф. Вепхвадзе¹, Д. В. Попов^{1,2}

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

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

СИГНАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ ВЫСОКОЙ И УМЕРЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В НЕТРЕНИРОВАННОЙ И АДАПТИРОВАННОЙ К СИЛОВЫМ УПРАЖНЕНИЯМ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ

Мышца спортсмена, тренирующего силу, отличается от мышцы нетренированного человека развитием гипертрофии и нервно-мышечной адаптации преимущественным увеличением площади поперечного сечения мышечных волокон II типа, изменением содержания различных структурных и регуляторных белков. В связи с этим, анаболический ответ, наблюдаемый в скелетной мышце спортсменов и нетренированных людей, может отличаться.

Было проведено сопоставление сигнального ответа в тренированной и нетренированной скелетной мышце человека в ответ на силовые упражнения высокой и умеренной интенсивности. В эксперименте принимали участие 8 нетренированных и 8 адаптированных к силовым нагрузкам добровольцев. Они выполняли жим платформы одной ногой с нагрузкой 65 % и другой ногой — 85 % от одноповторного максимума в одной тренировочной сессии. До и после тренировочной сессии из латеральной головки четырехглавой мышцы бедра обеих ног брали биопсические пробы для дальнейшего анализа активации сигнальных процессов.

Было показано, что после выполнения упражнений умеренной интенсивности в тренированной мышце активировался комплекс mTORC1, тогда как после упражнений высокой интенсивности — ERK1/2 и eEF2. В нетренированной мышце различий между двумя типами нагрузки выявлено не было.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-14-00878а.

П. А. Махновский¹, В. Г. Згода², О. А. Гусев³,

Д. В. Попов¹, О. Л. Виноградова¹

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

²НИИ биомедицинской химии имени В. Н. Ореховича

³ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», институт фундаментальной медицины и биологии, Казань

РЕГУЛЯЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЫСОКОПРЕДСТАВЛЕННЫХ БЕЛКОВ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА В ОТВЕТ НА АЭРОБНУЮ ТРЕНИРОВКУ

В работе сопоставляли вызванное аэробной тренировкой изменение протеома в скелетной мышце человека с изменениями экспрессии мРНК обнаруженных белков.

Семь нетренированных мужчин тренировались в течение двух месяцев на велоэргометре (5 раз в нед., 1 ч в день). До и после тренировочного периода у испытуемых брали биопсические пробы из m. vastus lateralis и оценивали транскриптом (высокопроизводительное секвенирование РНК) и протеом (панорамная масс-спектрометрия с использованием изобарической метки iTRAQ). В пробах мышц было обнаружено около 800 белков, при этом аэробная тренировка вызвала увеличение около 250 белков. При сопоставлении изменений протеома с транскриптомными данными выявлено, что увеличение содержания многих белков (в основном, митохондриальных) не сопровождалось увеличением уровня мРНК. Для других белков, увеличивших содержание (например, для белков внеклеточного матрикса), наблюдали увеличение уровня мРНК. Анализ доступных баз данных показал, что все обнаруженные нами белки и их мРНК — это высокопредставленные белки и мРНК с высокой устойчивостью к деградации. По-видимому, изменение транскрипции не является главным механизмом, регулирующих содержание высокопредставленных белков, например, митохондриальных белков. Таким образом, в скелетной мышце человека содержание высокопредставленных белков, выполняющих разные функции, регулируется по-разному.

Работа поддержана грантом РФФИ № 17-00-00308К (17-00-00242).

Д. В. Попов^{1,2}, П. А. Махновский^{1,2}, Е. А. Лысенко^{1,2},

О. А. Гусев³, О. Л. Виноградова^{1,2}

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

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова»,

³ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», институт фундаментальной медицины и биологии, Казань

ИЗМЕНЕНИЯ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОЙ И РЕГУЛЯРНЫХ АЭРОБНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Целью работы было выявление специфических для сократительной активности генов и исследование транскриптомного ответа на однократную и регулярные аэробные нагрузки в скелетной мышце человека.

С помощью РНК-секвенирования у семи мужчин оценивали изменения транскриптома через 1 и 4 ч после однократного упражнения «разгибание ноги в коленном суставе» в работавшей m. vastus lateralis и в одноименной неработавшей мышце контралатеральной ноги. Помимо этого оценивали изменение транскриптома в базальном состоянии после двух месяцев аэробной тренировки (5 дней/нед, 1 ч/день).

Специфический для сократительной активности транскриптомный ответ определяли, сравнивая пробы в работавшей и неработавшей мышце. Специфический ответ был связан с увеличением экспрессии генов и ассоциирован с CREB/ATF/AP1-, MYC/MAX- и E2F-связанными транскрипционными факторами. Изменение (увеличение и снижение) генной экспрессии в базальном состоянии после тренировочного периода было более выражено, чем изменения транскриптома после однократного упражнения и было ассоциировано с IRF- и STAT-связанными транскрипционными факторами.

Адаптация к регулярным нагрузкам связана не только с кратковременным (в течение нескольких часов) увеличением экспрессии множества генов, специфичных для сократительной активности, но также с выраженным изменением (увеличением и уменьшением) экспрессии в базальном состоянии.

Исследование финансировалось за счет гранта РФФИ № 17-00-00308К (17-00-00242).

СИСТЕМНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ К СОКРАТИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

А. М. Андреева^{1,2}, А. В. Ваваев¹, В. А. Драугелите^{1,2},
А. В. Козлов^{1,2}, А. А. Шипилов¹
¹ГКУ «ЦСТиСК» Москомспорта, Москва
²ФГБОУ ВО «РГУФКСМиТ» (ГЦОЛИФК), Москва

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОСТУРАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ БИАТЛОНИСТОВ В МОМЕНТ СТРЕЛЬБЫ ВО ВРЕМЯ ИМИТАЦИИ СПРИНТЕРСКОЙ ГОНКИ

Стрельбе в биатлоне предшествует предельная специфическая нагрузка. С помощью комплексного теста для оценки специальной работоспособности биатлонистов-спринтеров оценивалось умение спортсмена раскладывать силы по дистанции, выходить на огневой рубеж в оптимальном для результативной стрельбы состоянии. Высококвалифицированные биатлонисты 21,2±3,7 лет (14м, 36ж) уровня КМС — ЗМС выполняли три ступени нагрузки на лыжном тренажере Ergolina под контролем газоанализатора (COSMED), с оценкой уровня лактата в капиллярной крови (ЕКФ Biosen), оценкой силы тяги троса лыжного эргометра беспроводным силовым датчиком (Noxap Force 500 lbs). Стабилографическая запись («Стабилан») с имитацией стрельбы из винтовки велась до нагрузки, после 1-й и 2-й ступени нагрузки — 5 выстрелов по мишени стрелкового тренажера «СКАТТ» (длительность стрелковой серии — 30 с). Забор лактата приводили в покое, через 30 с после окончания 1-й и 2-й стрельбы, в момент завершения работы, на 3,5,7 и 10-й минутах восстановления.

В докладе будут представлены варианты выполнения стрельбы в данном тесте биатлонистами-спринтерами, основанные на анализе изменения ЧСС, ЧД, уровня лактата в крови, скорости колебаний ОЦД, в начале и по завершении каждой стрелковой серии, а также их взаимосвязи. По результатам исследования было сделано предположение, что определяющим фактором, влияющим на постральный контроль обследованных биатлонистов, является способность к адекватному снижению ЧД во время выполнения серии выстрелов.

Т. Б. Богданова

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)

ВЛИЯНИЕ ЛЕВЗЕИ САФЛОРОВИДНОЙ НА ФИЗИЧЕСКУЮ ВЫНОСЛИВОСТЬ СПОРТСМЕНОВ

Цель исследования. Изучить влияние «Левзеи П» на физическую выносливость спортсменов.

Материалы и методы исследования. Левзея сафлоровидная — многолетнее растение, принадлежащее к семейству астровых, которое произрастает в основном на Алтае. Это растение признано лечебным, и с давних времен применяется в медицине и спорте. Удобен прием левзеи в таблетированной форме. В настоящее время на основе порошка из корня левзеи изготавливают таблетированный препарат «Левзеи П» фирмы «Эвалар». В состав Левзеи входят фитогормоны — олигидроксилированные стероидные соединения, которые обладают достаточно большой анаболической активностью. Прирост мышечной массы во многом определяется наличием в левзеи полигидроксилированных соединений, которые обладают андрогенной активностью, способных активировать генный аппарат клеток. В качестве препарата сравнения использовали экстракт элутерококка в терапевтической дозе. Исследования проведены на студентах-добровольцах (19—20 лет). Физическую выносливость определяли с помощью теста PWC170. Полученные данные обрабатывались с помощью метода вариационной статистики.

Таким образом, нами было установлено, что таблетированная форма левзеи, содержащая фитогормоны, обладает существенной анаболизирующей активностью и достоверно повышает физическую выносливость, у спортсменов.

А. А. Борзых¹, И. В. Кузьмин², А. М. Нестеренко²,
Д. К. Гайнуллина², О. С. Тарасова^{1,2}

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

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

ПРОИЗВОЛЬНЫЙ БЕГ КРЫС В КОЛЕСЕ: СВЯЗЬ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ЭФФЕКТОВ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ БЕГОВОЙ АКТИВНОСТИ

Физическая тренировка (ФТ) оказывает благоприятное влияние на многие системы организма. Перспективный подход к изучению ФТ у крыс — произвольный бег в колесе, который позволяет реализовать свойственный им паттерн движений в отсутствие стресса. Целью работы было создание аппаратно-программного комплекса (АПК) и его апробация в эксперименте с ФТ 12 крыс в течение 8-нед. Средний пробег составил 151 ± 28 км, крысы проявляли активность в основном ночью (21—9 ч) в виде коротких эпизодов («баутов») бега. Показатели баутов в конце цикла ФТ составили: дистанция — 37 ± 9 м, длительность — 69 ± 6 с, средняя скорость — 26 ± 2 м/с, количество за ночь — 71 ± 8 . Бауты были сгруппированы в пачки длительностью около 1 ч (2—4 пачки за ночь). Установлены связи эффектов ФТ с различными показателями бега крыс. Так, содержание комплексов ОХРНOS в *m.soleus* и масса левого желудочка сердца положительно коррелировали с показателями суммарного объема нагрузки (пробег, время бега и число баутов за весь цикл ФТ), но не зависели от показателей отдельных баутов. Содержание мРНК цитратсинтазы в *m.soleus* не зависело от общего объема нагрузки, но положительно коррелировало с длительностью баута бега. Выявлена отрицательная связь массы надпочечников со скоростью бега в бауте, что может отражать антистрессорное влияние произвольной ФТ. Разработанный АПК может быть использован для изучения адаптации организма крыс к физической нагрузке с учетом их индивидуальных особенностей.

Поддержано РФФИ (проект № 14-15-00704).

А. С. Боровик, Е. А. Орлова, О. Л. Виноградова

ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

БАРОРЕФЛЕКТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ ВО ВРЕМЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТЫ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

В работе оценивалась барорефлекторная активность (БА) при аэробной нагрузке различной интенсивности, активность оценивали по индексу фазовой синхронизации (ИФС) АД и ЧСС на частоте волн Майера (~0.1 Гц).

Перед измерениями испытуемые выполняли гагр-тест на велоэргометре для определения мощности, соответствующей аэробно-анаэробному переходу (ААП), лактатным методом. Было проведено 2 серии измерений: 1) испытуемые (N=9) сидели в состоянии покоя в течение 15 мин, затем выполняли низкоинтенсивную работу на велоэргометре (60 % ААП, 15 мин), после чего нагрузка повышалась (80 % ААП, 15 мин). 2) для исследования динамических характеристик изменений БА при изменениях нагрузки испытуемые (N=8) выполняли велоэргометрическую работу с изменяющейся по синусоидальному закону мощностью (средняя нагрузка 50 % ААП, амплитуда колебаний мощности составляла 30 % ААП, частота изменялась в диапазоне от 1 до 10 мГц), ИФС вычисляли для последовательных 4-мин эпизодов.

При низкоинтенсивной нагрузке значение ИФС на частоте 0.1 Гц практически не отличается от ИФС в покое (0.15 ± 0.04 и 0.19 ± 0.07 , соответственно), при более интенсивной работе ИФС заметно снижается (0.11 ± 0.04 , $p < 0.05$). Эксперименты с синусоидально изменяющейся нагрузкой показали, что вызванная изменением мощности модуляция ИФС исчезает уже при частоте 2 мГц, тогда как модуляция АД и ЧСС сохраняется и при больших частотах.

Работа выполнена по Плану фундаментальных исследований ГНЦ РФ — ИМБП РАН и при поддержке гранта РФФИ № 17-04-01943.

В. Г. Васенина

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма», Москва

ОЦЕНКА ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У ФРИДАЙВЕРОВ

Повышенное гипербарическое давление, нагрузка азота, гипероксия и холодные температуры, часто связанные с увеличением глубины под водой вызывают серьезные проблемы для систем оценки работоспособности и физиологического контроля человека (Bosco et al., 2007). Одна из самых сложных задач в оценке состояния физиологических систем при занятиях под водой фридайверов, дайверов это оценка стрессорного или когнитивного стресса в состоянии спортсмена, находящегося на глубине в воде, высокое давление и температуры. В этих условиях спортсмены наиболее восприимчивы к вегетативному дисбалансу. Надежным инструментом для оценки автономной нервной системы могут быть использованы показатели относительной степени стресса и выявлению повышенного риска при выполнении упражнений в воде.

Электродермальная активность (ЕДА), мера изменений проводимости на поверхности кожи из-за производства пота является неинвазивной оценкой симпатического контроля и может служить в качестве оценки работоспособности спортсмена. ЕДА может служить альтернативой таким показателям как вариабельность сердечного ритма для неинвазивной оценки симпатической регуляции ритма. Исследования проводились в сухих исследованиях. Electroды помещались на указательный и средний палец с предварительной обработкой спиртом. Были измерены показатели ЕДА в покое и после различных упражнений в воде (при выполнении статики и ныряния). Для обработки частотной области данных ЕДА были выявлены различные реакции для фридайверов высокой квалификации и начинающих спортсменов, что позволяет утверждать о наличии достоверных различий в исследуемых группах, и может оказать помощь в подготовке спортсменов.

Р. М. Васильева¹, В. Д. Сонькин¹, Н. И. Орлова¹, А. Д. Колесов^{1,2}

¹ФГБНУ «Институт возрастной физиологии Российской академии образования», Москва

²ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма», Москва

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КРОВОТОК И ТЕРМОВЕГЕТАТИВНУЮ ФУНКЦИЮ КОЖИ У ДЕВОЧЕК-СПОРТСМЕНОК ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА

Работа направлена на проверку гипотезы, что регулярная физическая активность стимулирует увеличение количества термогенного бурого жира (БЖ), что может проявиться в повышении работоспособности.

Исследовали центральную гемодинамику (Г) и динамику кожной температуры (Т) при выполнении велоэргометрической нагрузки у девочек (Д) 13—14 и 14—15 лет, регулярно занимающихся плаванием. Синхронно записывали ЭКГ, текущие значения ударного объема сердца (методом тетраполярной реографии), а также Т кожи с применением технологии i-Button Thermochron на 4-х участках тела: на шее над ключицей, на груди, на спине между лопатками и на плече.

При выполнении стандартной физической нагрузки (ФН) одни и те же Д в возрасте 13—14 лет, а затем в возрасте 14—15 лет продемонстрировали различия в реакциях Г и теплового состояния организма.

Обнаружили менее выраженную и более экономичную реакцию центральной Г на ФН у спортсменок 14—15 лет по сравнению 13—14-летними. При изучении термовегетативной реактивности кожи выявлены более интенсивные реакции Т в ответ на ФН у Д 14—15-лет по сравнению с 13—14-летними в надключичной области, в области грудины и на спине. То есть там, где, по данным большого количества исследователей, подтверждено наличие БЖ.

Результаты свидетельствуют в пользу предположения, что в ходе интенсивной тренировки на фоне полового созревания у Д увеличивается присутствие в организме термогенного БЖ, что может быть одной из причин возрастного увеличения физической работоспособности.

**О. Л. Виноградова^{1,2}, Е. А. Орлова¹, В. О. Негуляев^{1,2},
О. С. Тарасова^{1,2}, А. Н. Рогоза³, А. С. Боровик¹**

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

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

³Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии
Министерства здравоохранения Российской Федерации

НАРУШЕНИЕ БАРОРЕФЛЕКТОРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ И СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПРИ ОРТОСТАЗЕ ВО ВРЕМЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ И У БОЛЬНЫХ С ВАЗОВАГАЛЬНЫМИ ОБМОРОКАМИ

Тестировали гипотезу, что нарушение синхронизации спонтанных колебаний артериального давления (АД) и сердечного ритма в области барорефлекторных волн (~0.1 Гц) может служить диагностическим маркером развития обморока при проведении ортостатической пробы. У 6 здоровых добровольцев до, во время и после 21-суточного пребывания в «сухой» иммерсии (СИ) и у 24 пациентов с диагнозом вазовагальные обмороки непрерывно регистрировали АД (фотокомпенсационный метод) и ЭКГ сначала при горизонтальном положении тела, а затем во время пассивной ортопробы (60°). Вычисляли индекс фазовой синхронизации (ИФС) АД и ЧСС в диапазоне от 0.02 до 0.8 Гц. В частотном диапазоне барорефлекторных волн у всех добровольцев на спектре ИФС имелся пик, причем в вертикальном положении он был выше, чем в горизонтальном. Во время пребывания в СИ увеличение ИФС в этом диапазоне при вертикализации пропало параллельно с нарастанием субъективного дискомфорта у 5 из 6 добровольцев. К 5 дню после СИ восстанавливалось исходное соотношение. Аналогичное снижение различий между пиком ИФС в горизонтальном и вертикальном положении тела наблюдалось у пациентов при развитии предобморочного состояния. Таким образом, отсутствие усиления фазовой синхронизации АД и ЧСС при ортостазе сопряжено с риском развития обморока.

Работа выполнена по Плану фундаментальных исследований ГНЦ РФ — ИМБП РАН и при поддержке гранта РФФИ № 17-04-01943.

Р. М. Городничев, С. А. Моисеев, М. Н. Поповская
ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия
физической культуры и спорта», Великие Луки

РЕГУЛЯЦИЯ МЫШЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ, АДАПТИРОВАННЫХ К СИТУАЦИОННОЙ И СТЕРЕОТИПНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Цель работы заключалась в изучении механизмов регуляции различных типов мышечных сокращений у спортсменов, адаптированных к двигательной деятельности разной направленности. В исследовании приняли участие 14 баскетболистов и по 12 спринтеров и стайеров. Испытуемые выполняли удержание изометрического усилия и серии концентрических и эксцентрических сокращений до произвольного отказа, во время которых регистрировалась электрическая активность мышц голени.

Установлено, что особенности регуляции мышечных сокращений различного типа, проявляющиеся в параметрах электроактивности, определяются спецификой двигательной деятельности испытуемых. У баскетболистов зарегистрирована наибольшая суммарная амплитуда *m. gastrocnemius* при изометрическом сокращении, у спринтеров и стайеров — при концентрическом. В период завершения изометрического и концентрического сокращения суммарная амплитуда ЭМГ *m. gastrocnemius* и *m. tibialis anterior* у баскетболистов снижалась в сравнении с начальным периодом работы, а у спринтеров и стайеров данный показатель практически не изменялся. Такие особенности регуляции мышечных сокращений связаны с направленностью тренировочного процесса и спецификой электрической активности рабочих мышц спортсменов исследуемых групп при выполнении основного соревновательного упражнения. Таким образом, в процессе тренировок разной направленности у спортсменов формируется фонд моторных команд, реализация которых определяет особенности регуляции мышечных сокращений различного типа.

Н. Н. Захарьева, М. А. Брагин, Алхаким Алаа
*Центр спортивной медицины НИИ спорта и спортивной
медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК)*

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГОМЕОСТАЗА ФУТБОЛИСТОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Цель работы: установить возрастные особенности температурного баланса высококвалифицированных футболистов. Оценка теплового состояния проведена термодатчиком «CorTemp®».

На первом этапе регистрировали средневзвешенную температуру кожи человека (СВТК) — расчетный показатель температуры кожи в пяти точках тела: на лбу, руке, груди, спине и ноге. На втором этапе измерения проводились во время матча, фиксировалась температура кожи только 1 точки — груди. Полученный цифровой материал обрабатывали на ПК, используя программы STATISTICA 10.0 и «OriginPro 8.5.1». В исследовании участвовало 15 спортсменов футболистов, спортивный разряд каждого не ниже I взрослого, средний возраст $19,4 \pm 0,32$ лет. Выделяли 2 возрастные группы: 1 группа (9 человек, 17—19 лет, «юноши»); 2 группа (6 человек, 20—21 год, «первая зрелость»).

Проведен анализ средних значений СВТК спортсменов во время выполнения нагрузочного теста PWC170. Динамика СВТК спортсменов была следующей: отмечался плавный рост во время первой нагрузки (на $0,64$ °C), далее температура между нагрузками и на 1 минуте второй нагрузки составила $32,7$ °C. Дальнейший рост составил $0,3$ °C, что более чем в два раза меньше роста во время первой нагрузки. Полученные данные свидетельствуют об адаптивном повышении СВТК на первой нагрузке и активном включением такого механизма теплоотдачи как потоиспарение на второй нагрузке. Проведенный анализ позволил нам выделить 2 типа изменений СВТК у футболистов — инертный и пластичный.

Н. Н. Захарьева, Е. И. Малиева, И. Д. Коняев
*Центр спортивной медицины НИИ спорта и спортивной
медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК)*

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕСТОВ ЮНЫМИ ТАНЦОРАМИ

Цель работы: выявить возрастные особенности выполнения стабилметрических тестов и вегетативного баланса у юных танцоров. Проведено обследование 30 регулярно тренирующихся танцоров в возрасте: 7—10, 11—14 и 15—19 лет. При выполнении тестов на приборе «Стабилан 01—2» у юных танцоров регистрировали ЧСС, САД, ДАД тонометром в положении сидя. Показатели фиксировались «до», «после» и в момент выполнения тестов. Спираоартериоритмокардиография выполнена на приборе САКР, г. Санкт-Петербург ООО «Интокс». Выявлены достоверные возрастные особенности выполнения стабилметрического теста «Мишень», выражающиеся в увеличении количества набранных очков; уменьшении среднего разброса смещений общего центра масс (что говорит о возрастном увеличении устойчивости, как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскостях); уменьшении площади доверительного эллипса; увеличении параметра «Качество функции равновесия». Выявлены половые различия у юных танцоров в возрасте 11—14 лет при выполнении теста «Мишень». У юных танцовщиц в возрасте 11—14 лет средняя скорость перемещения выше, т. е. перемещение девушек в пространстве происходит быстрее, чем у танцоров-юношей этой возрастной группы. Однако юноши более устойчивы и совершенны при выполнении теста «Мишень», о чем говорит значение параметра «Площадь эллипса». Наибольшие отличия в волновой структуре спектра выявлены при выполнении теста «Устойчивость в позе Ромберга» на двух ногах и на левой ноге с открытыми, закрытыми глазами в возрастах 7—10 и 15—19 лет.

Н. Н. Захарьева, А. А. Тарабанова, В. А. Киселев
*Центр спортивной медицины НИИ спорта и спортивной
медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК)*

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕНЩИН-БОКСЕРОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ СТИЛЯМИ ВЕДЕНИЯ ПОЕДИНКА

Цель работы: определить морфофункциональные характеристики женщин — боксеров высокой квалификации с различными стилями ведения поединка. Исследование проводилось в национальных командах по женскому боксу России и Казахстана с 2015 по 2016 год. В исследовании приняли участие 152 спортсменки. Возраст спортсменок 19—22 года, спортивная квалификация: КМС, МС, МСМК, ЗМС. По результатам психофизиологического тестирования на компьютерной программе ИВПС 2.1. были определены параметры простой зрительно-моторной реакции, реакции на движущийся объект, времени реакции выбора. Представители типа «игровик» сильно выделяются в сравнении с другими типами. Время, затраченное на выполнение теста у «игровиков» в 1,5—2 раза меньше, соответственно, скорость реагирования на действия соперника у «игровиков» является преобладающим качеством, дающим преимущество перед соперником в бою. Тип конституции спортсменок определен по классификации В. Г. Штефко. Установлено, что самый распространенный тип (мышечный) в основном использует силовой и темповый стиль бокса, у «темповиков» однако также достаточно много астеноидно-торакального типа — в основном встречается в лёгких весовых категориях, где в принципе мышечный тип встречается реже. «Игровики» имеют самый разнообразный состав по типам и подтипам конституции, но в основном всё же имеется тенденция к астеноидно-торакальному типу, хотя встречаются и обладатели торакального и астеноидного, и даже мышечного типов телосложения.

**Ю. В. Корягина, Г. Н. Тер-Акопов, С. В. Нопин,
Л. Г. Роголева, С. М. Абуталимова**
*ФГБУ «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический
центр Федерального медико-биологического агентства»*

ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕЙРО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ

В целях разработки новых технологий восстановления нейро-мышечного аппарата нижних конечностей квалифицированных спортсменов в центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКИЦ ФМБА России проведено исследование влияния применения лечебной грязи Тамбуканского озера и сочетанного воздействия эндомассажа и магнитного поля на функциональное состояние и процесс восстановления нейро-мышечного аппарата спортсменов. Результаты исследования показывают, что после сеанса аппликаций Тамбуканской грязи у спортсменов увеличились показатели амплитуды, площади М-ответа, скорости моторного проведения на обеих ногах. После курса процедур помимо данных изменений произошло снижение коэффициента утомления мышц сгибателей и разгибателей. Сочетанное применение эндомассажа и магнитного поля показало увеличение функциональных возможностей мышц ног: мощности, средней и максимальной высоты прыжка, снижение индекса утомления. Курс из 5 процедур эндомассажа и магнитного поля способствовал улучшению показателей М-ответа, скорости моторного проведения, нормализации интенсивности артериального кровотока и повышению венозного оттока в нижних конечностях спортсменов. После курса точечного аналгетического воздействия эндомассажа и магнитного поля, при восстановлении спортсменов после травм, улучшились показатели функционального состояния мышечно-суставного аппарата голеностопного сустава: максимальный крутящий момент силы, угол сгибания, средняя мощность, отмечалось снижение величины болевого синдрома.

А. С. Крючков, Е. Б. Мякинченко
ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт физической культуры и спорта», Москва
ФГБУ «Центр спортивной подготовки сборных команд России», Москва

**РЕАЛИЗАЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА
КАК ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦИФИЧНОСТИ
МОТОРНОГО ПОТЕНЦИАЛА СПОРТСМЕНОВ
В ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДАХ СПОРТА**

Реализационная эффективность (РЭ) работы нервно-мышечного аппарата (НМА) спортсменов проявляется в рамках целостной двигательной функциональной системы организма и определяется спецификой моторного потенциала (МП). Моторный потенциал НМА характеризуется: его «жесткостью» в уступающей фазе движения; скоростью напряжения и расслабления ДЕ типа I и IIА; мощностью процессов окислительного фосфорилирования и гликолиза; скоростью удаления Ла и Н⁺; степенью рекуперации механической энергии; долей механической работы, выполняемой волокнами Типа I. Специфика перечисленного (то есть, МП) должна проявляться в соревновательных биомеханических условиях (СБУ) работы мышц. Биомеханические условия определяются: длиной мышц, временем изменения длины мышц в фазах удлинения и укорочения, плечом тяги мышц. Индивидуальный паттерн СБУ упражнения формируется в процессе многолетней подготовки под влиянием генетических особенностей спортсмена и имеет свойства, связанные с «защищенностью моторной программы» (устойчивость техники). Придание МП «специфичности» означает повышение функциональной мощности его компонентов исключительно «под СБУ». Разработка стратегии программирования и плана тренировочного процесса для повышения МП и РЭ начинается с выявления индивидуального паттерна СБУ, наличных параметров МП и РЭ, определения специфичных средств и методов воздействия на факторы МП и РЭ в соответствии с требованием «выхода за рамки функциональных возможностей моделируемой части соревновательного движения».

Н. В. Макаренко, Ф. П. Беляев, Л. А. Белицкая, М. В. Зуева
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма», Москва

**ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯЦИИ
СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ
СИГНАЛАМИ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ
СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ
НАСТОЛЬНЫМ ТЕННИСОМ**

Посредством физических стимулов (звуковых или световых) можно воздействовать на активность головного мозга, поведение и эмоции человека. В 2015 году обоснована теория, связывающая развитие и поддержание в зрелом возрасте нормальной структуры и активности мозга с фрактальной сложностью зрительных и других сигналов среды, влияющих на человека в течение его жизни. Из теории следует, что сенсорная стимуляция человека низкоинтенсивными стимулами фрактальной динамики может быть перспективной для улучшения и быстрого восстановления когнитивной деятельности и адаптационных возможностей человека. Мы предположили, что фрактальная оптическая стимуляция с параметрами световых сигналов, приближенных к динамике здорового мозга индуцирует психофизиологические сдвиги в организме спортсменов в виде повышения скорости простой двигательной реакции, увеличении точности движений, изменений показателей ЧСС в покое и в период восстановления. В работе принимали участие 12 студентов 3—4 курсов различных специализаций с базовым уровнем подготовки. Результаты показали положительное влияние фрактальной оптической стимуляции на физическую и умственную работоспособность спортсменов в виде улучшения скорости зрительной реакции, снижении частоты и длительности касаний при контактной треметрии, улучшении точности и стабильности при выполнении технических приемов. Но не было выявлено влияние на скорость восстановления по показателям ЧСС в процессе короткого отдыха.

В. А. Меркурьев

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма», Москва

ИЗМЕНЕНИЕ ИНСПИРАТОРНО-ТОРМОЗЯЩЕГО РЕФЛЕКСА ГЕРИНГА-БРЕЙРА ПОСЛЕ ПОВЫШЕНИЯ СИСТЕМНОГО УРОВНЯ ИЛ-1БЕТА

Известно, что ИЛ-1beta, являясь основным провоспалительным цитокином, оказывает влияние на структуры ЦНС и увеличивает вагальную афферентную активность. Возрастание системного уровня ИЛ-1beta; наблюдается у людей с синдромом сонного апноэ, больных ХОБЛ (хроническая обструктивная болезнь легких), а также у здоровых людей при длительном дыхании с добавочным инспираторным сопротивлением, что позволяет нам предположить участие ИЛ-1 beta; в механизмах регуляции дыхания.

Цель работы: изучение влияния повышенного уровня ИЛ-1beta; на инспираторно-тормозящий рефлекс Геринга—Брейера.

Методы исследования. Эксперименты проводились на накротизированных крысах, у которых регистрировалась пневмотахограмма и внутригрудное давление.

В качестве функциональной пробы, позволяющей оценить выраженность инспираторно-тормозящего рефлекса Геринга—Брейера, использовался метод конечно-экспираторной окклюзии.

Результаты. Тестирование инспираторно-тормозящего рефлекса до и после введения ИЛ-1beta; показало, что через 20 минут после внутривенного введения интерлейкина происходило достоверное увеличение нормированной продолжительности постокклюзионного вдоха до 53 ± 22 %, а через 40 минут — до 65 ± 26 %. Введение физиологического раствора в контрольной серии экспериментов не вызывало достоверного изменения в нормированной длительности первого окклюзионного вдоха.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об усилении инспираторно-тормозящего рефлекса Геринга—Брейера после увеличения содержания ИЛ-1beta; в плазме крови.

П. В. Михайлов¹, Р. С. Остроумов¹, А. А. Муравьев²

¹ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К. Д. Ушинского», Ярославль

²ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова», Ярославль

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ГЕМОРЕОЛОГИИ У ЛИЦ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Преобладающее большинство исследований в области адаптации организма к мышечным нагрузкам посвящено вопросам функциональных изменений на уровне сердца и крупных сосудов, при этом особенности системы микрососудов и комплекс микрореологических характеристик, определяющих текучесть крови, остаются менее изученными. Чаще в подобных исследованиях объектом выступают молодые спортсмены, и значительно меньше работ относятся к категории лиц зрелого возраста. Целью работы было сравнение различий микроциркуляции и гемореологии у лиц с разным возрастом и уровнем аэробной работоспособности.

Методы исследования. С учетом возраста и уровня тренированности были сформированы четыре группы наблюдения: тренированные и нетренированные лица 20—30 лет и 50—60 лет. У испытуемых определяли перфузию, диаметр и плотность капилляров кожи в покое и после ступенчато возрастающей физической нагрузки. При анализе проб крови определяли показатели текучести крови, агрегацию и деформируемость эритроцитов.

Закключение. В ответ на физическую нагрузку было зарегистрировано повышение кожной перфузии у лиц разного возраста и уровня тренированности. При этом более выраженные изменения наблюдали в соответствующих группах тренированных лиц. С возрастом наблюдаются более высокие величины вязкости крови, агрегации эритроцитов, при сниженной их деформируемости, по сравнению с данными молодых лиц.

Е. А. Орлова, А. С. Боровик, О. Л. Виноградова
ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВЛЕННОСТИ НА ТОЧНОСТЬ
ПОДДЕРЖАНИЯ МОЩНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
СЛОЖНОКООРДИНИРОВАННЫХ ДВИЖЕНИЙ
РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

Цель. Оценить воздействие уровня тренированности на точность выполнения сложнокоординационных движений мышц плечевого пояса при нагрузках различной мощности.

Организация. В исследованиях принимали участие 3 группы молодых мужчин: квалифицированные спортсмены-лыжники (10 чел.), физически активные мужчины, не занимающиеся лыжным спортом (14 чел.) и нетренированные мужчины после пребывания в условиях жесткой гипокинезии («сухая» иммерсия, 5 чел.). Испытуемые имитировали одновременный бесшажный лыжный ход в тесте со ступенчато повышающейся нагрузкой до отказа. В конце каждой ступени брали пробу крови для определения анаэробного порога лактатным методом. Заданный уровень нагрузки вместе с величиной мощности, развиваемой испытуемым в каждом движении, в графическом виде отображались на экране планшета. Точность поддержания мощности на каждой ступени оценивалась по среднеквадратичному отклонению развиваемой мощности от заданной.

Результаты. Точность поддержания заданной мощности движений падает при увеличении нагрузки, повышение уровня тренированности смещает кривую зависимости ошибки от мощности в сторону более интенсивной нагрузки.

Работа выполнена по Плану фундаментальных исследований ГНЦ РФ — ИМБП РАН и при поддержке гранта РФФИ № 17-04-01943.

Д. И. Сечин, Р. В. Тамбовцева
*ФГБОУ ВО «Российский государственный университет
физической культуры, спорта, молодёжи и туризма», Москва*

**ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ГИПОКСИЧЕСКОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИНДИВИДУАЛЬНУЮ ДИНАМИКУ
ТЕМПА ДВИЖЕНИЙ И СКОРОСТЬ РЕАКЦИЙ
НА РАЗДРАЖИТЕЛИ У СПОРТСМЕНОВ**

Механизмы компенсации и адаптации организма человека к изменениям газового состава среды является одной из актуальных проблем современных биологических наук. Целью настоящего исследования являлось определение влияния нормобарической гипоксии на психофизиологические показатели спортсменов. Исследование предполагало вдыхание газовой смеси (10 % кислорода во вдыхаемой смеси) в течении 30 минут. На экспериментальной выборке из неадаптированных к гипоксии спортсменов ($n=13$, мастера спорта и мастера спорта международного класса, полных лет: 21 ± 2) определено достоверное (различия достоверны при $p < 0,05$) положительное влияние нормобарической гипоксии на реакции (на свет, звук и выбор) ведущей рукой. Выявлена положительная тенденция в реакции на гипоксический стимул, заключающаяся в снижении времени, затрачиваемого на реагирование не ведущей рукой, а также нижними конечностями. Несмотря на снижение времени, затрачиваемого на реагирование, под влиянием гипоксического стимула снижается динамика темпа движений обеими руками и ногами, что в свою очередь сказывается на оценочной характеристике центральной нервной системы человека. Отмечается тенденция к зависимости компонентного состава тела и эффекта от кратковременного гипоксического воздействия, что подтверждается наличием средней и сильной корреляционной связи между показателями процентного состава жировой и мышечной массы тела спортсменов, с изменениями показателей реакций и динамики темпа движений руками.

В. Д. Сонькин, А. В. Якушкин
*ФГБОУ ВО Российский государственный университет
физической культуры, спорта, молодежи
и туризма (ГЦОЛИФК), г. Москва, Россия*

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ К СТАНДАРТНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

Целью исследования было выявление динамических характеристик адаптационного процесса у 10 молодых физически активных мужчин и женщин, которые в течение 6 недель 3 раза в неделю выполняли 30-минутные беговые тренировки в лабораторных условиях на тредбане на уровне 75—80 % от индивидуального МПК под контролем частоты пульса (каждая тренировка) и лактата (каждая 3-я тренировка). Параметры АП и МПК индивидуально определяли в ходе рамптеста до начала и по окончании цикла тренировок, при этом АП достоверно увеличился у всех испытуемых. В ходе проведения тренировок, по мере развития адаптационного процесса, скорость бега постепенно увеличивали, ориентируясь на пульсовые реакции и лактат в периферической крови. Для выявления динамических характеристик адаптационного процесса учитывали скорость бега, частоту сокращений сердца, содержание лактата в крови. Выявлены индивидуальные различия в динамике адаптационного процесса. По динамике соотношения пульса и нагрузки показано, что адаптивная экономизация работы нарастает поэтапно, в форме циклических синусоидальных изменений, причем вершины синусоиды не совпадают по времени с моментами увеличения скорости бега. В большинстве случаев за период 6 недель регистрируются 3 цикла адаптационного процесса длительностью около 2 недель каждый. Уровень молочной кислоты в крови при этом у всех испытуемых понижается. В докладе будут представлены материалы по анализу индивидуальной и групповой динамики адаптационного процесса.

Р. В. Тамбовцева
*Российский государственный университет физической
культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)*

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ВОЛОКОН ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ТИПА СО СПОРТИВНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ СПОРТСМЕНОВ ЛЕГКОАТЛЕТОВ И КОНЬКОБЕЖЦЕВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Данное научное исследование было проведено на кафедре биохимии и биоэнергетики спорта им. Н. И. Волкова РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК). Целью настоящего исследования явилось изучение генетической детерминации различных типов мышечных волокон как определяющего фактора предрасположенности спортсменов к выполнению физической работы различной мощности и продолжительности. В эксперименте участвовали легкоатлеты и конькобежцы высокой квалификации. Использовали гистохимические методы определения активности АТФазы миозина и маркера напряженности окислительно-восстановительных процессов сукцинатдегидрогеназы. Показано, что результаты спортсменов достоверно не коррелируют с процентным содержанием окислительных мышечных волокон I типа, но на дистанциях, которые не являются для легкоатлетов и конькобежцев соревновательными, между временем прохождения дистанции и количеством мышечных окислительных волокон получены положительные корреляционные зависимости. Чем больше в мышечной ткани спортсменов легкоатлетов бегунов мышечных волокон I типа, тем медленнее они бегут на дистанциях 100, 200, 400 метров. У спортсменов конькобежцев спринтеров отмечается прямая зависимость скорости прохождения квалификационных этапов от количества медленных мышечных волокон. Среди спортсменов мужчин и женщин легкоатлетов и конькобежцев выявляется четкий половой диморфизм.

Л. П. Черепкина
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
физической культуры и спорта», Омск*

**ГЕНДЕРНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ВАРИАбельНОСТИ РИТМА СЕРДЦА
У СПОРТСМЕНОВ, ПРОШЕДШИХ
КУРС НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ**

Курс альфа-стимулирующего нейробиоуправления по методике О. В. Погадаевой (2001) был проведен со 102 спортсменами (63 юношами и 39 девушками). Средний возраст обследуемых лиц $19 \pm 0,2$ лет. Все спортсмены давали письменное согласие на участие в исследовании. До курса нейробиоуправления и после его окончания проводился электрокардиографический мониторинг в 5-минутных пробах с открытыми и закрытыми глазами, при котором спортсменам не давалась установка на повышение мощности альфа-ритма головного мозга. Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью пакета SPSS13.0.

Результаты спектрального и временного анализа вариабельности ритма сердца показали, что после курса нейробиоуправления у спортсменок наблюдалось увеличение RMSSD и pNN50 в пробах при открытых и закрытых глазах, указывающее на сдвиг вегетативного гомеостаза в сторону автономного типа регуляции сердечного ритма, а у спортсменов, напротив, произошло увеличение относительной мощности волн очень низкой частоты и индекса централизации при открытых глазах, а также уменьшение относительной мощности волн высокой частоты при открытых и закрытых глазах, свидетельствующие о более активном включении высших вегетативных центров в механизм адаптации. Полученные результаты указывают на разные механизмы регуляции функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменок и спортсменов в процессе овладения навыком произвольной регуляции альфа-ритма головного мозга.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА	3
ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ	23

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Левик Ю. С., Сметанин Б. Н., Кожина Г. В., Попов А. К. Адаптация системы поддержания вертикальной позы к дестабилизации зрительного окружения при многократном повторении проб.....	26
Мошонкина Т. Р., Пухов А. М., Томиловская Е. С., Козловская И. Б., Герасименко Ю. П. Воображаемые движения как способ нейромодуляции кортикоспинальных взаимодействий	27
Рощин В. Ю., Павлова О. Г., Сидорова М. В., Иванова Г. Е. Объективная оценка степени сохранности проприоцептивного восприятия движений руки	28
Шапкова Е. Ю. Проявления активность-зависимой нейропластичности при хроническом посттравматическом поражении взрослого спинного мозга у человека	29

НАЗЕМНЫЕ МОДЕЛИ МИКРОГРАВИТАЦИИ

Мейгал А. Ю., Герасимова-Мейгал Л. И., Прохоров К. С., Попадейкина Н. А., Саенко И. В. Электромиограмма, функция равновесия и ходьбы у больных паркинсонизмом в течение курса «сухой» иммерсии, и при однократной иммерсии	32
Савеко А. А., Томиловская Е. С., Козловская И. Б. Исследование влияния «сухой» иммерсии на морфологические характеристики стопы	33
Соснина И. С., Ляховецкий В. А., Зеленский К. А., Карпинская В. Ю., Томиловская Е. С. Сенсомоторная оценка иллюзий понзо и Мюллер-Лайера в течение 21-суточной «сухой» иммерсии	34

Томиловская Е. С., Шигуева Т. А., Рукавишников И. В., Козловская И. Б. «Сухая» иммерсия — наземная модель физиологических эффектов невесомости.....	35
Шпак А. В., Воронов А. В. Использование видеоанализа движений и анализа ЭМГ в оценке функционального состояния опорно-двигательного аппарата человека при гравитационной разгрузке	36
ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО В НЕЙРОРЕАБИЛИТОЛОГИИ	
Аксенов А. Ю., Долганова Т. И., Попков Д. А., Долганов Д. В. Количественная оценка двигательных нарушений у детей с церебральным параличом по данным видеоанализа	38
Барканов М. Г. Влияние разноуровневой стимуляции спинного мозга на тонусную активность мышц нижних конечностей	39
Бикчентаева Л. М., Ребик А. А., Яфарова Г. Г. Выявление тремора при выполнении поструральных и двигательных задач у человека	40
Бирюкова Е. В., Кондур А. А., Фролов А. А., Бобров П. Д. Биомеханические параметры, характеризующие восстановление движений после инсульта.....	41
Благовещенский Е., Агранович О., Кононова Е., Габбасова Е., Рождественский В. Оценка эффектов трансвертебральной стимуляции постоянным током у детей больных артрогрипозом.....	42
Боброва Е. В., Решетникова В. В., Фролов А. А., Герасименко Ю. П. Успешность воображения движений правой, но не левой руки при управлении мозг-компьютерным интерфейсом зависит от уровня нейротизма.....	43
Гладченко Д. А., Челноков А. А., Рощина Л. В. Влияние электрической стимуляции спинного мозга на ЭМГ-паттерны шагательных движений при разной мощности афферентации от опорно-двигательного аппарата.....	44
Григорьева Е. В., Ларионова Ю. Е., Емельяников Д. В., Шапкова Е. Ю. Оценка динамики локомоторных возможностей пациентов с плегиями при тренировках ходьбы в экзоскелете «ЭкзоАтлет».....	45

Емельяников Д. В., Шапкова Е. Ю. Паттерны координации движений рук и ног при ходьбе в экзоскелете «ЭкзоАтлет» у пациентов с нижними параплегиями	46
Казенников О. В., Талис В. Л. Позные колебания человека при поворотах туловища в симметричной и асимметричной стойке	47
Казенников О. В., Кириева Т. Б., Шлыков В. Ю. Исследование перекрестных влияний во время упреждающих изменений двигательной активности	48
Кручинин П. А. Механические модели и анализ результатов стабилметрических исследований.....	49
Кукоба Т. Б., Фомина Е. В., Бабич Д. Р. Изменение МПС мышц ног человека после космического полета с учетом предполётного уровня силовых качеств	50
Ланская Е. В. Магнитная стимуляция в исследовании функционального состояния нейромоторного аппарата у представителей различных видов спорта	51
Ларионова Ю. Е., Григорьева Е. В., Емельяников Д. В., Шапкова Е. Ю. Реакция сердечно-сосудистой системы на тренировку ходьбы в экзоскелете у пациентов с посттравматическими плегиями	52
Лысова Н. Ю., Фомина Е. В. Кинематические характеристики усложненных локомоций после длительных космических полетов	53
Маркевич В. В., Иванов С. М. Влияние длительной низкочастотной электромагнитной стимуляции спинного мозга на сократительную способность мышц голени.....	54
Мельников А. А., Смирнова П. А., Черкашин А. Е., Николаев Р. Ю., Викулов А. Д. Стретчинг-тренировка нижних конечностей повышает одноопорное поструральное равновесие	55
Милицкова А. Д., Бикчентаева Л. М., Яфарова Г. Г., Балтина Т. В. Кондиционирование вызванных ответов мышц нижних конечностей на чрескожную стимуляцию спинного мозга	56

- Михайлова Е. А.** Эффект непрерывной электрической стимуляции спинного мозга на биомеханические характеристики движений ног в разные фазы бегового цикла..... 57
- Пивоварова Е. А., Пименова А. А.** Коррекция нарушения осанки у детей-аутистов, обучающихся в центре специального образования .. 58
- Пискунов И. В.** Электромиографическое исследование регуляции произвольных быстрых циклических движений с изменением их направления 59
- Пляшкевич В. Л.** Представление об образе-алгоритме как о механизме действия руки предметом 60
- Попова Е. В., Гарькина С. В., Мошонкина Т. Р.** Изменения артериального давления в ответ на физические и воображаемые нагрузки 61
- Пухов А. М., Моисеев С. А., Иванов П. В., Иванов С. М.** Управление супраспинальной нейрональной активностью посредством приема эндраССика 62
- Рошин В. Ю., Бадаква А. М., Миллер Н.В., Зобова Л. Н.** Технология формирования искусственного сенсорного канала с функциями проприоцепции на основе инвазивной микростимуляции коры у обезьян 63
- Селионов В. А., Солопова И. А., Жванский Д. С., Атанов М. С.** Различия волновых процессов в коре мозга при выполнении ритмических движений и их демонстрации у здоровых испытуемых и у пациентов после инсульта..... 64
- Силантьева Д. И., Ямалитдинова Э. И., Балтина Т. В.** Влияние первичного травматического повреждения спинного мозга на параметры моторных вызванных ответов мышц задней конечности крысы 65
- Сиренев И. М., Сиренева Н. В., Герасимова-Мейгал Л.И.** Кардиовас-с рассеянным склерозом: временные и спектральные характеристики вариабельности ритма сердца 66
- Солопова И. А., Селионов В. А., Жванский Д. С., Долинская И. Ю., Кешишян Е. С.** Реакции мышц на их пассивное укорочение у здоровых детей первого года жизни 67

Трембач А. Б., Пономарева Т. В., Самарский Д. М., Миниханова Е. Р. Направленная коррекция корковой электрической активности посредством БОС-тренинга по позной устойчивости и ЭЭГ у лиц с СДВГ	68
Третьякова О. Г., Мейгал А. Ю., Герасимова-Мейгал Л. И., Субботина Н. С., Саенко И. В. Психофизиологические параметры у больных паркинсонизмом во время курса «сухой» иммерсии.....	69
Urynbayev S. H. About the Work of the Brain in General Individual and Social Consequences	70
Уськов К. В., Резванова С. К., Бабич Д. Р., Фомина Е. В. Уровень двигательной активности и аэробные возможности участников эксперимента с краткосрочной изоляцией	71
Фомина Е. В., Резванова С. К., Лысова Н. Ю. Энергообеспечение мышечной деятельности после длительного пребывания человека в невесомости	72
Шилов А. С., Уляшева Е. А., Лахтионов А. В., Изьюров В. Д. Изменения спинальных моносинаптических рефлексов человека при острых и интервальных гипоксических воздействиях	73
СОКРАТИТЕЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ МЫШЦ И ЕЁ НЕЙРОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ (2-Е НАСЛЕДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ)	
Балезина О. П. Режимы мышечной активности, влияющие на работу моторных синапсов	76
Кривой И. И. Na,K-АТФаза и гарантийный фактор нервно-мышечной передачи.	77
Немировская Т. Л., Шенкман Б. С. Механизмы экспрессии Е3-лигаз.....	78
Попова С. С., Уланова А. Д., Грицына Ю. В. Салмов Н. Н., Михайлова Г. З., Бобылёв А. Г., Рогачевский В. В., Моренков О. С., Захарова Н. М., Вихлянцев И. М. Факторы протеостаза в поперечнополосатых мышцах гибернирующих животных.....	79

Правдивцева Е. С., Богачева П. О., Балежина О. П. Потенцирование спонтанной секреции медиатора в зрелых и новообразованных синапсах мышцы под действием тромбина	80
Пронса Гарсия А., Митева А. С., Богачева П. О., Балежина О. П. Постсинаптические эффекты эндогенной и экзогенной АТФ в моторных синапсах мышцы.....	81
Сибгатуллина Г. В., Мухитов А. Р., Маломуж А. И. Нервно-мышечный синапс <i>in vitro</i> как модель исследования межклеточной сигнализации	82
Тарасова Е. О., Молчанова А. И., Митева А. С., Гайдуков А. Е., Балежина О. П. Действие bDNF на спонтанную и вызванную секрецию ацетилхолина в моторных синапсах мышцы.....	83
Цатурян А. К. Механочувствительность миофибрилл в саркомерах поперечно-полосатых мышц позвоночных: гипотеза и факты.....	84
Шенкман Б. С. Пусковые механизмы гипогравитационной перестройки постуральной мышцы	85

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ КЛЕТОЧНОГО ГОМЕОСТАЗА СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ В НОРМЕ И В ПАТОЛОГИИ

Бажутина А. Е., Балакина-Викулова Н. А., Кацнельсон Л. Б., Соловьева О. Э., Панфилов А. В. Исследование влияния электротонического взаимодействия между кардиомиоцитом и фибробластами на функцию кардиомиоцита в рамках компьютерной модели	88
Балтин М. Э., Сабирова Д. Э., Ямалитдинова Э. И., Балтина Т. В. Эффективность полимерных конъюгатов в доставке метилпреднизолона при травме спинного мозга.....	89
Белова С. П., Мочалова Е. П., Шарло К. А., Парамонова И. И., Шенкман Б. С. Влияние стимуляции опорных зон стопы на экспрессию e3-убиквитинлигаз MuRF-1 и MAFbx при функциональной разгрузке <i>m. soleus</i> крысы	90

Брындина И. Г., Овечкин С. В., Шалагина М. Н. К вопросу о нейрональном контроле регуляции сфинголипидных механизмов и инсулинового сигналинга в разгруженной скелетной мышце	91
Вильчинская Н. А., Шенкман Б. С. Влияние АМРК на активность сигнального пути mtor в <i>m. soleus</i> крыс при восстановлении.....	92
Галиуллина Н. В., Львова И. Д., Федянин А. О., Балтина Т. В., Еремеев А. А. Состояние нейро-моторного аппарата камбаловидной мышцы крысы при антиортостатическом вывешивании, сочетанном с электростимуляцией спинного мозга.....	93
Кравцова В. В., Кривой И. И. Характеристики моторных концевых пластинок при различных формах хронических нарушений двигательной активности	94
Кузнецов М. С., Лисюков А. Н., Резвяков П. Н., Исламов Р. Р. Анализ транскриптома диафрагмы мышцы после 30-суточного орбитального полета на биоспутнике «Бион-М1» и последующей 7-суточной реадaptации	95
Мельников И. Ю., Шарло К. А., Тыганов С. А., Вихлянцев И. М., Шенкман Б. С. Кальпаин-зависимая деградация белков цитоскелета и ее влияние на жесткость <i>m. soleus</i> в условиях моделируемой невесомости.....	96
Мочалова Е. П., Белова С. П., Шенкман Б. С., Немировская Т. Л. Роль MAP-киназы p38 в регуляции экспрессии e3-лигаз на ранних сроках функциональной разгрузки <i>m. soleus</i> крысы.....	97
Протопопов В. А., Секунов А. В., Брындина И. Г. Изменения мембранного церамида в камбаловидной мышце при функциональной разгрузке на фоне ишемии	98
Туртикова О. В., Шарло К. А., Львова И. Д., Балтина Т. В., Шенкман Б. С. Роль нервных влияний в атрофии тентомированной камбаловидной мышцы кролика	99
Тыганов С. А., Мирзоев Т. М., Рожков С. В., Мочалова Е. П., Шенкман Б. С. Влияние опорной стимуляции на анаболические процессы на фоне восстановления после 14-суточной гравитационной разгрузки	100

Тяпкина О. В., Нуруллин Л. Ф. Пресинаптическая модуляция процессов нейросекреции в мионевральном синапсе при опорной разгрузке	101
Федянин А. О., Еремеев А. А., Балтина Т. В., Саченков О. А. Состояние нейро-моторного аппарата икроножной мышцы крысы при гравитационной разгрузке и пассивном растяжении	102
Шарло К. А., Парамонова И. И., Каламкарров Г. Р., Шенкман Б. С. NO-зависимые и GSK-3 GSK-3 β -зависимые механизмы регуляции фенотипа волокон камбаловидной мышцы крыс при гравитационной разгрузке	103

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ К СОКРАТИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Бобылев А. С., Мельников А. А. Повышенная вариабельность сердечного ритма у спортсменов-гребцов ассоциирована с аллелей I гена ACE	106
Боков Р. О., Лысенко Е. А., Попов Д. В. Влияние аэробной тренировки на регуляцию содержания митохондриальных ферментов и транскрипционных факторов в скелетной мышце человека	107
Ганеева И. А. Анализ возрастных изменений в миокарде двух отделов сердца японского перепела	108
Дмитриева Р. И., Иванова О. А., Лелявина Т. А., Галенко В. Л., Сергушичев А. Анализ транскриптома выявил влияние физических тренировок на молекулярные механизмы регуляции роста и метаболизма мышечной ткани у пациентов с ХСН	109
Леднев Е. М., Кравченко И. В., Фуралев В. А., Дубров В. Э., Попов Д. В. Экспрессия гена IGF1 в культуре миотуб, полученных от доноров разных возрастов	111
Лысенко Е. А., Вепхвадзе Т. Ф., Попов Д. В. Сигнальные эффекты силовых упражнений высокой и умеренной интенсивности в нетренированной и адаптированной к силовым упражнениям скелетной мышце	112

Махновский П. А., Згода В. Г., Гусев О. А., Попов Д. В., Виноградова О. Л. Регуляция содержания высокопредставленных белков в скелетной мышце человека в ответ на аэробную тренировку	113
Попов Д. В., Махновский П. А., Лысенко Е. А., Гусев О. А., Виноградова О. Л. Изменения генной экспрессии в скелетной мышце человека после однократной и регулярных аэробных физических нагрузок	114

СИСТЕМНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ К СОКРАТИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Андреева А. М., Ваваев А. В., Драугелите В. А., Козлов А. В., Шипилов А. А. Физиологические факторы, влияющие на поструральный контроль высококвалифицированных биатлонистов в момент стрельбы во время имитации спринтерской гонки	116
Богданова Т. Б. Влияние левзеи сафлоровидной на физическую выносливость спортсменок	117
Борзых А. А., Кузьмин И. В., Нестеренко А. М., Гайнуллина Д. К., Тарасова О. С. Произвольный бег крыс в колесе: связь тренировочных эффектов с показателями беговой активности	118
Боровик А. С., Орлова Е. А., Виноградова О. Л. Барорефлекторная активность во время физической работы различной интенсивности	119
Васенина В. Г. Оценка физической работоспособности у фридайверов	120
Васильева Р. М., Сонькин В. Д., Орлова Н. И., Колесов А. Д. Влияние систематической мышечной деятельности на центральный кровоток и термовегетативную функцию кожи у девочек-спортсменок пубертатного возраста	121

Виноградова О. Л., Орлова Е. А., Негуляев В. О., Тарасова О. С., Рогоза А. Н., Боровик А. С. Нарушение барорефлекторной синхронизации артериального давления и сердечного ритма при ортостазе во время длительного пребывания в «сухой» иммерсии и у больных с вазовагальными обмороками	122
Городничев Р. М., Моисеев С. А., Поповская М. Н. Регуляция мышечных сокращений у спортсменов, адаптированных к ситуационной и стереотипной двигательной деятельности	123
Захарьева Н. Н., Брагин М. А., Алхаким Алаа Возрастные особенности температурного гомеостаза футболистов высокой квалификации	124
Захарьева Н. Н., Малиева Е. И., Коняев И. Д. Возрастные особенности выполнения стабилметрических тестов юными танцорами	125
Захарьева Н. Н., Тарабанова А. А., Киселев В. А. Морфофункциональные характеристики женщин-боксеров высокой квалификации с различными стилями ведения поединка	126
Корягина Ю. В., Тер-Акопов Г. Н., Нопин С. В., Роголева Л. Г., Абуталимова С. М. Технологии восстановления нейро-мышечного аппарата нижних конечностей спортсменов	127
Крючков А. С., Мясинченко Е. Б. Реализационная эффективность нервно-мышечного аппарата как характеристика специфичности моторного потенциала спортсменов в циклических видах спорта.....	128
Макаренко Н. В., Беляев Ф. П., Белицкая Л. А., Зуева М. В. Влияние стимуляции сложноструктурированными оптическими сигналами на работоспособность спортсменов, занимающихся настольным теннисом	129
Меркурьев В. А. Изменение инспираторно-тормозящего рефлекса геринга-брейра после повышения системного уровня ИЛ-1beta	130
Михайлов П. В., Остроумов Р. С., Муравьев А. А. Сравнительный анализ возрастных изменений микроциркуляции и гемореологии у лиц с разным уровнем двигательной активности	131

Орлова Е. А., Боровик А. С., Виноградова О. Л. Влияние уровня физической подготовленности на точность поддержания мощности при выполнении сложнокоординированных движений различной интенсивности	132
Сечин Д. И., Тамбовцева Р. В. Влияние кратковременного гипоксического воздействия на индивидуальную динамику темпа движений и скорость реакций на раздражители у спортсменов ..	133
Сонькин В. Д., Якушкин А. В. Неравномерность процесса адаптации к стандартной циклической нагрузке	134
Тамбовцева Р. В. Корреляционные взаимосвязи волокон окислительного типа со спортивными результатами спортсменов легкоатлетов и конькобежцев высокой квалификации	135
Черапкина Л. П. Гендерные различия показателей variability ритма сердца у спортсменов, прошедших курс нейробиоуправления.....	136

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ КЛАССИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Материалы IX Всероссийской
с международным участием конференции
с элементами научной школы
по физиологии мышц и мышечной деятельности,
посвященной памяти Е. Е. Никольского
(г. Москва, 18—21 марта 2019 г.)

Подписано в печать 04.03.2019. Формат 60 × 84/16
Усл. печ. л. 8,72. Тираж 200 экз. Заказ 40

Издательство ГНЦ РФ — ИМБП РАН
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, 76а
Тел.: +7 (499) 195-68-74, +7 (499) 195-65-12
<http://www.imbp.ru/> E-mail: son118son@yandex.ru

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга»
394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 116
Тел.: +7 (473) 220-57-15, 296-90-83
<http://www.n-kniga.ru/> E-mail: typ@n-kniga.ru