

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПРОБЛЕМ ФИЗИОЛОГИИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ**

Материалы X Всероссийской  
с международным участием школы-конференции  
по физиологии мышц и мышечной деятельности,  
посвященной памяти Инесы Бенедиктовны Козловской  
и приуроченной к году науки и технологий  
(Москва, 28 июня – 01 июля 2021 г.)

*Под общей редакцией  
доктора биологических наук, профессора О.Л. Виноградовой,  
доктора биологических наук, профессора Б.С. Шенкмана,  
кандидата биологических наук Е.С. Томиловской*

Москва  
ГНЦ РФ – ИМБП РАН  
2021

УДК 612.7+591.17  
ББК 28.707.3+28.673  
Н76

**Н76 Новые подходы к изучению проблем физиологии экстремальных состояний.** Материалы X Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности, посвященной памяти И.Б. Козловской и приуроченной к году науки и технологий, Москва, 28 июня – 1 июля 2021 г. М.: ГНЦ РФ – ИМБП РАН, с. 162.

ISBN 978-5-902119-63-0

В сборник включены материалы X Всероссийской с международным участием школы-конференции по физиологии мышц и мышечной деятельности «Новые подходы к изучению проблем физиологии экстремальных состояний». Конференция посвящена памяти Инесы Бенедиктовны Козловской и приурочена к году науки и технологий, она состоится 28 июня – 01 июля 2021 г. в ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

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 10th Russian national Conference with international participation on Muscle and Exercise Physiology «New approaches to studying of extreme states». The conference is dedicated to the memory of Inessa Kozlovskaya and is timed to the Year of Science and Technology, it will be held on June 28 – July 01, 2021 at the SRC RF – Institute of Biomedical Problems RAS. Edited by O. Vinogradova, B. Shenkman and E. Tomilovskaya – Moscow: SRC RF – IBP RAS, 2021. The current fundamental studies in cellular and molecular mechanisms in motor control, hypokinesia, 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.

Под общей редакцией  
О.Л. Виноградовой, Б.С. Шенкмана, Е.С. Томиловской

ISBN 978-5-902119-63-0

© ГНЦ РФ – ИМБП РАН, 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ  
ИМ. И.П. ПАВЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

## **ПРОГРАММА**

X Всероссийской  
с международным участием школы-конференции  
по физиологии мышц и мышечной деятельности,  
посвященной памяти Инесы Бенедиктовны Козловской  
и приуроченной к году науки и технологий  
(Москва, 28 июня – 01 июля 2021 г.)

**Новые подходы к изучению проблем  
физиологии экстремальных состояний**

Москва  
ГНЦ РФ – ИМБП РАН  
2021

## ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук

*Конференция проводится при поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения №\_075-1502020-919 от 16.11.2020 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».*

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

**Орлов Олег Игоревич**, д.м.н., проф., академик РАН

(ГНЦ РФ – ИМБП РАН) – председатель;

**Филаретова Людмила Павловна**, д.б.н., академик РАН (ИФ РАН);

**Виноградова Ольга Леонидовна**, д.б.н., проф. (ГНЦ РФ – ИМБП РАН);

**Герасименко Юрий Петрович**, д.б.н., член-корр. РАН (ИФ РАН);

**Городничев Руслан Михайлович**, д.б.н., проф. (ВЛГАФК);

**Томиловская Елена Сергеевна**, к.б.н. (ГНЦ РФ – ИМБП РАН);

**Шенкман Борис Стивович**, д.б.н., проф. (ГНЦ РФ – ИМБП РАН);

**Мошонкина Татьяна Ромульевна**, д.б.н. (ИФ РАН);

**Сорокин Олег Геннадьевич** к.м.н. (ГНЦ РФ – ИМБП РАН);

**Шарова Анна Петровна** к.б.н. (ГНЦ РФ – ИМБП РАН).

## Организационный комитет

Виноградова О.Л.,

Федорко А.М.,

Кантемирова Е.В.,

Шенкман Б.С.,

Романов А.Н.,

Сорокин О.Г.,

Томиловская Е.С.,

Каминская С.В.,

Шарова А.П.

Мошонкина Т.Р.,

Семенкова Т.В.,

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

Регистрация по месту проведения конференции  
28 июня 2021 г. 9.00–14.00

## 28 июня

**9.00** Регистрация участников

**9.45–10.00** Открытие конференции

**Орлов Олег Игоревич**

**Пленарное заседание**

**10.00–10.30** *Анохин П.К.* Коннектом и когнитом: две опорные сети головного мозга

**10.30–11.00** *Герасименко Ю.П.* Стратегии и механизмы нейромодуляции нейронных сетей для регуляции постуральных и локомоторных функций

**11.00–11.30** *Филаретова Л.П.* Физическая активность как естественный стрессорный фактор

**11.30–12.00** *Роцевская И.М.* Картирование электрического поля сердца: возможности неинвазивной оценки электрической активности

**12.00–12.30** *Reggiani C.* Training and inactivity in the elderly: does aging set a limit to muscle plasticity?

**12.30–13.00** *Кубасова Н.А., Цатурян А.К.* Миозин в расслабленной поперечно-полосатой мышце

**Обед 13.05–14.00**

**Секция 1: Интегративные механизмы регуляции позы и локомоции**

**Председатель: Юрий Петрович Герасименко**

**Стендовая сессия, 14.00–15.00 (3-минутные доклады)**

1. *Барканов М.Г.* Об избирательной активации мотонейронных пулов мышц нижних конечностей посредством неинвазивной чрескожной электрической стимуляции спинного мозга

2. *Кондашевская М.В., Никольская К.А., Толченникова В.В.* Новые подходы к изучению познавательной деятельности и операционных локомоторных механизмов осуществления этого процесса

3. *Долганова Т.И., Попков Д.А., Долганов Д.В., Чибиров Г.М.* Кинетические перестройки в локомоторных стереотипах у здоровых детей при различной скорости передвижения

4. *Гладченко Д.А., Богданов С.М., Рощина Л.В., Челноков А.А.* Особенности пресинаптического торможения Ia афферентов при разных типах мышечного сокращения у человека

5. *Челноков А.А., Рощина Л.В., Гладченко Д.А., Городничев Р.М.* Эффект чрескожной электрической стимуляции спинного мозга на функциональную активность нерцепторного и возвратного торможения мышц-синергистов голени

6. *Шкорбатова П.Ю., Ляховецкий В.А., Горский О.В., Мусяенко П.Е.* Бипедальная ходьба децеребрированной кошки при трансвертебральной стимуляции

7. *Бикчентаева Л.М., Яфарова Г.Г., Яраева Л.Р., Балтина Т.В.* Постуральная устойчивость человека при использовании виртуальной реальности.

8. *Ивлева Е.С., Люкманов Р.Х., Котов-Смоленский А.М., Мельников А.А.* Влияние тренировки способности к расслаблению мышц на эффективность формирования нового двигательного навыка

9. *Моисеев С.А.* Внутри и межиндивидуальная вариативность мышечных синергий при локомоциях умеренной интенсивности

#### **Устные доклады, 15.00–18.10**

**15.00–15.20** *Андреева И.Г., Тимофеева О.П., Гвоздева А.П., Боброва Е.В.* Постуральный контроль у людей с разными ведущими модальностями при ориентации в пространстве

**15.20–15.40** *Бобров П.Д., Исаев М.Р., Керечанини Я.В., Курганская М.Е., Федотова И.Р.* Динамика клинических показателей и ЭЭГ-коррелятов воображения движений при использовании комплекса ИМК + экзоскелет в реабилитации после инсульта

**15.40–16.00** *Левик Ю.С.* Система внутреннего представления и моторный контроль

**16.00–16.20** *Мошонкина Т.Р., Тимофеева О.П., Шандыбина Н.Д., Андреева И.Г.* Показатели постурального контроля при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга

#### **Кофе-брейк 16.20–16.40**

**16.40–17.00** *Талис В.Л., Казенников О.В.* Нервно-мышечный тонус: представления «московской школы двигательного контроля» от Николая Александровича Бернштейна до наших дней

**17.00–17.20** *Лавров И.А.* Нейромодуляция и нейрорегенеративная терапия в восстановление повреждения спинного мозга

**17.20–17.40** *Лебедев М.А.* Нейроинтерфейсы: реабилитация и расширение функций

**17.40–17.50** *Боброва Е.В., Решетникова В.В., Вершинина Е.А., Исаев М.А., Керечанин Я.А., Гришин А.А., Бобров П.Д., Герасименко Ю.П.* Точность классификации сигналов мозга при тренировке воображения движений кистей, стоп и локомоции, и ее связи с личностными характеристиками

**17.50–18.00** *Ляховецкий В.А., Меркульева Н.С., Горский О.В., Мусиенко П.Е.* Активность мышц бедра при двунаправленной ходьбе децеребрированной кошки

**18.00–18.10** *Ананьев С.С., Павлов Д.А., Якупов Р.Н., Айзатуллин И.Ф., Балыкин М.В.* Влияние транскраниальной магнитной стимуляции на возбудимость нейронных структур поясничного утолщения спинного мозга после ишемического инсульта

## 29 июня

### Секция 1: Интегративные механизмы регуляции позы и локомоции

Председатель: Юрий Петрович Герасименко

Устные доклады, 10.00–10.40

**10.00–10.10** Кручинин П.А., Холмогорова Н.В. Об энергетических оценках в стабиллометрии

**10.10–10.20** Селионов В.А., Солопова И.А. Модуляция Н-рефлекторной возбудимости во время ритмических произвольных и вызванных движений руки

**10.20–10.30** Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Савахин А.А., Гришин А.А., Герасименко Ю.П. Использование электродной матрицы для неинвазивной спинальной модуляции локомоторных нейронных сетей человека

**10.30–10.40** Якупов Р.Н., Ананьев С.С., Павлов Д.А., Голоднова В.А., Балыкин М.В. Возможности электростимуляции спинного мозга и механостимуляции мышц ног в коррекции моторных функций после ишемического инсульта

### Секция 2: Физиологические эффекты ограничения подвижности

Председатель: Елена Сергеевна Томиловская

Устные доклады, 10.40–13.00

**10.40–11.00** Mano T. Integrated approaches to the investigation of neuro-cardiovascular functions in standing humans in simulated microgravity conditions

**11.00–11.20** Ohira T., Kawano F., Goto K., Ohira Y. Effects of afferent neural activity in the anti-gravity-related regulation of neuromuscular properties

Кофе-брейк 11.20–11.40

**11.40–12.00** Barisano G., Sephrband F., Rukavishnikov I.V., Nosikova I.N., Litvinova L., Ryabova A.M., Petrovichev V., Sinitsyn V., Pechenkova E., Laureys S., Sijbers J., Jeurissen B., Sunaert S., Parizel P., Jillings S., Collins H.R., Law M., Grishin A., Roberts D., Tomilovskaya E.S., Wuyts F.L. Spaceflight induced effect on the brain of space crew, and the possible role of countermeasures

**12.00–12.20** Шенкман Б.С., Калашиников В.Е., Тыганов С.А., Туртикова О.В., Глазова М.В., Мирзоев Т.М. Спонтанная тоническая активность постуральной мышцы в условиях гравитационной разгрузки: нейрональные механизмы и сигнальные последствия

**12.20–12.40** Саенко Д.Г. Перспективы использования чрескожной электростимуляции спинного мозга в исследованиях эффектов микрогравитации

**12.40–13.00** Павлова О.Г., Роцин В.Ю., Николаев Е.А., Хатькова С.Е. Динамика объективных показателей проприоцептивного восприятия односуставных движений у постинсультных пациентов с гемипарезом в ходе реабилитации

**Обед 13.05–14.00**

**Стендовая сессия, 14.00–15.00 (3-минутные доклады)**

1. Савеко А.А., Брыков В.И., Китов В.В., Томиловская Е.С. Влияние лунной и марсианской опорной разгрузки на электромиографическую активность мышц нижних конечностей

2. Третьякова О.Г., Герасимова-Мейгал Л.И., Мейгал А.Ю., Прохоров К.С., Саенко И.В. Позные реакции у больных паркинсонизмом после курса моделированной микрогравитации

3. Абу Шели Н.М.А., Ермаков И.Ю., Шишкин Н.В., Амирова Л.Е., Томиловская Е.С. Исследование позной устойчивости у женщин после 3-суточной «сухой» иммерсии

4. Гавриченко А.В., Пасатецкая Н.А., Лопатина Е.В., Соколова М.Г. Физиологическая роль неквантового ацетилхолина при хронической воспалительной демиелинизирующей полиневропатии

5. Самойленко Т.В., Шишкина В.В., Атякишин Д.А. Грависенситивность экспрессии А-SMA в гладкой мышечной ткани желудка мышей C57BL/6N после воздействия факторов космического полета

6. Ставровская Д.М., Пучкова А.А., Сухоставцева Т.В. Параметры внешнего дыхания человека в условиях последовательного действия моделированной невесомости и лунной гравитации

7. Мейгал А.Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Третьякова О.Г., Саенко И.В. Двигательные задания на время реакции и перехват цели после курса 45-минутных сессий «сухой» иммерсии у больных паркинсонизмом

8. Шигуева Т.А., Китов В.В., Амирова Л.Е., Носикова И.Н., Савеко А.А., Шишкин Н.В., Зеленская И.С., Томиловская Е.С. Влияние

«сухой» иммерсии на характеристики двигательных единиц постуральных мышц

9. *Сунгатуллина М.И., Зарипова Р.И., Зиятдинова Н.И., Зефирова Т.Л.* Влияние клонидина гидрохлорида на инотропный эффект сердца крыс с ограничением двигательной активности

10. *Россомахин Р.А., Тяпкина О.В.* Иммунофлуоресцентное исследование экспрессии белка EAAT2 в печени мышей в условиях космического полета

11. *Зобова Л.Н., Миллер Н.В., Роцин В.Ю., Бадаквя А.М.* Влияние опорной разгрузки на корковые механизмы управления движениями руки у обезьян

### **Устные доклады, 15.00–18.05**

**15.00–15.20** *Томиловская Е.С., Шенкман Б.С., Козловская И.Б.* Гипогравицационный двигательный синдром: природа и механизмы развития

**15.20–15.40** *Шапкова Е.Ю., Ларионова Ю.Е., Купреев Н.А., Емельяников Д.В.* Адаптация к принудительной локомоторной активности и афферентной стимуляции при хроническом посттравматическом поражении взрослого спинного мозга человека

**15.40–16.00** *Зарипова Р.И., Яфарова Г.Г., Андрианов В.В., Гайнутдинов Х.Л., Зефирова Т.Л.* Содержание оксида азота в тканях сердца крыс, растущих в условиях ограничения подвижности с 3-х недельного возраста

**16.00–16.15** *Катуңцев В.П., Сухоставцева Т.В., Котов А.Н., Пучкова А.А.* Влияние 14-суточной моделированной лунной гравитации на ортостатическую устойчивость организма человека

**16.15–16.30** *Мейгал А.Ю., Пескова А.Е., Герасимова-Мейгал Л.И., Личкова А.А.* Постактивационный эффект человека в условиях моделированной микрогравитации и температурного воздействия

### **Кофе-брейк 16.30–16.50**

**16.50–17.05** *Худякова Е.П., Тарасенков Г.Г., Седелкова В.А., Герасимова Ю.И.* Исследование влияния физических нагрузок на показатели операторской деятельности в условиях моделированной невесомости и лунной гравитации

**17.05–17.20** *Шпаков А.В., Воронов А.В., Пучкова А.А.* Биомеханические характеристики ходьбы и бега при разгрузке опорно-двигательного аппарата человека методом вертикального вывешивания

**17.20–17.35** *Еремеев А.А., Федянин А.О., Зайцева Т.Н., Халилова Г.Ф., Балтина Т.В.* Функциональное состояние нейромоторного аппарата камбаловидной мышцы крысы при постгипогравитационной реадаптации: эффекты стимуляции спинного мозга

**17.35–17.50** *Пучкова А.А., Шпаков А.В., Ставровская Д.М., Сухоставцева Т.В.* Кардиореспираторные реакции на физическую нагрузку после пребывания в условиях моделированной лунной гравитации

**17.50–18.05** *Лысова Н.Ю., Сенаторова Н.А., Фомина Е.В.* Изменения в вегетативном обеспечении мышечной деятельности после длительного космического полета

## 30 июня

### Секция 3: Мышечная пластичность и сигнализация

Председатели: Борис Стивович Шенкман,  
Даниил Викторович Попов

#### Устные доклады, 10.00–13.00

**10.00–10.25** *Кривой И.И.* Функциональная гетерогенность и пластичность Na,K-АТФазы в скелетной мышце

**10.25–10.50** *Chibalin A.V.* Pumps, ions, exercise and energy metabolism: signaling to and from the Na,K-ATPase in the skeletal muscle

**10.50–11.15** *Шенкман Б.С., Шарло К.А.* Ген мышечного тонуса. Механизмы его экспрессии в инактивированной мышце

**11.15–11.30** *Борзых А.А., Швецова А.А., Кирюхина О.О., Селиванова Е.К., Кузьмин И.В., Гайнуллина Д.К., Виноградова О.Л., Тарасова О.С.* Влияние произвольной беговой тренировки на АФК-зависимую регуляцию тонуса артерий дыхательной и локомоторной мускулатуры крысы

#### Кофе-брейк 11.30–11.50

**11.50–12.15** *Немировская Т.Л., Белова С.П., Зарипова К.А., Мочалова Е.П.* Роль накопления макроэргических фосфатов и медленного кальций-зависимого сигнального пути в регуляции генной экспрессии скелетных мышц при их функциональной разгрузке

**12.15–12.40** *Протопопов В.А., Секунов А.В., Султанов Р.В., Брындина И.Г.* Влияние кломипрамина на НАДФН-оксидазы и маркеры липидных рафтов в камбаловидных мышцах крыс при гравитационной разгрузке разной длительности

**12.40–13.05** *Ступина А.А., Девятяров Р., Ного N., Гусев О.* Гетерогенность экспрессии генов и транскрибируемых регуляторных элементов генома в скелетных мышцах в норме и при иммобилизации

#### Обед 13.05–14.00

#### Стендовая сессия, 14.00–15.00 (3-минутные доклады)

1. *Тыганов С.А., Мельников И.Ю., Вихлянцев И.М., Шарло К.А., Шенкман Б.С.* NO-зависимое влияние опорной стимуляции на механические характеристики m. soleus крысы в условиях гравитационной разгрузки

2. *Леднев Е.М., Лысенко Е.А., Махновский, П.А., Дубров В.Э., Попов Д.В.* Влияние аэробных тренировок на экспрессию генов, кодирующих белки внеклеточного матрикса в скелетной мышце человека

3. *Комарова М.Ю., Вильчинская Н.А., Дмитриева Р.И.* Изменение свойств резидентных фибро-адипогенных клеток-предшественников при функциональной разгрузке m. soleus крыс

4. *Парамонова И.И., Шарло К.А., Тыганов С.А., Мочалова Е.Р., Шенкман Б.С.* Влияние опорного стимула и механизмы его действия на HDAC4, P300 и экспрессию MuHC I типа в камбаловидной мышце крыс на фоне гравитационной разгрузки

5. *Боков Р.О., Махновский П.А., Колпаков Ф.А., Попов Д.В.* Экспрессия генов, кодирующих митохондриальные белки, в скелетной мышце человека при гипокинезии и аэробных упражнениях: мета-анализ

6. *Заринова К.А., Мочалова Е.П., Белова С.П., Шенкман Б.С., Немировская Т.Л.* Роль паннексиновых каналов в регуляции сигнальных путей в скелетной мышце при функциональной разгрузке

7. *Львова И.Д., Шарло К.А., Тыганов С.А., Шенкман Б.С.* Опорная афферентация корегулирует экспрессию медленной изоформы миозина и биогенез митохондрий в m. soleus у крыс

#### **Устные доклады, 15.00–18.15**

**15.00–15.25** *Попов Д.В., Махновский П.А., Боков Р.О., Колпаков Ф.А., Гусев О.А.* Альтернативные старты транскрипции и регуляция генной экспрессии в скелетной мышце человека в ответ на острое стресс-воздействие

**15.25–15.50** *Иванова О.А., Комарова М.Ю., Игнатьева Е.В., Леявина Т.А., Галенко В.Л., Ситникова М.Ю., Гусев О.А., Шагимарданова Е., Дмитриева Р.И.* Анализ транскриптома мышечной ткани выявил множественные метаболические нарушения в скелетной мускулатуре пациентов с хронической сердечной недостаточностью

**15.50–16.15** *Акбердин И.Р., Вертышев А.Ю., Киселев И.Н., Попов Д.В., Колпаков Ф.А.* Модульная математическая модель, связывающая метаболические процессы с регуляцией генной экспрессии в скелетной мышце человека при физической нагрузке

#### **Кофе-брейк 16.15–16.35**

**16.35–17.00** *Высоких М.Ю.* Возрастные аспекты патогенетических изменений энергетических микрокомпарментов волокон скелетных мышц

**17.00–17.25** Дубинин М.В., Старинец В.С., Семенова А.А., Белослудцева Н.В., Белослудцев К.Н. Митохондриальная дисфункция при мышечной дистрофии Дюшенна и ее терапевтическая коррекция с помощью неиммуносупрессивного агента Debio 025

**17.25–17.50** Попова С.С., Юриенас Д.А., Грицына Ю.В., Захарова Н.М., Вихлянцев И.М. Протеостаз белков кальпаиновой системы в поперечно-полосатых мышцах длиннохвостого суслика *Urocyon volutus* при гибернации

**17.50–18.15** Макаревич П.И., Болдырева М.А., Слободкина Е.А., Парфёнова Е.В., Качук В.А. Генная терапия для стимуляции ангиогенеза: роль плеотропных эффектов факторов роста в восстановлении мышечной ткани

## 01 июля

### Устные доклады, 10.00–13.00

**10.00–10.15** Белова С.П., Тыганов С.А., Мочалова Е.П., Шенкман Б.С. Эффекты низкоинтенсивной тренировки на сигнальные процессы в постуральных и локомоторных мышцах крыс при ограничении двигательной активности

**10.15–10.30** Вильчинская Н.А., Комарова М.Ю., Рожков С.В., Дмитриева Р.И., Шенкман Б.С. Влияние гравитационной разгрузки на процессы дифференцировки мышечных сателлитных клеток *in vitro*

**10.30–10.45** Мотанова Е.С., Боков Р., Томиловская Е.С., Згода В.Г., Попов Д.В. Влияние трехсуточной «сухой» иммерсии на скорость дыхания митохондрий в *m. soleus* у женщин

**10.45–11.00** Тяпкина О.В. Иммунофлуоресцентное исследование  $\alpha_1$ s-субъединицы  $Ca^{2+}$  каналов I-типа в *m. soleus* и *m. EDL* крыс после функциональной разгрузки на фоне холодового воздействия

**11.00–11.15** Генерозов Э.В., Борисов О.В., Султанов Р.И., Попов Д.В., Ахметов И.И. Генетические и эпигенетические детерминанты вариабельности состава мышечных волокон человека

**11.15–11.30** Лысенко Е.А., Венхвадзе Т.Ф., Леднев Е.М., Боков Р.О., Устюжанин Д.В. Влияние 6 недель силовых тренировок одной конечности на активацию анаболического сигналинга после силовой тренировки в контралатеральной конечности

### Кофе-брейк 11.30–11.50

#### Секция 4: Физиологические механизмы адаптации к двигательной активности

Председатель: Виноградова Ольга Леонидовна

### Устные доклады, 11.50–12.50

**11.50–12.05** Пискунов И.В., Еришов В.Ю. Управление активностью мышц у спринтеров различной спортивной квалификации при быстром беге по прямой и виражу

**12.05–12.20** Шилов А.С., Бочаров М.И. Особенности рекрутирования моносинаптического Н-рефлекса после курса интервальных гипоксических тренировок

**12.20–12.35** *Миссина С.С., Крючков А.С., Дикунец М.А., Мякинченко Е.Б.* Гипертрофия мышечных волокон у спортсменов циклических и «силовых» видов спорта

**12.35–12.50** *Бердичевская Е.М.* Билатеральная компьютерная стабильнография в спорте – возможности и перспективы

### **Обед 12.50–14.00**

### **Стендовая сессия, 14.00–15.00 (3-минутные доклады)**

1. *Подвигина Т.Т., Комкова О.П.* Влияние «принудительного» бега на чувствительность слизистой оболочки желудка к ulcerогенному действию индометацина у крыс с диабетом

2. *Сечин Д.И., Тамбовцева Р.В.* ЭЭГ активность у спортсменов при выполнении моторных задач после пребывания в условиях воздействия нормобарической гипоксии

3. *Доможилова А.А.* Исследование адаптационных изменений микроциркуляции у квалифицированных лыжников-гонщиков

4. *Захарьева Н.Н., Коняев И.Д.* Половые особенности психофизиологических характеристик танцоров с различным психоэмоциональным напряжением

5. *Малиева Е.И., Захарьева Н.Н.* Отличия вертикальной устойчивости у топовых спортсменов, занимающихся самбо и спортивными танцами

6. *Али Хасан Исмаил (Бергман), Захарьева Н.Н.* Отличительные особенности функционального состояния и кондиционных качеств юных футболистов с различными типами конституции

7. *Пляшкевич В.Л.* Представление о восьми базисных действиях человека

### **Стендовая сессия без доклада**

1. *Алхаким А., Захарьева Н.Н.* Особенности психофизиологических характеристик и физической работоспособности футболистов высшей квалификации с различным игровым амплуа

2. *Иванов С.М.* Техническое устройство для синхронизации аппаратуры при организации стабильнографических и миографических исследований в спорте

3. *Васенина В.Г., Рыболовлей А.А.* Исследование прогностических методов оценки физической работоспособности для контроля адаптивных процессов в организме спортсменов

4. *Денисенко Ю.П., Валинуров Р.Р., Парамонова Д.Б., Яценко Л.Г.* Физиологические механизмы повышения функциональной подготовки спортсменов

5. *Денисенко Ю.П., Валинуров Р.Р., Яценко Л.Г., Андрущишин И.Ф.* Функциональная система защиты организма при напряженной двигательной деятельности спортсменов

6. *Яценко Л.Г., Денисенко Ю.П., Ахметов А.М., Гумеров Р.А., Селиверстова Н.Н.* Особенности физиологических механизмов повышения устойчивости организма спортсменов к двигательной деятельности

#### **Устные доклады, 15.00–18.15**

**15.00–15.20** *Ярушкина Н.И., Комкова О.П., Филаретова Л.П.* Гастропротективное влияние бега при ulcerогенном действии индометацина: вклад глюкокортикоидных гормонов в гастропротективный эффект у крыс

**15.20–15.35** *Комкова О.П.* Влияние «принудительного» бега в тредбане на повреждения слизистой оболочки желудка, индуцированные ишемией-реперфузией у крыс

**15.35–15.55** *Боровик А.С., Негуляев В.О., Тарасова О.С., Виноградова О.Л.* Динамика перестройки барорефлекса при ортостатическом стрессе

**15.55–16.15** *Сегизбаева М.О.* Адаптивные изменения функции внешнего дыхания и силы респираторных мышц у спортсменов различных специализаций

#### **Кофе-брейк 16.15–16.35**

**16.35–16.55** *Сергеева К.В., Тамбовцева Р.В.* Анализ нелинейных свойств электромиограммы для обнаружения изменений синхронизации двигательных единиц при различной интенсивности мышечного сокращения

**16.55–17.15** *Городничев Р.М., Шляхтов В.Н.* Стратегия использования электромагнитной и электрической стимуляции спинного мозга для развития физических качеств спортсменов

**17.15–17.30** *Михайлова Е.А.* Чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга как дополнительное средство повышения специальной работоспособности в беге на короткие дистанции

**17.30–17.45** *Бекеров И.Д., Кручинина А.П., Хорошун А.А., Цатурян А.К., Кручинин П.А.* Моделирование работы мышц человека при наклонах корпуса

**17.45–18.00** *Мельников А.А., Николаев Р.Ю., Подолька О.Б.* Эффекты интенсивных тренировочных нагрузок сложно-координационной направленности в борьбе самбо на регуляцию вертикальной позы

**18.00–18.15** *Пухов А.М., Моисеев С.А., Иванов С.М.* Некоторые механизмы управления точностными движениями на примере выстрела из лука

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

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

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИОЛОГИИ  
ИМ. И.П. ПАВЛОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

## **ТЕЗИСЫ**

X Всероссийской  
с международным участием школы-конференции  
по физиологии мышц и мышечной деятельности,  
посвященной памяти Инесы Бенедиктовны Козловской  
и приуроченной к году науки и технологий  
(Москва, 28 июня – 01 июля 2021 г.)

**Новые подходы к изучению проблем  
физиологии экстремальных состояний**

Москва  
ГНЦ РФ – ИМБП РАН  
2021



# **ПЛЕНАРНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ**



## **TRAINING AND INACTIVITY IN THE ELDERLY: DOES AGING SET A LIMIT TO MUSCLE PLASTICITY?**

***Reggiani C.***

Dept of Biomedical Sciences, University of Padova, Italy

E-mail: carlo.reggiani@unipd.it

Aging is associated with decline of muscle mass and strength. Together with the decline of the cardio-respiratory function and of the nervous system, the skeletal muscle decay sets a limit to performance, generates an increased risk of falls and accidents, undermines glucose metabolism and, at a given point, creates a limitation to independent every day life.

All life long physical activity and training are not sufficient to stop the decline, which occurs at similar rates in active and inactive sedentary people. However, at the same age, trained people have better and stronger muscles than sedentary people.

An important question not only for basic science but also for clinical implication is how training can reduce the difference between inactive and active elderly people. The question extends also to the case of elderly active people who, due to injury or disease, are forced to become inactive or even restricted in bed.

Several factors play together in determining the decline of muscle mass and strength. Based on the expertise of our laboratory, we have focused on changes at cellular level in particular muscle fibers.

The decline of muscle strength and mass in the age between 30 and 70 years (middle age and older adults) is for a large part due to muscle fiber atrophy, particularly fast fibers. In the older age group, 80–90 years old (oldest-old), the loss of fibers, likely due to motor-neuron death, becomes determinant. Thus, in the muscle of this age group, a limited number of still healthy and strong fibers survive close to many very thin and likely denervated fibers.

While appropriate protocols of resistance training can improve the muscle strength in adult, older adult and even oldest old, the changes at fiber level in terms of thickness/cross sectional area and of force are very limited in the muscles of extremely old people. Thus, changes in neural control and in muscle quality, for example adipocytes infiltration, are more likely responsible for the improvement. The impact of training shifts from quantitative to qualitative changes.

## **СТРАТЕГИИ И МЕХАНИЗМЫ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ПОСТУРАЛЬНЫХ И ЛОКОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ**

**Герасименко Ю.П.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Department of Physiology and Biophysics, University of Louisville, Louisville, KY, United States

<sup>3</sup>Kentucky Spinal Cord Injury Research Center, Frazier Rehab Institute, Louisville, KY, United States

E-mail: [gerasimenko@infran.ru](mailto:gerasimenko@infran.ru)

Регуляция позы и локомоции контролируется спинальными нейронными сетями, продуцирующими соответствующие двигательные паттерны активации моторных пулов. Нейронные сети непрерывно интерпретируют афферентную активность и регулируют моторный выход для осуществления данной моторной задачи. Мы показали, что на нейронные сети можно воздействовать с помощью электрической (инвазивной и неинвазивной) стимуляции. Использование такой технологии позволило восстанавливать способность произвольного контроля двигательной активности у пациентов с полным моторным поражением спинного мозга. Разработанная нами новая технология мультисегментарной неинвазивной стимуляции спинного мозга позволяет одновременно воздействовать на постуральные и локомоторные нейронные сети и обеспечивать их взаимодействие. В докладе будут представлены результаты исследований механизмов регуляции постуральных и локомоторных сетей при мультисегментарной стимуляции спинного мозга.

Новая стратегия двигательной нейрореабилитации включает стимуляционные воздействия на нейронные сети, регулирующие движения верхних и нижних конечностей в сочетании с пространственно-временной стимуляцией спинного мозга, воздействующей на флексорные/экс-тензорные моторные пулы в определенные фазы шагательного цикла. В докладе будут представлены первые результаты использования данной стратегии для регуляции двигательных функций у пациентов с двигательной патологией различного генеза.

## **МИОЗИН В РАССЛАБЛЕННОЙ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ МЫШЦЕ**

***Кубасова Н.А., Цатурян А.К.***

Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: [natalia@imec.msu.ru](mailto:natalia@imec.msu.ru), [tsat@imec.msu.ru](mailto:tsat@imec.msu.ru)

В расслабленном состоянии в мышечной клетке глобулярные головки миозиновых молекул не взаимодействуют с актином, а находятся вблизи ствола толстой нити. В последние годы была экспериментально продемонстрирована сложная природа этого состояния. Исследования скорости освобождения флюоресцентного аналога АТФ в мышечных волокнах привели к открытию нового энергосберегающего состояния миозина, называемого супер-расслабленным, (super-relaxed или SRX), в котором скорость гидролиза АТФ на порядок медленнее, чем у изолированных головок миозина. Методом крио-электронной микроскопии получена атомная структура пары головок миозиновой молекулы, расположенных на стволе толстой нити в расслабленной мышце, т.н. мотив взаимодействующих головок, ИМ, похожая на структуру инактивированного миозина гладких мышц. В ИМ головки одной молекулы миозина взаимодействуют друг с другом, со своим “хвостом”, и с соседними парами головок. Этот мотив был затем обнаружен в разных мышцах позвоночных и беспозвоночных, т.е. он, по-видимому, давно закреплен эволюционно. Предположительно, именно он и обеспечивает низко-энергетический SRX. Рентгенодифракционные исследования и их анализ с помощью математического моделирования позволили уточнить положение ИМ на стволе нити. Новые исследования тонкой структуры минорных белков саркомера указывают на дополнительные пути регуляции толстых нитей при переходе мышцы в активное состояние.



**ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ  
РЕГУЛЯЦИИ  
ПОЗЫ И ЛОКОМОЦИЙ**



## **ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ВОЗБУДИМОСТЬ НЕЙРОННЫХ СТРУКТУР ПОЯСНИЧНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА ПОСЛЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА**

***Ананьев С.С., Павлов Д.А., Якупов Р.Н., Айзатуллин И.Ф.,  
Балыкин М.В.***

Ульяновский государственный университет, Ульяновск

E-mail: sergananev13@gmail.com

Задача: оценить влияние транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) в повышении возбудимости нейронных сетей и возможность комбинированного использования ТМС и ЧЭССМ нейронных сетей спинного мозга в коррекции двигательных функций после ишемического инсульта.

В исследовании приняли участие 6 мужчин в возрасте от 59 до 73 лет, в неврологическом статусе у пациентов отмечался гемипарез вялого типа.

Для ТМС использовали магнитный стимулятор МС/Д с койлом, который накладывался в проекции первичной моторной коры головного мозга пораженного полушария. ЧЭССМ проводили с помощью стимулятора КУЛОН на уровне Th11-Th12.

Возбудимость нейронных структур спинного мозга оценивали по порогам вызванных моторных ответов, при нахождении электродов на брюшках: Vastus lateralis (VL); Tibialis anterior (TA) с помощью миографа Нейро-МВП 8 («Нейрософт»). Курс реабилитации включал 18 сеансов, проводился 6 раз в неделю, 2 раза в день по схеме: ТМС (10Гц) 90 % от порога в проекции поражённого полушария до 3-х минут; ЧЭССМ (5 гЦ) и (30гЦ) 90 % от порога – 10–25 минут при каждом режиме стимуляции.

После курса реабилитации у всех пациентов отмечается снижение порогов ВМО мышц VL и TA поражённой конечности в среднем на 3,0 мА и 18,9 мА, соответственно, что свидетельствует о повышении возбудимости нейронных сетей спинного мозга и моторных пулов исследуемых мышц. Установлено, что после курса реабилитации у пациентов отмечается рост показателей по индексу Ривермид, в среднем на 6,4 балла.

## **ПОСТУРАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ У ЛЮДЕЙ С РАЗНЫМИ ВЕДУЩИМИ МОДАЛЬНОСТЯМИ ПРИ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ**

**Андреева И.Г.<sup>1</sup>, Тимофеева О.П.<sup>1</sup>, Гвоздева А.П.<sup>1</sup>, Боброва Е.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова Российской академии наук, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт физиологии им. И.П. Павлова Российской академии наук, Санкт-Петербург

E-mail: ig-andreeva@mail.ru

При ориентации в пространстве у человека наблюдается приоритет либо зрительной информации (полезависимый испытуемый - ПЗ), либо вестибулярной и кинестетической (полнезависимый – ПН). Этот приоритет влияет на стратегию поддержания позы. Цель данной работы - исследование стратегии поддержания вертикальной позы у испытуемых с разными ведущими сенсорными модальностями. Тестирование выполняли в условиях как отсутствия зрительной и звуковой информации, так и при восприятии акустической информации о приближающихся и удаляющихся объектах. В экспериментах принимали участие 39 человек (19 ПЗ и 20 ПН). Они стояли с закрытыми глазами на стабилومترической платформе в анэхоидной звукозаглушенной камере в течение 56 с. Показатели колебаний центра давления (ЦД) тела анализировали в интервалах по 8 с. В первой серии опытов при отсутствии звуковой и зрительной информации обнаружена разница в длине траектории, скорости ЦД и разбросе положений ЦД по сагиттальной оси между группами ПН и ПЗ. ПН демонстрировали смещение ЦД назад на протяжении всего времени стояния, у ПЗ – достоверного смещения ЦД выявлено не было. Во второй серии при ожидании приближения звука у ПЗ возрастала длина траектории и снижалась площадь эллипса, а у ПН оба показателя уменьшались. В момент предъявления сигнала ПЗ увеличивали качания тела и существенно смещали ЦД назад, а ПН смещали ЦД вперед к источнику звука. Из полученных данных следует, что на неосознанном уровне разные группы испытуемых реализуют две разные стратегии поведения при действии биологически значимого приближающегося сигнала – «бей» в случае ПН или «беги» в случае ПЗ.

*Работа поддержана средствами государственного бюджета по госзаданию на 2021 (темы № АААА-А18-118013090245-6 и № 0134-2014-0003).*

# **ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ МОТОНЕЙРОННЫХ ПУЛОВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ НЕИНВАЗИВНОЙ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА**

**Барканов М.Г.**

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: barcanov.max@yandex.ru

Цель – изучить изменение параметров мышечных ответов нижних конечностей при стимуляции различных участков спинного мозга.

В исследовании принимали участие 9 испытуемых мужского пола в возрасте 18-23 лет. Накожный стимулирующий электрод располагался поочередно в 9-ти точках, по средней линии и удаленно на 5 мм влево и вправо от средней линии позвоночника, в области позвонков T11-T12, T12-L1, L1-L2. Индифферентные электроды располагались симметрично на гребнях подвздошных костей. Параметры вызванных потенциалов регистрировались билатерально с мышц нижних конечностей: m. vastus lateralis (VL), m. biceps femoris (BF), m. tibialis anterior (TA), m. gastrocnemius medialis (GM).

Выявлено, что наименьший порог активации мышц разгибателей бедра (VL) наблюдался при стимуляции спинного мозга на уровне L1-L2 со смещением на 5 мм, а у мышц сгибателей бедра (BF) в области T11-T12 по средней линии. Наименьшие пороги у мышц сгибателей голени (GM) наблюдаются при стимуляции по средней линии позвоночника на уровне L1-L2, а у мышц разгибателей голени (TA) при стимуляции удаленно на 5 мм на уровне L1-L2. Наибольшая амплитуда электроактивности мышц сгибателей бедра регистрировалась при стимуляции уровня T12-L1 по средней линии и составляла для правой ноги 2,61 мВ, а для левой 3,34 мВ, у мышц разгибателей - на уровне T11-T12 по средней линии, 3,02 мВ и 1,58 мВ для левой и правой ноги, соответственно.

Полученные сведения могут быть использованы для избирательной активации мышц нижних конечностей.

## ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*Бикчентаева Л.М., Яфарова Г.Г., Яраева Л.Р., Балтина Т.В.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

E-mail: leysanbm@mail.ru

В настоящее время технологии виртуальной реальности (ВР) широко применяются для тренировки локомоции и поструральной устойчивости.

Цель: оценить изменение параметров поструральной устойчивости человека при просмотре видеоряда в режиме виртуальной реальности.

У 26 здоровых испытуемых изучались параметры поструральной устойчивости до, во время и после просмотра видеоряда в режиме ВР с помощью компьютерного стабилографа «Стабилан-01-2».

Во время просмотра видео в ВР разброс центра давления (ЦД) по фронтальной оси увеличился в среднем на 21 % по сравнению с контрольным значением ( $p < 0,05$ ), после просмотра наблюдалось снижение параметра; разброс по сагиттальной плоскости увеличился в среднем на 24 % и оставался увеличенным и после просмотра видео. Средняя скорость перемещения ЦД увеличивалась (в среднем на 23 %,  $p < 0,05$ ), после просмотра видеоряда наблюдалось восстановление данного параметра до исходных значений. Во время и после просмотра видео площадь эллипса статокинезиограммы была увеличена ( $p < 0,05$ ). Таким образом, во время просмотра видеоряда с применением технологий виртуальной реальности наблюдалось снижение поструральной устойчивости испытуемых, более выраженное по сагиттальной плоскости. По завершении просмотра видеоряда с применением шлема виртуальной реальности стабилметрические параметры восстанавливались до контрольных значений. Полученные данные могут быть использованы в исследовательской и реабилитационной практике.

## **ДИНАМИКА КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭЭГ-КОРРЕЛЯТОВ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСА ИМК+ЭКЗОСКЕЛЕТ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА**

**Бобров П.Д.<sup>1</sup>, Исаев М.Р.<sup>2</sup>, Керчанини Я.В.<sup>2</sup>, Курганская М.Е.<sup>1</sup>, Федотова И.Р.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии  
Российской академии наук, Москва

<sup>2</sup>Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва

E-mail: bobrov.pavel@ihna.ru

Приводятся результаты обработки данных, полученных в ходе слепого, рандомизированного, контролируемого исследования клинической эффективности комплекса ИМК+экзоскелет. В анализ вошли анонимные данные от 81 пациента основной и 37 пациентов контрольной группы. Статистическая обработка показала, что группы были однородны по возрасту, доле мужчин и женщин, доле пациентов в раннем восстановительном периоде, доле поражений в левом полушарии, доле подкорковых поражений и начальным показателям двигательной функции руки (шкалы ARAT и FMMA). Анализ баллов клинических шкал до и после процедур показал достоверное более сильное улучшение в основной группе для шкалы FMMA по общему баллу для верхней конечности, подразделу для движений руки и подразделу для движений проксимальных отделов руки, а также для шкалы ARAT. Доля пациентов с улучшениями, превысившими минимальный клинически значимый порог в основной группе, была достоверно выше как для шкалы FMMA, так и для теста ARAT. Анализ точности управления ИМК выявил немонотонную зависимость показателей восстановления от средней вероятности правильного срабатывания классификатора. При этом в основной группе наблюдался достоверный рост точности управления ИМК в зависимости от дня процедуры. Была показана достоверная зависимость точности управления ИМК от степени десинхронизации мю-ритма как в пораженном, так и в сохранном полушарии. При этом достоверный рост степени десинхронизации ритма наблюдался только у пациентов с левосторонним поражением.

## **ТОЧНОСТЬ КЛАССИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ МОЗГА ПРИ ТРЕНИРОВКЕ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ КИСТЕЙ, СТОП И ЛОКОМОЦИИ, И ЕЕ СВЯЗИ С ЛИЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Боброва Е.В.<sup>1</sup>, Решетникова В.В.<sup>1</sup>, Вершинина Е.А.<sup>1</sup>,  
Исаев М.А.<sup>2,3</sup>, Керечанин Я.А.<sup>2,3</sup>, Гришин А.А.<sup>1</sup>,  
Бобров П.Д.<sup>2,3</sup>, Герасименко Ю.П.<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
Москва

<sup>3</sup>Институт трансляционной медицины Российского национального  
исследовательского медицинского университета имени Н.И. Пирогова,  
Москва

E-mail: eabobrov@gmail.com

Системы ИМК, основанные на кинестетическом воображении движений кисти, используются в нейрореабилитации. В этой работе определяли возможности аналогичных методов для восстановления движений нижних конечностей. 10 здоровых испытуемых на протяжении 10 дней осуществляли воображение движения раскрытия кисти, тыльного сгибания стопы и локомоции. Средняя по всем дням измерений и испытуемым точность классификации ЭЭГ-сигналов (ТК) для этих условий значимо не различается, однако в 1-й день работы ТК при воображении локомоции значимо выше, чем при воображении движений стоп, во 2-й - при воображении движений кистей выше, чем локомоции, на 5-й день воображение стоп более успешно, чем кистей. Анализ корреляций между ТК и личностными характеристиками показал, что в начале эксперимента тревожность положительно коррелирует с ТК, а начиная с 6-го дня знак корреляции меняется, и спокойствие помогает лучше воображать движения. Экстраверсия положительно коррелирует с ТК для всех условий воображения движений в 1-й день, во 2-й – только при воображении локомоции, а затем значимых корреляций экстраверсии с ТК нет. Напротив, положительное влияние на ТК самоконтроля, аккуратности и активности возникает только в 7-й сессии. Таким образом, по мере приобретения опыта меняется набор личностных характеристик, при котором выше успешность распознавания воображения, а также соотношение между успешностью кинестетического воображения движений кистей, стоп или локомоции.

*Исследование поддержано РФФИ № 20-31-70001.*

# **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ СПИНАЛЬНОЙ МОДУЛЯЦИИ ЛОКОМОТОРНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

***Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Савохин А.А., Гришин А.А., Герасименко Ю.П.***

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

E-mail: boiss@mail.ru

Одним из методов внешнего управления двигательными функциями у человека является чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ). В настоящей работе проведен сравнительный анализ различных алгоритмов применения ЧЭССМ, задаваемых электростимулятором NeoStim-NP с использованием специально разработанной (ООО «Косима») стимуляционной матрицы, с целью регуляции кинематических параметров шагательных движений у здоровых испытуемых.

Во время ходьбы по беговой дорожке последовательно осуществлялась ЧЭССМ (15-90 мА) для активации моторных пулов экстензорных мышц (L1-L2) (15 Гц) во время фазы опоры, моторных пулов флексорных мышц (T11-T12) (30 Гц) во время фазы переноса, и чередующаяся стимуляция в соответствующие фазы шагательного цикла. Далее к ритмической стимуляции добавляли непрерывную стимуляцию на уровне T11 и C5. Использовались прямоугольные биполярные или монополярные импульсы длительностью 1 мс, модулированные частотой 5 кГц.

При ЧЭССМ увеличение подъема стопы на 8–19,5 % наблюдалось в целом в 80 % тестов. Наибольшее значение достигалось при ЧЭССМ с монополярной стимуляцией при чередующейся стимуляции – на 14,4 %. Дополнительная стимуляция T11 и C5 увеличивала подъем стопы на 18,6 %, и 19,5 %, соответственно. В последнем случае амплитуда движений в тазобедренном суставе увеличилась в среднем на 15 %, в коленном – на 8 %, в голеностопном – на 12 %. ЧЭССМ с биполярной импульсацией вызвала увеличение подъема стопы на 8-12 %, наибольшее значение установлено при чередующейся ЧЭССМ. Таким образом, использование электродной матрицы подтверждает полученные ранее данные о возможности неинвазивной стимуляции адресно воздействовать на моторные пулы для регуляции локомоторной активности человека.

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ Iа АФФЕРЕНТОВ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА

*Гладченко Д.А., Богданов С.М., Рощина Л.В., Челноков А.А.*

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: den.basket@mail.ru

Изучались особенности проявления пресинаптического торможения (ПТ) при выполнении разных по типу и величине мышечных сокращений у человека. В исследовании принимали участие 6 добровольцев мужского пола в возрасте 20–22 лет. Выполнение испытуемыми концентрического, эксцентрического, изометрического сокращений в 50 % и 100 % от индивидуального максимума осуществлялось в положении сидя на кресле мультисуставного комплекса «Biodex». Регистрация ПТ проводилась в условиях кондиционирующей (*n. peroneus profundus*) и тестирующей (*n. tibialis*) стимуляции с межстимульным интервалом 100 мс при экспериментальных условиях: в состоянии покоя; при выполнении приема Ендрассика (ПЕ) в покое; при выполнении концентрического, эксцентрического, изометрического сокращений в 50 % и 100 % от индивидуального максимума на фоне ПЕ и без него. Выявлено, что во время выполнения разных по типу и величине мышечных сокращений выраженность ПТ ослабевала по сравнению с покоем как без ПЕ, так и на фоне его выполнения. С увеличением силы концентрических, эксцентрических и изометрических сокращений от 50 % до 100 % индивидуального максимума активность ПТ прогрессивно уменьшалась в тех же экспериментальных условиях. Без ПЕ наибольшая выраженность ПТ наблюдалась при концентрических и изометрических сокращениях в 50 % и 100 % от МПС, а на фоне выполнения ПЕ – при изометрическом типе сокращения в 50 % и 100 % от МПС.

## **КИНЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ЛОКОМОТОРНЫХ СТЕРЕОТИПАХ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ**

*Долганова Т.И., Попков Д.А., Долганов Д.В., Чибиров Г.М.*

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии Минздрава России, Курган

E-mail: rjik532007@rambler.ru

Цель исследования – определить степень и характер приспособительных изменений кинетики в локомоторных стереотипах у здоровых детей при различных скоростях передвижения.

Оценка локомоторного профиля методом видеонализа походки (CGA) осуществлялась в амбулаторных условиях у 27 здоровых детей (54 конечности), 10–13 лет. Связанные со скоростью передвижения параметры локомоторного стереотипа обобщались по диапазонам ранжирования абсолютной скорости ходьбы в интервале от 1,1 до 5,0 км/час с учетом веса пациентов. Для анализа материала использовались только кинетические показатели двигательного стереотипа, достоверно связанные со скоростными параметрами походки. Количественные характеристики в установленных скоростных диапазонах обобщались в виде медианы, процентильного диапазона распределения значений (25 % и 75 %) и числа наблюдений (n), равного числу конечностей.

По данным кинетики в более скоростных диапазонах передвижения наблюдалось достоверное перераспределение нагрузки с одних суставных мышцы на другие. Если доля вклада мощности мышц тазобедренного сустава увеличивалась, в среднем, на 10,8 %, а коленного сустава – на 15,3 %, то доля вклада мышц голеностопного сустава уменьшалась на 16,8 %. Кроме того в структуре локомоторных стереотипов обнаруживалась сильная корреляционная связь значений мощности опорного толчка при формировании рефлекса реципрокного торможения растяжения голени со скоростными параметрами передвижения ( $r = -0,925$ ,  $n = 142$  и  $p < 0.001$ ), а также положительная корреляционная связь скорости ходьбы с общей суммарной ( $r = 0.907$ ,  $n = 104$ ) и полезной пиковой мощностью ( $r = 0,475$ ,  $n = 104$ ) суставных мышц.

Представлены нормативные кинетические параметры походки при различной скорости передвижения в диапазоне от 1,1 до 5,0 км/час у здоровых детей 10–13 лет. Об оптимальном синергетическом взаимодействии между активными элементами локомоторной системы и о наиболее энергетически экономичном состоянии структуры двигательного стереотипа свидетельствуют максимальные медианные значения полезной суммарной мощности всех суставных мышц, которые у данной возрастной группы детей регистрируются при скорости ходьбы от 3,1 до 4,0 км/час.

## **ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ СПОСОБНОСТИ К РАССЛАБЛЕНИЮ МЫШЦ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА**

*Ивлева Е.С.<sup>1,2</sup>, Люкманов Р.Х.<sup>1</sup>, Котов-Смоленский А.М.<sup>1</sup>, Мельников А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Научный центр неврологии, Москва

<sup>2</sup>Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: meln1974@yandex.ru

Целью работы было оценить эффективность тренировки способности к расслаблению мышц руки на формирование нового двигательного навыка этой рукой. Обследованы здоровые добровольцы ( $n = 10$ , 20–50 лет). Новым формируемым навыком было задание: двигать железный шуп правой рукой по узкому лабиринту без касаний рамок лабиринта. Оценивалось пройденное расстояние по лабиринту за 3 мин и количество ошибок-касаний рамок лабиринта. Обучение навыку в контроле и экспериментальной группе включало 10 занятий (15 мин), в экспериментальной группе добавлялась тренировка способности к расслаблению кистевых мышц (10 занятий по 15 мин). Тренировка расслабления включала развитие изометрического мышечного сокращения во время супинации или пронации предплечья с последующим расслаблением на задаваемую величину с помощью обратной связи на мониторе. В группе контроля использовалось рутинное расслабление. Регистрировали: электромиографические и кинематические параметры (видеоанализ движения) формируемого навыка, статическую треморометрию с целью оценки сенсомоторной статической координации мышц-антагонистов. В результате тренировки установлено повышение эффективности формируемого навыка: увеличение скорости прохождения лабиринта (+57 %,  $p < 0,05$ ), а также уменьшение ошибок (-47 %,  $p < 0,05$ ). Выявлены отличия по ЭМГ показателям рабочих мышц, величины статического тремора (-58-60 %,  $p > 0,05$ ) снизились. Вывод: тренировка способности к расслаблению вызвала рост эффективности обучения новому сложно-координационному навыку. Механизмы выявленного феномена будут проанализированы. В настоящее время производится обработка электромиографических и биомеханических данных.

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОПЕРАЦИОННЫХ ЛОКОМОТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭТОГО ПРОЦЕССА**

***Кондашевская М.В.<sup>1</sup>, Никольская К.А.<sup>2</sup>, Толченникова В.В.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт морфологии человека, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Москва

E-mail: [histologist77@mail.ru](mailto:histologist77@mail.ru)

В основе адаптации к двигательной, локомоторной активности (ЛА) лежат нейрогуморальные механизмы, направленные на достижение удовлетворения назревших потребностей. Изучение закономерностей познавательной деятельности (ПД), аналитико-синтетических процессов, а также индивидуальных характеристик различных сторон проявления высшей нервной деятельности (ВНД) в основном построено на наблюдении поведенческой ЛА при решении проблемной задачи. Для изучения закономерностей ПД при решении животными различных классов проблемной пищедобывательной ситуации, российскими учёными (Никольской К.А.) разработан новый системно-информационный подход. Создана символическая система регистрации действий и анализа поведения животного. Предъявляемая задача сформулирована как аналог когнитивной деятельности человека. Установлено, что пространственная структура внешней среды является решающим системообразующим фактором, определяющим направленность ПД животного. Выделены основные модули, лежащие в основе распознавания различных видов информации, выявлены операционные локомоторные механизмы их осуществления. Показан универсальный характер правил обработки информации у всех классов позвоночных, у которых в пределах социума выделены три типа ПД. Определены принципы, лежащие в основе различий протекания когнитивных процессов, психоэмоциональных, условнорефлекторных и локомоторных проявлений у животных этих типов: 1) сигнальный, организующий поведение на основе образования элементарных связей; 2) процедурный, организующий поведение по типу цепочек из элементарных связей на основе селекции; 3) концептуальный, организующий поведение на основе компиляции цепочек в схему (план) за счет способности устанавливать каузальные связи.

## ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОЦЕНКАХ В СТАБИЛОМЕТРИИ

**Кручинин П.А.<sup>1</sup>, Холмогорова Н.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Москва

<sup>2</sup>Московский педагогический государственный университет, Москва

E-mail: pkruch@mech.math.msu.su; natalya\_holmogor@mail.ru

Обсуждается возможность оценки энергетических показателей по результатам стабилметрических измерений и корректность терминов, использованных при введении новых стабилметрических показателей. Описано применение математической модели перевернутого маятника для вычисления составляющих механической работы мышц ног в виде интеграла от модуля мощности, развиваемой мышцами. Рассмотрена возможность использования приближенных оценок.

Для анализа корреляционных связей различных показателей использованы результаты 148 стабилметрических проб, проведенных у 10 обследуемых. В ходе обследований испытуемые стояли с открытыми глазами в ортоградной позе. При проведении половины проб им предъявлялись различные зрительные иллюзии, вызвавшие изменение позовых характеристик и соответственно стабилметрических показателей. Обсуждается корреляция предлагаемых энергетических оценок с известными стабилметрическими показателями. Показано, что введенные энергетические показатели коррелируют с размахами изменения стабилограммы, а «энергетический индекс двигательной активности человека на силовой платформе» коррелирует со средней скоростью «движения» центра давления.

## НЕЙРОМОДУЛЯЦИЯ И НЕЙРОРЕГЕНЕРАТИВНАЯ ТЕРАПИЯ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА

*Лавров И.А.*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>Mayo Clinic, USA

E-mail: igor.lavrov@gmail.com

В этом докладе мы рассмотрим текущее состояние нейромодуляционных технологий в лечении травмы спинного мозга (ТСМ) и потенциальные механизмы восстановления возбудимости и сенсомоторной интеграции через остаточные или вновь регенерированные тракты. Недавно разработанные подходы с комбинацией стимуляции спинного мозга (ССМ) и гидрогелевого каркаса с клетками, генерирующими факторы роста, или клеточной терапии, показали эффект в восстановлении неврологических функций. На примере этих данных мы обсудим новые биотехнологии и доказательства роли вновь регенерированных аксонов в реорганизации и восстановлении двигательных функций. Мы обсудим результаты, демонстрирующие эффекты ССМ у пациентов с ТСМ и оценим потенциальные механизмы, лежащие в основе эффекта ССМ, включая транстравматическую спинальную сеть и ее реорганизацию после травмы. Механизмы восстановления неврологических функций после клинически полного повреждения спинного мозга будут обсуждаться на основе имеющихся в настоящее время методов комбинированной нейростимуляции и нейрорегенеративной терапии: (1) EES/скаффолды; (2) EES/клеточная терапия; (3) EES для активации транстравматической сети; (4) последовательная инвазивная и неинвазивная нейромодуляция; (5) взаимодействие ВСІ и ССМ. Этот доклад охватывает основные методы и последние результаты, которые подчеркивают важное взаимодействие между нейрорегенеративной и нейромодулирующей терапией в улучшении функционального восстановления после ТСМ.

## **НЕЙРОИНТЕРФЕЙСЫ: РЕАБИЛИТАЦИЯ И РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ**

*Лебедев М.А.*

Сколковский институт науки и технологий (Сколтех), Москва

E-mail: [mikhail.a.lebedev@gmail.com](mailto:mikhail.a.lebedev@gmail.com)

В последнее десятилетие происходил бурный прогресс в области нейроинтерфейсов - устройств, соединяющих мозг с внешними устройствами с целью восстановления двигательных, сенсорных и когнитивных функций у людей, страдающих от заболеваний и травм мозга. Нейроинтерфейсы рассматриваются также как средство расширения функций здорового мозга. Многие идеи, которые недавно звучали как научная фантастика, уже реализованы в нейроинтерфейсах. Так, многоканальные имплантаты, вживленные в кору мозга, позволяют управлять протезами конечностей; это показано в исследованиях на животных и людях. Нейроинтерфейсы могут восстанавливать функции верхних и нижних конечностей. Кроме того, двунаправленные нейроинтерфейсы воссоздают искусственные ощущения, позволяющие воспринимать движения протезов. Нейроинтерфейсы также могут выполнять несколько задач одновременно, например, сочетать декодирование пространственного внимания, двигательных целей и информации, представляющей мотивацию и вознаграждения. Более того, нейроинтерфейсы были использованы для создания сетей, включающих не один мозг, а несколько. Такие сети позволяют передавать информацию из мозга в мозг и выполнять кооперативные задачи. Хотя на пути развития высокоэффективных интерфейсов до сих пор имеются существенные проблемы, они уже находят практическое применение в медицине, где используются как метод реабилитации функций, например, подход к реабилитации после инсульта и травмы спинного мозга.

## **СИСТЕМА ВНУТРЕННЕГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И МОТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ**

*Левик Ю.С.*

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН,  
Москва

E-mail: lab9@iitp.ru

ЦНС не могла бы справиться с управлением сложными пространственно ориентированными движениями, затрагивающими большое число звеньев тела, если бы мозг не создавал внутреннее представление об управляемом объекте, его интегральный образ. Анализ физиологических и клинических данных заставляет предположить, что система внутреннего представления является комплексом сложных мозговых механизмов, лежащих в основе многих функций, связанных с собственным телом и ближним внешним пространством. Действия, которые у животных считаются классическими примерами рефлекторных позных автоматизмов, у человека в сильной степени определяются состоянием внутренней модели, т.е. тем, как описывается взаимное положение звеньев в системе внутреннего представления. Важной функцией системы внутреннего представления является формирование систем отчета для планирования и реализации двигательных актов. Выбор системы отчета во многом определяется представлениями о свойствах объектов внешнего мира (жесткость, несмещаемость и др.). При этом переход из одной системы координат в другую ведет к изменению интерпретации сенсорных сигналов и модификации двигательных реакций, возникающих в ответ на эти сигналы. Внутренняя модель тела является не блоком, оптимизирующим или адаптирующим управление, которое, пусть менее точно, но могло бы осуществляться и без нее. Эту модель следует считать существенным и незаменимым элементом в системе организации мультисенсорных взаимодействий и моторного контроля.

## **АКТИВНОСТЬ МЫШЦ БЕДРА ПРИ ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ХОДЬБЕ ДЕЦЕРЕБРИРОВАННОЙ КОШКИ**

**Ляховецкий В.А.<sup>1</sup>, Меркульева Н.С.<sup>1,2</sup>, Горский О.В.<sup>1,2</sup>, Мусиенко П.Е.<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup>Институт трансляционной биомедицины СПбГУ, Санкт-Петербург

E-mail: LyakhovetskiiVA@infran.ru

Одним из малоизученных вариантов локомоции является одновременная двунаправленная ходьба (ОДХ), при которой одна конечность идет вперед, а другая – назад (Yang et al., 2005). Недавно мы показали, что к координированной ОДХ при электрической эпидуральной стимуляции (ЭС) способны децеребрированные кошки. Это позволило предположить, что для выполнения такой локомоторной задачи достаточно контроля со стороны структур спинного мозга, ствола головного мозга и мозжечка (Lyakhovetskii et al., 2021).

В настоящей работе исследовали мышечную активность флексоров (mm. iliopsoas (IP), sartorius (SART)) и экстензоров (mm. adductor magnus (ADD), biceps femoris (BF) бедра конечностей, движущихся одновременно вперед и назад при ОДХ, вызванной ЭС у децеребрированной кошки. Показано, что паттерны активности этих мышц в рамках шага подобны паттернам, полученным при однонаправленной ходьбе вперед и назад соответственно. При этом паттерны активности экстензоров двух лап отличаются друг от друга: достоверно для BF ( $\chi^2$  для парных выборок,  $p < 0.01$ ), тенденция для ADD ( $\chi^2$  для парных выборок,  $p < 0.1$ ). Напротив, паттерны активности флексоров (IP, SART) не имеют достоверных отличий.

Полученные данные, вероятно, свидетельствуют о большей стабильности работы флексоров бедра по сравнению с экстензорами в ситуации рассогласования сенсорных входов от двух конечностей.

*Работа поддержана грантом РФФИ №19-015-00409 а.*

## **ВНУТРИ- И МЕЖИНДИВИДУАЛЬНАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ МЫШЕЧНЫХ СИНЕРГИЙ ПРИ ЛОКОМОЦИЯХ УМЕРЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

**Моисеев С.А.**

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: sergey\_moiseev@vlgafo.ru

Работа посвящена изучению механизмов пространственно-временной организации мышечных синергий и выяснению причин вариативности, наблюдаемой при их внутри- и межиндивидуальном сравнении на модели локомоторной активности с умеренной интенсивностью. Такие сведения позволят расширить существующие представления об иерархической организации управления двигательной активностью человека. Исследования выполнены на 8 испытуемых мужского пола. Мышечные синергии (МС) извлекались из матрицы исходных данных, включающей ЭМГ-активность 16 билатеральных мышц туловища, верхних и нижних конечностей. В качестве метода извлечения синергий применяли метод главных компонент (РСА). Анализировали коэффициенты активации и весовые коэффициенты мышечных синергий. Сравнение МС осуществляли по параметрам кросскорреляционных функций. Установлено, что временная структура мышечных синергий при выполнении локомоций умеренной интенсивности оказывается относительно стабильной, в то время как пространственная ее организация демонстрирует значительную вариативность при меж- и внутрииндивидуальном сравнении. Схожие синергетические паттерны активации и одинаковое количество мышечных синергий, извлекаемых у разных испытуемых, могут быть отражением нейронной стратегии управления движением в ЦНС. Контроль движения может осуществляться посредством гибкой модуляции имеющегося набора мышечных синергий в соответствии с условиями двигательной задачи, что отражается на вариативности их пространственной организации.

## ПОКАЗАТЕЛИ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА

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

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

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

E-mail: moshonkina@infran.ru

Уменьшение подвижности в голеностопном суставе уменьшает устойчивость в вертикальной стойке. Унилатеральная стимуляция дорзальных корешков спинного мозга на уровне L1-L2 при ходьбе в фазе опоры увеличивает жесткость голеностопного сустава на стороне стимуляции. Цель работы - исследование показателей вертикальной стойки при изменении жесткости голеностопного сустава методом электрической чрескожной стимуляции спинного мозга (ЧССМ).

Здоровые добровольцы (N = 15, 27 ± 1,1 лет) стояли с закрытыми глазами на стабилометрической платформе в анэхоидной звукозаглушенной камере в 4 сериях: контроль без ЧССМ (1), ЧССМ на уровне позвонков L1-L2 слева (2), справа (3) или по осевой линии (4). ЧССМ с частотой 15 Гц, модулированной 5 кГц. Сравнивали показатели колебаний центра давления тела, зарегистрированные в течение 30 с. Постуральные показатели достоверно отличались от контроля в серии (4). При ЧССМ по осевой линии было снижено качество равновесия на 10 %, площадь эллипса увеличена в 1,5 раза. Разбросы по сагитальной и фронтальной осям возросли на >20%. Выявлена тенденция к увеличению длины траектории по обеим осям и линейной скорости по сагиттали, прирост >15 %.

Билатеральное увеличение жесткости голеностопных суставов с использованием ЧССМ вызывало уменьшение устойчивости вертикальной стойки.

*Работа поддержана средствами государственного бюджета по госзадаанию на 2021 (тема № АААА-А18-118013090245-6) и, частично, Программой НЦМУ Минобрнауки РФ (соглашение № 075-15-2020-921 от 13.11.2020).*

## **МОДУЛЯЦИЯ Н-РЕФЛЕКТОРНОЙ ВОЗБУДИМОСТИ ВО ВРЕМЯ РИТМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОЛЬНЫХ И ВЫЗВАННЫХ ДВИЖЕНИЙ РУКИ**

***Селионов В.А., Солопова И.А.***

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН,  
Москва

E-mail: selionov@iitp.ru

Используя вибрацию мышц руки, можно получить ее произвольные ритмические движения в условиях вывески. Вибрация меняет возбудимость мотонейронов шейного отдела спинного мозга и может служить механизмом активации ритмических движений. Была выдвинута гипотеза, что локальная вибрация мышц плеча будет ингибировать Н-рефлексы, регистрируемые в мышце-сгибателе запястья (FCR), по сравнению с контрольными пробами без вибрации. Оценивали эффекты влияния активных и вызванных вибрацией движений руки на Н-рефлекс в мышце FCR у человека, а также зависимость степени возбудимости мотонейронов шейного отдела от положения тела в пространстве. Срединный нерв левой руки стимулировали прямоугольными стимулами (0.3 мс). Произвольные ритмические движения вывешенной в горизонтальной плоскости руки вызывали локальной вибростимуляцией (20–60 Гц), приложенной к мышцам ее проксимального сустава. Вибрация в стационарных условиях оказывала наибольшее влияние на Н-ответы в мышце FCR при положении тела лежа на боку. Во всех фазах произвольного движения Н-ответы были значимо подавлены по сравнению с состоянием покоя. Н-рефлекс во время вызванных движений существенно подавлялся по сравнению с рефлексами при произвольных движениях ( $p < 0,006$ ), что, вероятно, связано с тормозными влияниями проприоцептивного входа, активированного вибрацией мышц руки. Показана зависимость модуляции Н-рефлексов в сгибателе кисти от задачи и от положения тела в пространстве.

## **НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ ТОНУС: ПРЕДСТАВЛЕНИЯ «МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ» ОТ НИКОЛАЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА БЕРНШТЕЙНА ДО НАШИХ ДНЕЙ**

***Талис В.Л., Казенников О.В.***

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН,  
Москва

E-mail: talis@iitp.ru

Н.А. Бернштейн относил понятие нервно-мышечного тонуса в своей теории построения движений к уровню А, названному им «рубро-спинальным уровнем палеокинетических регуляций». В дальнейшем, в своих последних работах Бернштейн расширил понятие нервно-мышечного тонуса за счет новых экспериментальных данных, полученных на тот момент Гранитом и Мэтьюзом. Позднее понятие нервно-мышечного тонуса нашло свое отражение в «теории равновесной точки» А.Г. Фельдмана. Экспериментальные подходы и способы воздействия на нервно-мышечный тонус человека на протяжении многих лет реализовывались в работах представителей «московской школы двигательного контроля».

## **ЭФФЕКТ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕРЕЦИПРОКНОГО И ВОЗВРАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ МЫШЦ-СИНЕРГИСТОВ ГОЛЕНИ**

*Челноков А.А., Рощина Л.В., Гладченко Д.А., Городничев Р.М.*

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: and-chelnokov@yandex.ru

Изучалось влияние двадцатиминутной чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) на выраженность нерцепрокового (НТ) и возвратного торможения (ВТ) спинальных  $\alpha$ -мотонейронов в состоянии покоя и слабого по величине мышечного усилия. ЧЭССМ осуществлялась с помощью активного электрода на уровне грудных позвонков Т11-Т12 в положении лежа на спине в течение 20 минут. НТ и ВТ регистрировали в условиях коротко- и длиннолатентной кондиционирующей (n. common peroneal) и тестирующей стимуляции (n. tibialis) с межстимульными интервалами 6 мс и 20 мс. Выраженность НТ и ВТ оценивалась по наибольшей величине подавления тестирующего Н-рефлекса, в %. Установлено, что на протяжении всего времени воздействия ЧЭССМ в состоянии покоя НТ и ВТ  $\alpha$ -мотонейронов мышцы-синергиста (m. soleus) ослабевало, инвертируясь на нерцепроковое и возвратное облегчение. Нерцепроковое облегчение  $\alpha$ -мотонейронов мышцы-синергиста сохранялось в течение всего времени последствия, а возвратное облегчение инвертировалось на возвратное торможение, которое усиливалось вплоть до 20 минуты после окончания стимуляции. Удержание слабого по величине мышечного усилия (5 % от максимального произвольного сокращения) во время стимуляции спинного мозга сопровождалось усилением НТ и ВТ  $\alpha$ -мотонейронов мышцы-синергиста. Такой постактивационный эффект сохранялся до двадцати минут после электрической стимуляции спинного мозга. Активность ВТ была выражена в большей степени во время стимуляции спинного мозга при выполнении слабого по величине произвольного усилия, а постактивационный эффект проявлялся сходными изменениями в выраженности НТ и ВТ: их усилении в течение 10 минут и ослаблении на 20 минуте после окончания стимуляции до фоновых значений.

## **БИПЕДАЛЬНАЯ ХОДЬБА ДЕЦЕРЕБРИРОВАННОЙ КОШКИ ПРИ ТРАНСВЕРТЕБРАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ**

**Шкорбатова П.Ю.<sup>1,2</sup>, Ляховецкий В.А.<sup>1</sup>, Горский О.В.<sup>1,2</sup>,  
Мусненко П.Е.<sup>1,2</sup>**

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

<sup>2</sup>Институт трансляционной биомедицины СПбГУ, Санкт-Петербург

E-mail: polinavet@yandex.ru

Имплантация стимулирующих электродов в костную ткань позвонков позволяет быстро и стабильно зафиксировать их относительно позвоночника и спинного мозга. С помощью этого подхода нами была показана избирательность активации мышц крысы при трансвертебральной стимуляции (ТС) электродом, расположенным в одном из позвонков (Shkorbatova et al., 2020). В настоящей работе мы исследовали возможность использования ТС для вызова ходьбы задних конечностей кошки.

ТС (3–5 Гц, 0,3 мс, 1000–3500 мкА) осуществлялась электродом, помещенным в основание остистых отростков позвонков VL3–VL6, у двух кошек, децеребрированных на преколликулярном-постмамиллярном уровне. Регистрировали кинематические параметры движений, а также ЭМГ *m. iliopsoas*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius medialis* обеих задних конечностей. Показано, что ТС VL6 не приводила к инициации ходьбы на движущемся тредбане. Напротив, при ТС VL3–VL5 животные были способны к согласованной бипедальной ходьбе вперед, обладающей высокими показателями внутри- и межконечностной координации, сходными с получаемыми при эпидуральной стимуляции. Высокая стабильность движений была обусловлена реципрокной пачечной активностью ипсилатеральных мышц-антагонистов и двусторонним чередованием пачечной активности мышц-синергистов.

Предложенный подход существенно расширяет возможности изучения ходьбы на животных моделях.

*Работа поддержана грантом РФФИ №19-015-00409 А (экспериментальный дизайн) и грантом РНФ №21-15-00235 (оплата труда Шкорбатовой П.Ю.).*

## **ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА И МЕХАНОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НОГ В КОРРЕКЦИИ МОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА**

***Якупов Р.Н., Ананьев С.С., Павлов Д.А., Голоднова В.А.,  
Балыкин М.В.***

Ульяновский государственный университет, Ульяновск

E-mail: rafail89@mail.ru

Важное значение в восстановлении моторных функций нижних конечностей больных после ишемического инсульта имеют программы физической реабилитации, сопряженные с активным воздействием на двигательные центры спинного мозга и рецепторный аппарат конечностей. Актуальность приобрел вопрос об использовании чрескожной электростимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) в коррекции моторных функций при нарушениях церебрального кровообращения, сопряженных с функциональными изменениями в мышцах ног.

Цель исследования - оценить влияние трехнедельного (16–18 сеансов) сочетанного курса мультисегментарной ЧЭССМ (Т11-Т12 и L1-L2) и механостимуляции мышц ног в коррекции двигательных нарушений центрального генеза.

Исследованы 15 мужчин ( $60,8 \pm 3,2$ ) с моторными нарушениями в виде гемипарезов после перенесенного ишемического инсульта.

Результаты показали возможность вызова шагательного ЭМГ-паттерна при ЧЭССМ с частотами 30 и 5 Гц у исследуемых пациентов. После курса отмечались позитивные изменения в характеристиках биоэлектрической активности мышц ног (увеличение амплитуды ВМО). Улучшение моторных функций ног большинства испытуемых подтверждалось неврологическими и локомоторными тестами.

Таким образом, комплекс афферентных воздействий на разных уровнях двигательной системы в совокупности воздействуют на сегментарные и надсегментарные двигательные центры, что приводит к повышению возбудимости спинальных нейронных сетей, активации сохранных супраспинальных связей, и как следствие улучшению моторных функций.



# **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ**



## SPACEFLIGHT INDUCED EFFECT ON THE BRAIN OF SPACE CREW, AND THE POSSIBLE ROLE OF COUNTERMEASURES

**Barisano G.<sup>1,2</sup>, Sepehrband F.<sup>1</sup>, Rukavishnikov I.V.<sup>3</sup>, Nosikova I.N.<sup>3</sup>, Litvinova L.<sup>4</sup>, Ryabova A.M.<sup>3</sup>, Petrovichev V.<sup>4</sup>, Sinitsyn V.<sup>5</sup>, Pechenkova E.<sup>6</sup>, Laureys S.<sup>7</sup>, Sijbers J.<sup>8</sup>, Jeurissen B.<sup>8</sup>, Sunaert S.<sup>9</sup>, Parizel P.<sup>10</sup>, Jillings S.<sup>11</sup>, Collins H.R.<sup>12</sup>, Law M.<sup>13,14</sup>, Grishin A.<sup>15</sup>, Roberts D.<sup>12\*</sup>, Tomilovskaya E.S.<sup>3\*</sup>, Wuyts F.L.<sup>11\*</sup>**

\* Equal contributions

<sup>1</sup>Laboratory of Neuroimaging, Stevens Neuroimaging and Informatics Institute, University of Southern California, Los Angeles, CA

<sup>2</sup>Neuroscience Graduate Program, University of Southern California, Los Angeles, CA

<sup>3</sup>Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>4</sup>Radiology Department, City Clinical Hospital, Moscow, Russia

<sup>5</sup>Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

<sup>6</sup>Laboratory for Cognitive Research, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

<sup>7</sup>Coma Science Group, GIGA Consciousness, GIGA Institute, University and University Hospital of Liège, Liège, Belgium

<sup>8</sup>imec - Vision Lab, Department of Physics, University of Antwerp, Antwerp, Belgium

<sup>9</sup>Department of Radiology, Royal Perth Hospital and University of Western Australia Medical School, Perth, Australia

<sup>10</sup>KU Leuven – University of Leuven, Department of Imaging & Pathology, Translational MRI, Leuven, Belgium

<sup>11</sup>Lab for Equilibrium Investigations and Aerospace, University of Antwerp, Antwerp, Belgium

<sup>12</sup>Department of Radiology and Radiological Science, Medical University of South Carolina, Charleston, SC

<sup>13</sup>Department of Radiology, Alfred Health, Melbourne, Australia

<sup>14</sup>Department of Neuroscience, Department of Electrical and Computer Systems Engineering, Monash University, Melbourne, Australia

<sup>15</sup>Gagarin Cosmonauts Training Center, Star City, Russia

E-mail: giuseppe.barisano@loni.usc.edu

It was observed that long duration spaceflight (SF) is associated with an upward shift of the brain towards the cranium, redistribution of CSF with

narrowing of the subarachnoid space at the vertex, crowding of brain tissue along the superior sagittal sinus, and enlargement of the cerebral ventricles. Continued enlargement of the ventricles has been documented after SF even up to 1 year after return to Earth in both NASA astronauts and Russian cosmonauts.

The current study focuses on perivascular spaces (PVS), a brain-wide network of perivascular channels along which a large proportion of CSF (or CSF-like fluid) circulate through the brain parenchyma, which have not yet been evaluated after SF. A comparative, joint quantitative analysis of alterations in cerebral CSF spaces across astronauts and cosmonauts, using the same analysis pipeline thereby eliminating investigators bias, has been performed for the first time in space research history.

We performed a joint analysis of MRI brain scans in 13 Roscosmos cosmonauts, 23 NASA astronauts, and 4 ESA astronauts before and after SF on the ISS. An additional follow-up scan was performed in 4 ESA astronauts and 10 cosmonauts 7 months after SF. Brain MRI data from 13 male volunteers and 7 NASA astronauts of short duration Space Shuttle Program were used as controls.

The NASA ISS group had a significantly greater percent change in PVS than the Roscosmos group, the NASA Shuttle group, and the control group. We hypothesize this difference may be related to on-board differences in countermeasure or exercise usage between the American and Russian programs. Our study is the first ever reporting on combined results of brain data from 3 different space agencies.

# **INTEGRATED APPROACHES TO THE INVESTIGATION OF NEURO-CARDIOVASCULAR FUNCTIONS IN STANDING HUMANS IN SIMULATED MICROGRAVITY CONDITIONS**

***Mano T.***

Gifu University of Medical Science, Seki, Gifu, Japan

E-mail: tadaaki.mano@nifty.com

In the present study, thermoneutral head-out water immersion was used to simulate microgravity conditions. Healthy human subjects kept standing posture in immersion facilities in which the subjects were immersed by thermoneutral water up to the level of the neck. With increasing the level of water immersion gradually up to the level of the neck, the body weight of the subject decreased concomitantly with the decrease of body weight, surface EMG of the calf muscles, heart rate, microneurographically-recorded sympathetic nerve activity innervating calf muscles, afferent nerve activity from calf muscles, while increasing stroke volume/cardiac output. Systemic blood pressure was maintained almost constant during immersion up to the neck. Based on these findings it was concluded that microgravity simulated by head-out water immersion in standing humans, antigravity muscle activities, as well as post-ganglionic sympathetic nerve activity leading to the same muscles became reduced, while increasing stroke volume and cardiac output, maintaining systemic blood pressure almost constant. In other studies, using parabolic flights, similar findings of neuro-cardiovascular functions were observed in sitting healthy subjects during microgravity during parabolic flight. Based on these findings, it was concluded that systemic blood pressure is maintained almost constant by changes in neuro-cardiovascular functions in standing (an/or sitting) healthy human subjects during microgravity conditions.

## **EFFECTS OF AFFERENT NEURAL ACTIVITY IN THE ANTI-GRAVITY-RELATED REGULATION OF NEUROMUSCULAR PROPERTIES**

***Ohira T.<sup>1</sup>, Kawano F.<sup>2</sup>, Goto K.<sup>3</sup>, Ohira Y.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Res. Ctr. Space Med. Sci. and Org. Res. Initiative Devel., Doshisha Univ., Kyoto, Japan

<sup>2</sup>Grad. Sch. Health Sci., Matsumoto Univ., Nagano, Japan

<sup>3</sup>Grad. Sch. Health Sci., Toyohashi SOZO Univ., Aichi, Japan

E-mail: yohira@mail.doshisha.ac.jp

Tonic activity during posture maintenance in a gravitational environment and slow-twitch contractile properties are the typical characteristics seen in antigravity muscle, soleus. It has been reported that responses of morphological, functional, and/or metabolic properties, associated with atrophy, shift toward fast-twitch phenotype, and decrease of mitochondrial oxidation, to gravitational unloading are related to the decrease of muscle activity, i.e. the contraction-dependent mechanical stress with or without inhibition of electromyogram activity. It has been also reported that similar effects are induced in response to cross-innervation of motoneurons between slow- and fast-twitch muscles, suggesting an important role(s) of brain-derived neural activities. However, it was also reported that responses of muscular properties to gravitational load levels are influenced by muscle itself and/or the afferent input related to the muscular activity. In the conference, the role(s) of muscle-derived afferent input in the regulation of muscular properties will be briefly discussed.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ЖЕНЩИН ПОСЛЕ 3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ

*Абу Шели Н.М.А., Ермаков И.Ю., Шишкин Н.В., Амирова Л.Е.,  
Томиловская Е.С.*

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

E-mail: finegold@yandex.ru

Целью данной работы было исследовать возможность использования метода датчиков инерционного движения (ДИД) в качестве аналога методу видеозахвата движений (ВЗД) и сопоставить их в рамках исследования характеристик постуральной устойчивости.

В исследовании участвовали 6 женщин возрастом от 24 до 40 лет. Для исследования позной устойчивости применяли методы, основанные на регистрации постуральных реакций, как путем ВЗД, так и ДИД. Маркеры и датчики были прикреплены в области лба и I пальца обеих стоп. Обследования проводили до и после трехсуточной «сухой» иммерсии, в положении испытуемого стоя на мягкой (МП) и твердой платформе (ТП). Для анализа был создан математический алгоритм, который вычисляет эллипсоиды рассеивания, в пределах которых происходили колебания датчиков и маркеров. Для сопоставления данных, полученных двумя методами, использовали корреляцию Пирсона.

При проведении анализа данных была обнаружена связь для следующих точек: в области лба корреляция составила  $r = 0,6$ ,  $p = <0,0001$  и  $r = 0,8$ ,  $p = <0,0001$  на ТП и МП, соответственно; корреляция для левой стопы на ТП составила  $r = 0,3$ ,  $p = 0,04$ , и  $r = 0,8$ ,  $p = <0,0001$  – для МП. В точке правой стопы на ТП корреляции не было.

Проведенное исследование показало, что метод датчиков инерционного движения путем математического преобразования может использоваться как аналог метода видеозахвата движения.

*Работа поддержана Российской академией наук (63.1).*

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ НЕКВАНТОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНА ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ДЕМИЕЛИНИЗИРУЮЩЕЙ ПОЛИНЕВРОПАТИИ**

**Гавриченко А.В.<sup>1</sup>, Пасатецкая Н.А.<sup>2</sup>, Лопатина Е.В.<sup>2</sup>, Соколова М.Г.<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. И.П. Павлова, Санкт-Петербург,

<sup>3</sup>Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург

E-mail: arthyrgavrichenko@gmail.com

Регуляция синаптической пластичности может являться основой терапии редких нервно-мышечных заболеваний. Особую роль в механизмах, препятствующих прогрессированию заболеваний нервно-мышечного аппарата, как мы показали ранее, играет модуляция системы ГАМК и сигнальной функции  $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATP}$ Фазы.

Целью работы является изучение роли неквантового ацетилхолина в прогрессировании хронической воспалительной демиелинизирующей полиневропатии (ХВДП).

Контрольную группу составили здоровые добровольцы. Экспериментальная группа – пациенты, соответствующие критериям включения в исследование. Проведено клинично-неврологическое обследование, иммуноферментный анализ плазмы крови (кит ELISA), электронейромиография, органотипическое культивирование ткани скелетной мышцы 10-12 дневных куриных эмбрионов. Анализ полученных данных проводили с использованием морфометрического метода и программы STATISTICA 10.0.

С помощью иммуноферментного анализа в плазме крови пациентов с установленным диагнозом ХВДП впервые обнаружены антитела к никотиновым холинорецепторам. Действие плазмы крови здоровых добровольцев и пациентов, ацетилхолина и оуабаина в широком диапазоне концентраций оценивали в условиях органотипической культуры ткани. Обсуждается возможная связь обнаруженного тропного эффекта неквантового ацетилхолина с сигнальной функцией  $\text{Na}^+/\text{K}^+-\text{ATP}$ Фазы.

# **ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ ПРИ ПОСТГИПОГРАВИТАЦИОННОЙ РЕАДАПТАЦИИ: ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА**

***Еремеев А.А., Федянин А.О., Зайцева Т.Н., Халилова Г.Ф.,  
Балгина Т.В.***

Казанский федеральный университет, Казань

E-mail: 2anton.ermeev@mail.ru

Разработка эффективных протоколов реабилитации после нарушений функционального состояния двигательных систем, в том числе обусловленных изменениями гравитационной среды, представляется важной задачей физиологии и медицины.

Исследовали влияние стимуляции спинного мозга на состояние нейромоторного аппарата камбаловидной мышцы (КМ) крысы в условиях постгипогравитационной реадaptации. В течении 7 и 35 суток у животных моделировали гипогравитацию, затем, животные случайным образом были разделены на следующие экспериментальные группы: «РД» - крысы в условиях реадaptации после моделируемой гипогравитации (1, 3, 7, 14 сут; n = 14); «РД+МС» – крысы в условиях реадaptации, комбинируемой с магнитной стимуляцией спинного мозга (1, 3, 7, 14 сут; n = 12). Стимуляцию спинного мозга проводили магнитным стимулятором «Нейро-МВП-4» через 8-образный индуктор. Для оценки функционального состояния нейромоторного аппарата анализировали параметры рефлекторного и моторного ответов КМ, а также определяли сырой и сухой вес мышцы. Обнаружено, что в группе РД+МС, по сравнению с данными в группе РД: не наблюдали существенных разнонаправленных изменений рефлекторной возбудимости двигательного центра КМ на ранних этапах реадaptационного периода; увеличение декремента М-ответа при стимуляции с частотой 50 Гц было выражено в меньшей степени; полное восстановление сырого и сухого веса мышцы происходило быстрее.

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

## **СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДА АЗОТА В ТКАНЯХ СЕРДЦА КРЫС, РАСТУЩИХ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ С 3-Х НЕДЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

**Зарипова Р.И.<sup>1</sup>, Яфарова Г.Г.<sup>1,2</sup>, Андрианов В.В.<sup>1,2</sup>,  
Гайнутдинов Х.Л.<sup>1,2</sup>, Зефиоров Т.Л.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, Казань

<sup>2</sup>Казанский физико-технический институт – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань

E-mail: ratno1992@mail.ru

Ограничение подвижности считается одной из важнейших медико-социальных проблем, вызванной образом жизни, профессиональной деятельностью, длительным постельным режимом и т.д. Происходит уменьшение нагрузки на мышечный аппарат, что приводит к изменениям функциональных и морфологических изменений до патологических состояний в зависимости от продолжительности и степени ограничения подвижности. Оксид азота (NO) – важный биологический медиатор, вовлеченный во множество физиологических и патофизиологических процессов. Функциональный ответ клетки на действие NO многообразен и в значительной степени определяется объемом секреции газа. Система NO играет важную роль при адаптации организма к различным изменениям внешней среды и внешних условий. Целью данного исследования является сравнительный анализ содержания NO в тканях сердечной мышцы крыс, растущих в условиях неограниченной и ограниченной подвижности.

Методом ЭПР с использованием спиновой ловушки был произведен анализ продукции NO в тканях сердца крысят, растущих в условиях неограниченной (контрольная группа) и ограниченной подвижности в течении 1 месяца. Спектры образцов измеряли на спектрометре ЭПР X-диапазона ER-200E-SRC и EMX/plus с температурной приставкой ER 4112HV фирмы «Bruker» при 77 К. Анализ спектров ЭПР тканей предсердий и желудочков сердца показал, что ограничение подвижности приводит к увеличению содержания NO на 137 % и на 152 % соответственно по сравнению с результатами контрольной группы ( $p < 0,05$ ).

## **ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ НА КОРКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ РУКИ У ОБЕЗЬЯН**

**Зобова Л.Н.<sup>1</sup>, Миллер Н.В.<sup>1</sup>, Рошин В.Ю.<sup>1,2</sup>, Бадаквa А.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, Москва

E-mail: nvmiller@mail.ru

Цель исследования - оценка воздействия опорной разгрузки на состояние нейронов коры, связанных с планированием и коррекцией целенаправленных движений руки. Исследования проведены на 2-х обезьянах до и после двух сеансов 3-х часовой иммерсии по уровень шеи. До и после иммерсии обезьяны выполняли зрительно-моторную задачу перемещения курсора с помощью джойстика из центра экрана на одну из периферических мишеней, появляющихся в случайном порядке. По данным литературы такая простая задача предполагает управление и планирование движениями руки нейронами областей заднетеменной коры (PPC) – 5d, PRR, 7a и LIP, без участия нейронов дорсальной премоторной коры. Длительная микроstimуляция нейронов представительства руки в первичной моторной коре показала неизменность их функционального состояния. Влияние иммерсии на планирование и коррекцию движений руки при выполнении задачи, проявилось в снижении точности движения курсора и изменении интенсивности нейрональной активности в трех областях PPC. В связи с новейшими данными о доминировании чувствительности области 7a (традиционно рассматриваемой как зрительной) к вестибулярному входу, вплоть до торможения зрительного входа, важным является вывод о необходимости дополнительного изучения различных вариантов взаимодействия вестибулярного, зрительного и проприоцептивного входов в областях коры, связанных с целенаправленными движениями руки - от их содействия до торможения одного сигнала другим.

*Работа выполнена в рамках темы РАН № 63.1*

## **ВЛИЯНИЕ 14-СУТОЧНОЙ МОДЕЛИРОВАННОЙ ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ НА ОРТОСТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

**Катуицев В.П.<sup>1,2</sup>, Сухоставцева Т.В.<sup>1,2</sup>, Котов А.Н.<sup>1,2</sup>, Пучкова А.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Москва

E-mail: tanisukhostav@mail.ru

Цель. Изучение влияния 14-суточного пребывания в условиях моделированной лунной гравитации на ортостатическую устойчивость организма человека.

Методика. В качестве испытуемых в работе приняли участие 23 здоровых мужчины-добровольца в возрасте 18–35 лет. Физиологические эффекты лунной гравитации моделировали методом ортостатической гипокинезии (ОГ) с углом наклона тела по отношению к горизонту +9,6° продолжительностью 14 суток. Оценку ортостатической устойчивости проводили в день перед началом ОГ и сразу после ее окончания переводом испытуемого в вертикальное положение с углом наклона тела +70° максимум на 20 мин. До, во время и после ортопробы (ОП) регистрировали показатели артериального давления, ЭКГ и частоту сердечных сокращений, контролировали состояние здоровья испытуемых.

Результаты. Воздействие ОГ вызывало уменьшение количества полностью выполненных ОП и увеличение в 2,5 раза количества преждевременно завершенных ОП (с 4 до 10) ввиду прогрессирующей гипотензии, приводящей к возникновению преколлаптоидного состояния ( $p < 0,05$ ). Среднее для группы время переносимости ОП после ОГ по сравнению с контролем уменьшилось на 3,8 мин ( $p < 0,01$ ), время от начала ОП до развития преколлаптоидных состояний – на 4,7 мин.

Закключение. Пребывание в условиях 14-суточной моделированной лунной гравитации снижает ортостатическую устойчивость организма человека.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.*

## **ИЗМЕНЕНИЯ В ВЕГЕТАТИВНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

***Лысова Н.Ю., Сенаторова Н.А., Фомина Е.В.***

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

E-mail: [cehbr@list.ru](mailto:cehbr@list.ru)

Одной из проблем гравитационной физиологии, требующей расширения знаний в свете подготовки к межпланетным миссиям, является раскрытие механизмов физиологической адаптации человека к условиям невесомости и реадаптации к условиям гравитации, оказывающим влияние на физическую работоспособность. На данный момент перестройки в системе вегетативного обеспечения мышечной деятельности, сопряженные с длительным пребыванием человека в невесомости изучены недостаточно.

Изучение послеполетных перестроек в системе вегетативного обеспечения мышечной деятельности проводилось на основе данных эргоспирометрии, частоты сердечных сокращений (ЧСС) и лактата капиллярной крови в тесте со ступенчато-возрастающей нагрузкой. В исследовании приняли участие 6 космонавтов (возраст  $46 \pm 7$  лет, вес  $80,6 \pm 15$  кг, длительность космических полетов  $162 \pm 17$  суток). Тест выполнялся до и на 9–13-е сутки после завершения полета. Уровень лактата капиллярной крови измерялся в покое, на 1 и 3 минуте восстановления.

Было показано, что после длительного космического полета происходит значимое снижение потребления кислорода на 10,6 %, увеличение выделения углекислого газа на 6,4 % и легочной вентиляции – на 24,2 %, ответ сердечно-сосудистой системы, рассчитанный по ЧСС, увеличивался в среднем на 4,3 % ( $p \leq 0,05$ ). Уровень лактата крови значимо увеличился по сравнению с предполетными данными.

Таким образом, нами показано, что длительное пребывание в космическом полете приводит к увеличению физиологической стоимости нагрузки и изменению вегетативного обеспечения мышечной деятельности, о чем свидетельствует динамика изменений потребления кислорода, выделения углекислого газа, легочной вентиляции, уровня лактата крови и ЧСС.

## **ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ НА ВРЕМЯ РЕАКЦИИ И ПЕРЕХВАТ ЦЕЛИ ПОСЛЕ КУРСА 45-МИНУТНЫХ СЕССИЙ "СУХОЙ" ИММЕРСИИ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ**

**Мейгал А.Ю.<sup>1</sup>, Герасимова-Мейгал Л.И.<sup>1</sup>, Третьякова О.Г.<sup>1</sup>, Саенко И.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: [gerasimova@petsru.ru](mailto:gerasimova@petsru.ru)

К двигательным заданиям «Стимул-Реакция» относятся «время реакции» (reaction time, RT), «перехват цели» (manual target interception, MTI) и предиктивные задачи (predictive motor task). С учетом снижающего тонус влияния моделированной микрогравитации (mkG) на мышечную ригидность у больных паркинсонизмом (БП) (Meigal et al., 2018), влияния mkG на RT здорового человека (Wollseiffen et al., 2019) и более сильного влияния антипаркинсонической терапии на когнитивно-нагруженные RT-задания (Elder et al., 2016) мы полагаем, что курс «сухой» иммерсии (СИ) может улучшить выполнение заданий «реакции выбора» (choice RT, CRT), «реакции различения» (disjunctive RT, DRT), но не повлияет на простую зрительно-моторную реакцию (simple RT, SRT) и «перехват цели» (MTI). Установлено, что после курса 45-минутных сеансов СИ время CRT уменьшилось на 20% в точке «2 недели после курса СИ» ( $p < 0,05$ ), DRT - на 8 % ( $p < 0,05$ ), а SRT практически не изменилась (Meigal et al., 2021). В контрольной группе (без СИ) время всех реакций не изменялось. В задании MTI учитывалось количество перехватов цели в точке контакта, количество опережений и запаздываний. Установлено, что количество перехватов у больных БП до курса СИ составило  $44,1 \pm 10,0$  %, и в точке «2 недели после СИ» –  $48,0 \pm 9,3$  % ( $p > 0,05$ ). Также не изменилось соотношение опережений и запаздываний перехвата.

Вывод: моторно-ориентированные задания при БП устойчивы к действию курса СИ.

*Работа поддержана Министерством науки и высшего образования РФ (№ 0752-2020-0007).*

## **ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

***Мейгал А.Ю., Пескова А.Е., Герасимова-Мейгал Л.И.,  
Личкова А.А.***

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

E-mail: meigal@petrsu.ru

Постакивационный эффект (ПАЭ) – это непроизвольный мышечный тонус (МТ), возникающий после изометрического сокращения скелетной мышцы. Микрогравитация ( $\mu\text{G}$ ), в том числе моделированная, уменьшает МТ (Козловская, 2007), а ПАЭ модулируется низкой и высокой температурой среды (Мейгал и соавт., 2009). Рабочая гипотеза: ПАЭ, как вариант МТ, уменьшается в условиях моделированной  $\mu\text{G}$ . Методы: ПАЭ дельтовидных мышц (ДМ) охарактеризован при помощи электромиографии (ЭМГ) у здоровых испытуемых ( $n = 9$ , 19–20 лет) после семи 45-минутных сеансов «сухой» иммерсии (СИ), и отдельно – при осевой разгрузке (0,5G, 0G, аппарат «Орторент»). Вопреки рабочей гипотезе, ПАЭ в ДМ после сеанса СИ усилился в виде его удлинения с 66 до 135 с ( $p < 0,05$ ), при неизменной амплитуде и средняя частота ЭМГ ПАЭ. При осевой разгрузке параметры ПАЭ не изменились. Полученный результат может быть обусловлен спецификой механической функции ДМ. Так, в двуглавых мышцах плеча (ДвМ) охлаждение усиливало ПАЭ (Мейгал и соавт., 1996), что может быть связано с участием ДвМ в функции терморегуляции за счет уменьшения площади теплоотдачи тела. В ДМ охлаждение не вызывало усиление ПАЭ, что могло быть связано с ее функцией отведения рук, невыгодной с точки зрения теплоотдачи, но важной для равновесия. Таким образом, при ПАЭ в ДМ может наблюдаться интеграция функций терморегуляции и равновесия в соответствии с концепциями "сенсорного конфликта" и "системы внутреннего представления" организма (Левик, 2020).

*Поддержано Министерством науки и высшего образования РФ (0752-2020-0007).*

## **ДИНАМИКА ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОПРИОЦЕПТИВНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОДНОСУСТАВНЫХ ДВИЖЕНИЙ У ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ГЕМИПАРЕЗОМ В ХОДЕ РЕАБИЛИТАЦИИ**

**Павлова О.Г.<sup>1</sup>, Роцин В.Ю.<sup>1,2</sup>, Николаев Е.А.<sup>3</sup>, Хатькова С.Е.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,  
Москва

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт  
медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>3</sup>Лечебно-реабилитационный центр МЗ РФ, Москва

E-mail: pavlovao@mail.ru

У 7 постинсультных пациентов с гемипарезом предложенным нами методом оценены изменения проприоцептивного восприятия (ПВ) односуставных движений паретичных рук и ног в ходе реабилитации. ПВ оценивали с помощью качественных и количественных показателей точности одновременного копирования пассивных движений тестируемой конечности активными движениями другой конечности. До и после реабилитации исследовано качество копирования 53 тест-движений предварительно с открытыми, затем с закрытыми глазами.

До реабилитации все копирования с открытыми глазами были качественно правильными, а 83 % из них соответствовали условному критерию нормы (УКН) не только по качественным, но и количественным показателям. С закрытыми глазами доля копирований, соответствующих УКН, составляла 26 %. Копирование 55 % движений было выполнено с качественными ошибками, указывающими на выраженные нарушения ПВ, а 19 % отличалось от нормы только по количественным показателям.

В результате реабилитации точность копирования с закрытыми глазами существенно улучшилась. Доля копирований, соответствующих УКН, выросла более чем вдвое: с 26 до 58 %. Доля копирований с качественными ошибками уменьшилась с 55 до 19 %. При этом копирование под зрительным контролем оставалось стабильным и в 89 % тестов соответствовало УКН. Это дает основание считать, что улучшение точности копирования с закрытыми глазами в ходе реабилитации отражало изменение ПВ, свидетельствуя о его восстановлении.

*Работа частично поддержана грантом РФФИ19-015-00264.*

## **КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ**

**Пучкова А.А., Шпаков А.В., Ставровская Д.М., Сухоставцева Т.В.**  
Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: [alina.a.puchkova@gmail.com](mailto:alina.a.puchkova@gmail.com)

Цель – исследование влияния 14-суточного пребывания человека в условиях моделирования физиологических эффектов лунной гравитации на кардиореспираторные реакции человека при выполнении физической нагрузки.

Методика. В исследовании приняло участие 10 практически здоровых добровольцев в возрасте 19–31 лет. Испытатели в течение 14 суток находились в условиях ортостатической гипокинезии (ОГ) с углом наклона тела  $+9,6^\circ$  по отношению к горизонту как модели физиологических эффектов лунной гравитации. Кардиопульмональное нагрузочное тестирование (КПНТ) проводили до и после ОГ с использованием велоэргометра «Ergoline». Параметры кардиореспираторной системы регистрировали при помощи эргоспирометрических систем «MetaLyzer 3B» («CORTEX Biophysik») и «Quark CPET» («COSMED»). Протокол КПНТ состоял из 3-х ступеней длительностью 5-минут и мощностью 125, 150 и 175 Вт.

Результаты. Во время КПНТ значения всех кардиореспираторных показателей повышались пропорционально мощности нагрузки на всех этапах исследования. После воздействия 14-суточной ОГ наблюдалось достоверно большее ( $p < 0,05$ ) увеличение ЧСС, VE, VE/VO<sub>2</sub> и VE/VCO<sub>2</sub>, а также менее выраженный прирост VO<sub>2</sub>/ЧСС во время нагрузки.

Заключение. 14-суточное пребывание человека в условиях моделированной лунной гравитации приводит к снижению уровня физической работоспособности.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.*

## ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА EAAT2 В ПЕЧЕНИ МЫШЕЙ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

*Россомахин Р.А.<sup>1</sup>, Тяпкина О.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт фундаментальной медицины и биологии – Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

<sup>2</sup>Казанский институт биохимии и биофизики – ФГБУ «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань

E-mail: rossomakhin@inbox.ru

Печень является органом, который регулирует многие метаболические процессы организма. В связи с этим вызывает интерес исследование изменений, происходящих в печени в процессе космического полета. Показано, что в некоторых тканях экспрессия нескольких аминокислот, в том числе глутамата, снижается (Steffen, Musacchia; 1986). Белок EAAT2 (Excitatory amino acid transporter 2) ответственен за утилизацию глутамата в печени и поэтому его экспрессия представляет интерес. Целью данной работы было исследование экспрессии уровня белка EAAT2 в печени мышей в условиях реального космического полета. Эксперименты выполнены на самцах мышей линии c57black/6 (7–9 месяцев, масса  $28.3 \pm 0.6$  г, эксперимент БИОН М-1, 2013г.), разделенных на 2 группы: контрольная группа (мышь в условиях космического аппарата на Земле ( $n = 5$ ); космическая группа – мышь в условиях космического полета ( $n = 5$ ). Животные после эксперимента подверглись эвтаназии методом цервикальной дислокации. У мышей выделяли печень и фиксировали его в растворе забуференного 4 % параформальдегида (pH = 7.2). Для криопротекции фиксированный материал помещался в 30 % раствор сахарозы, приготовленный на фосфатно-солевом буфере с добавлением азида натрия. На криостате HM 560 Cryo-Star (Carl Zeiss, Германия) готовились поперечные срезы толщиной 10 мкм. Срезы окрашивались иммунофлуоресцентным методом по общепринятому протоколу с использованием первичных антител. Инкубация ткани с поликлональными первичными антителами козла к EAAT2 (1:80, Abscam Plc) проводилась в течение 12 часов при температуре +4°C. Для иммунной реакции с первичными антителами были использованы вторичные антитела (IgG козлиные против козла) конъюгированные с флуорохромом Texas Red (Invitrogen, 1:1000, USA). После окрашивания

срезы монтировались на предметных стёклах, высушивались и заключались в среду ImmuMount (Thermo Scientific, США). Изображения микропрепаратов получали на лазерном сканирующем конфокальном микроскопе Leica TCS SP5 (Германия). Изображения анализировались в программе ImageJ 1.5 (NIH, США). Для статистической обработки результатов экспериментов использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Установлено, что при окрашивании срезов печени антителами к EAAT2 средние значения интенсивности флуоресценции у мышей «контрольной» группы составили  $53,7 \pm 2,6$  о.е., а в группе после 30 суточного космического полета –  $31,2 \pm 4,4$  о.е. Таким образом, уменьшение интенсивности флуоресценции EAAT2 в печени мышей после 30-суточного космического полета на 41% свидетельствует об уменьшении экспрессии этого белка, что можно рассматривать как один из адаптационных механизмов связанных с уменьшением уровня аминокислоты глутамата в тканях.

*Исследование выполнено по госзаданию.*

## **ВЛИЯНИЕ ЛУННОЙ И МАРСИАНСКОЙ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**

**Савеко А.А., Брыков В.И., Китов В.В., Томиловская Е.С.**

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

E-mail: asaveko@gmail.com

Двигательная адаптация является результатом согласованной деятельности сенсорной и моторной систем, а также центральных интеграционных процессов, что позволяет сохранять точность и контроль движений при изменении сенсорных сигналов. Одним из способов изменения сенсорной информации, связанной с весовой нагрузкой, является метод вертикального вывешивания (ВВ). В связи с этим ВВ является моделью для изучения адаптивных реакций сенсомоторной системы как в гравитационной физиологии, так и в клинической медицине. Цель исследования составляло измерение биомеханических и электромиографических (ЭМГ) параметров нижних конечностей при ходьбе со скоростью  $3,5 \pm 0,3$  км/ч с последовательной сменой режимов ВВ через каждые 5 минут: 0 % ВВ (Земля), 65 % ВВ (Марс) и 85 % ВВ (Луна). В исследовании приняли участие 6 здоровых испытуемых-добровольцев, выполнивших данный локомоторный тест дважды. ВВ и запись биомеханических параметров осуществляли с помощью системы h/p/cosmos airwalk. Для записи электромиографических сигналов мышц нижних конечностей использовали 8-канальную систему Muscle Lab 4000e. Результаты эксперимента характеризуют влияние G-переходов на сенсомоторную систему: изменение опорно-проприоцептивных афферентных сигналов играет значительную роль в перестройке биомеханической структуры двигательных актов, что значительно модифицирует профиль ЭМГ активности мышц нижних конечностей.

*Работа поддержана Российской академией наук (№ 63.1).*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭФФЕКТОВ МИКРОГРАВИТАЦИИ**

*Саенко Д.Г.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Лаборатория нейромодуляции и восстановления, Отдел нейрохирургии, Центр нейрорегенерации, Хьюстонский Методистский Исследовательский Институт, Хьюстон, Техас, США

E-mail: sayenkodimitry@gmail.com

В настоящее время интерес нейрофизиологов и клиницистов обращен к чувствительному и неинвазивному электрофизиологическому методу – чрескожной электростимуляции спинного мозга (ЧЭССМ). Было показано, что даже при относительно широком фронте стимулирующего тока, ЧЭССМ может избирательно воздействовать на спинальные нейрональные структуры, включая первичные афференты, двигательные аксоны и интернейроны, с учетом их анатомического расположения в пояснично-крестцовом утолщении спинного мозга. Кроме этого, было показано, что в комбинации с такими конвенционными неинвазивными электрофизиологическими методами, как гальваническая вестибулярная стимуляция, транскраниальная стимуляция головного мозга и электростимуляция периферических нервов, применение ЧЭССМ позволяет исследовать функцию вестибулоспинальных, кортикоспинальных и проприоспинальных проводящих путей. Таким образом, ЧЭССМ может позволить не только электрофизиологически мониторировать спинальный уровень системы управления позой и моторного контроля на разных этапах воздействия микрогравитации, но и искусственно усилить функцию проводящих нервных путей в условиях сенсорной депривации и реорганизации.

*Поддержано Российской академией наук (63.1).*

## **ГРАВИСЕНСИТИВНОСТЬ ЭКСПРЕССИИ $\alpha$ -SMA В ГЛАДКОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЖЕЛУДКА МЫШЕЙ C57BL/6N ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

*Самойленко Т.В.<sup>1</sup>, Шишкина В.В.<sup>1</sup>, Атякшин Д.А.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>НИИ экспериментальной биологии и медицины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко» Минздрава России, Воронеж

<sup>2</sup>Российский университет Дружбы Народов, Москва

E-mail: antailkka@mail.ru

Гладкая мышечная ткань (ГМТ) – один из основных компонентов висцеральных органов. Обладает высоким уровнем гладкомышечного актина ( $\alpha$ -SMA) для обеспечения механических и сократимых свойств клетки. Несмотря на важное физиологическое значение ГМТ, в космической биомедицине до сих пор не проводилось исследований грависенситивности гладкой мускулатуры на молекулярном уровне.

Целью работы стало изучение ГМТ методом оценки уровня экспрессии  $\alpha$ -SMA в оболочках фундального отдела желудка самцов мышей C57BL/6N после 30-суточного космического полета.

В полете участвовало 5 мышей, их биоматериал был взят через 9–11 часов после приземления «БИОН-М1». Группа контроля – 5 животных. После вывода мышей из эксперимента биоматериал фиксировали в 10 % формалине, подвергали стандартному протоколу пробоподготовки с заливкой в парафин. Для обзорной микроскопии окрашивали гематоксилином и эозином. Иммуногистохимическая детекция  $\alpha$ -SMA проводилась с использованием моноклональных антител Actin smooth muscle разведение 1:100 Cat. No. MSK030. Микропрепараты фотографировали и оценивали на аппаратно-программном комплексе на основе микроскопа ZEISS Axio Imager.A2. Репрезентативность выборки 40 полей. Обработка результатов экспрессии  $\alpha$ -SMA проведена с помощью программы ImageJ 1.51J8.

Анализ экспрессии  $\alpha$ -SMA мышечной оболочки фундального отдела желудка мышей C57BL/6N показал снижение в группе космического полета по сравнению с группой контроля более, чем на 13 %, что свидетельствует об уменьшении функциональной активности гладких миоцитов в условиях микрогравитации, которая может приводить к ослаблению моторной функции и формированию определенных изменений деятельности других отделов желудочно-кишечного тракта.

## **ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИРОВАННОЙ НЕВЕСОМОСТИ И ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ**

**Ставровская Д.М.<sup>1,2</sup>, Пучкова А.А.<sup>1,2</sup>, Сухоставцева Т.В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Москва

E-mail: salvatoreдаря@mail.ru

Цель работы – анализ изменений показателей внешнего дыхания человека при последовательном воздействии на организм моделированной невесомости и лунной гравитации.

Методика. В исследовании приняло участие 5 практически здоровых добровольцев в возрасте 21–33 лет. В течение 10 суток испыталы находились в условиях последовательного воздействия антиортостатической гипокинезии (АНОГ -6°, 3 суток) как модели физиологических эффектов невесомости и ортостатической гипокинезии (ОГ +9,6°, 7 суток) как модели физиологических эффектов лунной гравитации. Исследования функции внешнего дыхания проводили перед началом АНОГ, на 2-м часу АНОГ, через 1 час после перевода в ОГ, на 7-е сутки ОГ и в 1-е сутки после завершения гипокинезии. Показатели регистрировали при помощи эргоспирометрической системы «MetaLyzer 3В».

Результаты. Перевод человека в условия АНОГ приводил к достоверному ( $p < 0,05$ ) уменьшению основных спирометрических параметров (ЖЕЛ ~ 5 %, ФЖЕЛ ~ 8 %, ОФВ1 ~ 10 % и др.), что проявлялось в первые часы воздействия. Дальнейшее пребывание в условиях последовательного воздействия АНОГ и ОГ сопровождалось восстановлением основных параметров внешнего дыхания до показателей, близких к фоновым значениям. После завершения гипокинезии исследуемые показатели восстанавливались до исходных значений.

Заключение. Изменения показателей внешнего дыхания имели волнообразный характер, снижаясь во время АНОГ и возвращаясь к фоновым значениям в условиях ОГ.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.*

## **ВЛИЯНИЕ КЛОНИДИНА ГИДРОХЛОРИДА НА ИНОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ СЕРДЦА КРЫС С ОГРАНИЧЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**

*Сунгатуллина М.И., Зарипова Р.И., Зиятдинова Н.И., Зефиоров Т.Л.*  
Казанский федеральный университет, Казань

E-mail: Violet-diva@mail.ru

На сегодняшний день подтверждено присутствие в сердце  $\alpha_1, \alpha_2$  и  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – адренорецепторов (АР). Функция  $\alpha_2$ -АР в сердце недостаточно хорошо изучена, сведений не много, и они часто противоречивы: изучено их значение в развитии отрицательного инотропного эффекта. Стимуляция  $\alpha_2$ -АР снижает силу сокращения и артериальное давление. В экспериментах, выполненных на полосках миокарда предсердий и желудочков, наблюдаются разнонаправленные эффекты силы сокращения после активации  $\alpha_2$ -АР.

Целью данного исследования явилось изучение влияния стимуляции  $\alpha_2$ -АР на сократимость изолированного сердца крыс с ограничением двигательной активности.

В исследованиях были использованы белые лабораторные крысы, которые находились в условиях ограничения двигательной активности в течение 30 суток с 3-недельного возраста, инотропную функцию сердца изучали у 51-суточных крысят. Использовался метод, создающий условия для формирования гипокинезии. Для стимуляции  $\alpha_2$ -АР использовали клонидин гидрохлорид ( $10^{-9}$  -  $10^{-6}$  М). Данные регистрировались на установке PowerLab 8/35 при помощи программы LabChartPro (ADInstruments, Австралия).

Исследования показали, что агонист  $\alpha_2$ -адренергических рецепторов клонидин в концентрации  $10^{-9}$ М,  $10^{-8}$ М,  $10^{-6}$ М увеличивал силу сокращения изолированного сердца крыс, с ограничением двигательной активности. Клонидин в концентрации  $10^{-7}$ М уменьшал ДРЛЖ изолированного сердца, что, возможно, указывает на концентрационную зависимость.

## **ГИПОГРАВИТАЦИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ: ПРИРОДА И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ**

***Томиловская Е.С., Шенкман Б.С., Козловская И.Б.***

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

E-mail: finegold@yandex.ru

Результаты исследований, выполненных в космических полетах, показали, что снижение гравитационных нагрузок закономерно сопровождается глубокими нарушениями во всех звеньях и структурах двигательной системы – сенсорных системах, мышечном аппарате и центральных механизмах систем управления движениями. В совокупности эти изменения составляют гипогравитационный двигательный синдром. Полученные данные позволили заключить, что важным фактором в развитии синдрома является уменьшение притока опорной афферентации. Подтверждение этих представлений было получено в экспериментах с «сухой» иммерсией, в которых в условиях безопорности применяли ежедневную механическую стимуляцию опорных зон стоп в режиме ходьбы.

В то же время необходимо учитывать, что гипогравитационное воздействие сопровождается не только устранением опоры, но и осевой разгрузкой, которая также может способствовать физиологическим изменениям в организме человека. Результаты исследований с применением костюма аксиальной нагрузки подтвердили это предположение.

При поддержке Минобрнауки России в рамках соглашения №\_075-1502020-919 от 16.11.2020 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития НЦМУ «Павловский центр "Интегративная физиология - медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости».

## ПОЗНЫЕ РЕАКЦИИ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ ПОСЛЕ КУРСА МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

**Третьякова О.Г.<sup>1</sup>, Герасимова-Мейгал Л.И.<sup>1</sup>, Мейгал А.Ю.<sup>1</sup>,  
Прохоров К.С.<sup>1</sup>, Саенко И.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: meigal@petsu.ru

Позные реакции при болезни Паркинсона (БП) серьезно нарушены, что связано как с изменением реактивности, так и исполнительной функции. Моделированная в виде «сухой» иммерсии (СИ) микрогравитация уменьшает мышечную ригидность (МР) при БП, а курс СИ улучшает время реакции в когнитивно-нагруженных заданиях (Meigal et al., 2021). Рабочая гипотеза: курс СИ может улучшить позные реакции у больных БП (n = 11) при внешней пертурбации за счет снижения МР и улучшения реактивности ЦНС.

Методы. 1) Индукция горизонтальной пертурбации включением движения полотна беговой дорожки Kettler ( $v = 1$  км/ч), в положении стоя «навстречу» движению, 2) проведение тестов на позную устойчивость в рамках шкалы BESTest (вариант mini-BEST) (Horak et al., 2009). Кинематический анализ проведен на основе видеозахвата движения головы (Видеоанализ, Биософт, РФ). Параметры: время реакции (начало возвращения головы в исходное положение, с) и длина отклонения головы (мм).

Результаты. Перед курсом СИ время реакции составило  $1,0 \pm 0,3$  с, а отклонение головы вниз и вперед –  $19 \pm 13$  мм. Отмечена слабая тенденция к уменьшению отклонения после курса СИ ( $13 \pm 6$  мм,  $p = 0,16$ ) в точке «после курса СИ». Время реакции на пертурбацию после курса СИ не изменилось. Количество баллов по позной шкале miniBEST перед СИ составило  $4 \pm 1,5$ , 2 недели после СИ –  $4,7 \pm 1,4$  ( $p > 0,05$ ). Вывод: позная реактивность на внешние пертурбации после курса СИ у больных с БП не изменилась.

*Работа поддержана Министерством науки и высшего образования РФ (госзадание № 0752-2020-0007).*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПОКАЗАТЕЛИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ НЕВЕСОМОСТИ И ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ**

**Худякова Е.П.<sup>1,2</sup>, Тарасенков Г.Г.<sup>1,2</sup>, Седелкова В.А.<sup>1,2</sup>,  
Герасимова Ю.И.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Федеральный научно-клинический центр ФМБА России, Москва

E-mail: jkouznetsova@gmail.com

Цель исследования - изучение влияния физических тренировок (ФТ) на показатели операторской деятельности (ОД) в условиях последовательной моделированной невесомости и лунной гравитации. В исследовании участвовали 10 практически здоровых добровольцев (21–33 лет), разделенных на 2 группы: «Контроль» (КОН) и «Тренировка» (ТРЕН). Испытатели группы КОН в течение 3 суток находились в условиях АНОГ -6°; (модель физиологических эффектов невесомости), а затем – 7 суток в условиях ортостатической гипокинезии (ОГ) +9,6°; (модель физиологических эффектов лунной гравитации). В группе ТРЕН испытуемые с 4-х суток гипокинезии лежа выполняли ФТ на велоэргометре. Исследования ОД проводили перед началом гипокинезии и на 7 сутки ОГ системой «Энцефалан» с ПО «Реакор». Использовали методику адаптивной операторской деятельности (АМОД) с параллельной регистрацией ЧСС. После последовательного воздействия на организм АНОГ и ОГ показатели зрительно-мануального слежения улучшились на 136 % ( $p \leq 0,05$ ) в группе ТРЕН, в группе КОН – на 10 % по отношению к фоновым значениям. При этом в группе ТРЕН прирост ЧСС во время ОД был ниже (10,3 %), чем в группе КОН (17,3 %,  $p \leq 0,05$ ), что свидетельствует о более низкой физиологической стоимости ОД после 10-суточной гипокинезии в группе ТРЕН. Результаты исследования указывают на положительное влияние ФТ в избранном режиме на показатели ОД после последовательного воздействия АНОГ и ОГ.

*Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУ ФНКЦ ФМБА России.*

# **АДАПТАЦИЯ К ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ И АФФЕРЕНТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ВЗРОСЛОГО СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА**

**Шапкива Е.Ю.<sup>1,2</sup>, Ларионова Ю.Е.<sup>1</sup>, Купреев Н.А.<sup>1</sup>,  
Емельяников Д.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Центр патологии позвоночника ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Лаборатория нейропротезов, Институт трансляционной биомедицины СПбГУ, Санкт-Петербург

E-mail: [cyshapkova@gmail.com](mailto:cyshapkova@gmail.com)

Адаптацию к тренировкам ходьбы в экзоскелете (ЭКЗО-ходьба) и афферентной стимуляции, направленным на компенсацию хронической (1–32 года) двигательной депривации, исследовали у 35 пациентов с двигательными полными нижними параплегиями (AIS A-20, B-15), вызванными травмой спинного мозга. В ходе трех последовательных курсов оценивали динамику тактильной (AISLT) и болевой (AISPP) чувствительности, контроля мышц ног (AISMOTOR), локомоторных возможностей (тетрапедальные тесты) и независимости в самообслуживании (шкала SCIM) перед началом и по окончании каждого курса. Курс включал ЭКЗО-ходьбу, тренировку вертикальной позы с электростимуляцией мышц, пневмостимуляцию опорных зон стопы, общий и лимфодренажный массаж, занятия лечебной гимнастикой; третий курс дополняли чрескожной электростимуляцией спинного мозга (ЭССМ) в стационарном режиме и в ходьбе.

На 1 и 2 курсах наблюдали прирост чувствительности: AISLT у 25 пациентов (71 %) в среднем на 6,2 балла, AISPP – у 21 пациента (60 %) на 5,7 балла. У 12 пациентов (34 %) выявлен прогресс в контроле мышц (AISMOTOR, в среднем на 3,5 балла), преимущественно на 3 курсе, с ЭССМ. Значимое расширение локомоторных возможностей (сокращение времени и/или потребности в помощи при выполнении тетрапедальных тестов) выявлено у 87 % тестируемых, расширение независимости по SCIM – у 33 (94 %), в среднем на 9 баллов.

Результаты подтверждают возможность мобилизовать нейропластический потенциал у взрослых с двигательными полными хроническими поражениями спинного мозга с помощью интенсивных ЭКЗО-тренировок, афферентной стимуляции и ЭССМ. Достигнутый прогресс расценен как проявление активность-зависимой нейропластичности на сенсомоторном, локомоторном и поведенческом уровнях.

## **СПОНТАННАЯ ТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЫ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ: НЕЙРОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И СИГНАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

**Шенкман Б.С.<sup>1</sup>, Калашников В.Е.<sup>1</sup>, Тыганов С.А.<sup>1</sup>,  
Туртикова О.В.<sup>1</sup>, Глазова М.В.<sup>2</sup>, Мирзоев Т.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт эволюционной физиологии и биохимии Российской академии наук им. И.М. Сеченова, Санкт-Петербург

E-mail: bshenkman@mail.ru

Устранение гравитационно-зависимых механических влияний приводит к «отключению» электрической и соответственно механической активности *m. soleus*, основной антигравитационной мышцы млекопитающих. Очевидно, причиной этого «отключения» является инактивация части спинальных мотонейронов. В то же время, примерно через 3 суток функциональной разгрузки в *m. soleus* возобновляется электрическая (ЭМГ) активность [Alford et al., 1987 и др.]. Амплитуда и интегральные показатели ЭМГ постепенно нарастают и к 14-м суткам вывешивания достигают значений, сопоставимых с показателями виварного контроля. Спонтанная активность при разгрузке может быть связана со снижением экспрессии калиевого котранспортера хлорид-иона (KCC2) в спинном мозге. При таком снижении поток хлорид-ионов через канал инвертируется, и мотонейрон начинает возбуждаться при действии тормозных медиаторов [Boulenguez et al., 2010 и др.]. Мы предположили, что гравитационная разгрузка (с использованием модели вывешивания задних конечностей крысы) приводит к снижению экспрессии KCC2 и соответственно к активации мотонейронов, иннервирующих *m. soleus*. После 7-суточного вывешивания на фоне существенного повышения электрической активности *m. soleus*, зарегистрированной имплантированными электродами, наблюдалось почти двукратное снижение содержания KCC2 и его фосфорилирования в спинном мозге. Ежедневное введение прохлорперазина (20 мг/кг веса животного) полностью предотвратило снижение экспрессии KCC2 и возрастание электрической активности *m. soleus*. Также получены данные об изменении характера атрофических процессов и содержания энергетических субстратов в мышце. Полученные данные позволяют с большой вероятностью предположить, что причиной спонтанной тонической активности в постуральной мышце в условиях функциональной разгрузки является снижение содержания и фосфорилирования KCC2 в спинном мозге.

*Работа поддержана грантом РФФИ 20-34-70022.*

## **ВЛИЯНИЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПОСТУРАЛЬНЫХ МЫШЦ**

**Шигуева Т.А., Китов В.В., Амирова Л.Е., Носикова И.Н.,  
Савеко А.А., Шишкин Н.В., Зеленская И.С., Томиловская Е.С.**

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

E-mail: t.shigueva@gmail.com

В экспериментах А.В. Киренской и Козловской И.Б. (1986–2004) и японских исследователей (Y. Sugajima et al., 1996), было показано, что именно кожные афференты, несущее информацию об опоре, определяют порядок рекрутирования двигательных единиц (ДЕ), обуславливая активацию тонических ДЕ. Вместе с тем, знание динамики и направленности этих изменений важно для формирования представлений о роли опорной афферентаций в обеспечении систем управления движениями при длительном снижении гравитационных нагрузок.

Для моделирования эффектов микрогравитации использовали модель 7 и 21-суточной «сухой» иммерсии (СИ). В ходе выполнения задачи поддержания стопой слабого мышечного напряжения регистрировали активность двигательных единиц (ДЕ) в мышцах голени (mm. gastrocnemius lat. и soleus).

Результаты проведенных исследований подтвердили предположение о том, что в условиях нормальной гравитации поддержание малого усилия в экстензорах голени обеспечивается активностью в первую очередь предваряющих выполнение движений малых ДЕ. В условиях опорной разгрузки, обуславливаемой иммерсионным воздействием, порядок рекрутирования ДЕ мышц-экстензоров голени отчетливо изменялся: значительно увеличивалось число вовлеченных в двигательную задачу ДЕ с высокими значениями межимпульсных интервалов. Измененный порядок рекрутирования ДЕ сохранялся после 21-суточной СИ и на 3-и сутки после ее окончания, что, по-видимому, связано с длительностью воздействия. Интересно отметить, что после 21-суточной СИ отмеченные изменения находятся на том же уровне, что и после 7-суточной СИ (Shigueva T.A. et al., 2015).

*Исследование поддержано Российским научным фондом (проект № 19-15-00435).*

## **БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОДЬБЫ И БЕГА ПРИ РАЗГРУЗКЕ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЫВЕШИВАНИЯ**

**Шпаков А.В.<sup>1</sup>, Воронов А.В.<sup>2</sup>, Пучкова А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва

E-mail: hypogravitylab64@gmail.com

Цель исследования – сравнительный анализ биомеханических характеристик циклических локомоций, выполняемых на беговой дорожке в нормальных условиях и в условиях весовой разгрузки опорно-двигательного аппарата (ОДА) до величины 70% веса тела. Исследование выполнено с участием 24 практически здоровых испытуемых-добровольцев (возраст  $25,1 \pm 5,2$  лет, масса тела  $77,7 \pm 6,7$  кг, рост  $179,7 \pm 6,3$  см). Испытуемые выполняли ходьбу со скоростью 4,5 км/ч и бег со скоростью 10 км/ч на беговой дорожке при величинах весовой нагрузки на ОДА 100 % и 70 % веса тела. Изменение весовой разгрузки ОДА производили методом вертикального вывешивания. Анализировали кинематические и пространственно-временные параметры локомоций, опорные реакции, ЭМГ-активность мышц нижней конечности.

Результаты исследования выявили существенные различия в величинах опорных реакций и кинематических параметрах локомоций. Бег-70 % по сравнению с бегом при 100 % веса тела характеризовался достоверным увеличением длины и времени двойного шага, изменениями в соотношении опорного и безопорного периодов двойного шага, уменьшением высоты подъема стопы. Установлено, что ведущими мышцами как при ходьбе, так и при беге являются мышцы голени, о чем свидетельствовали расчеты участия суммарной миоэлектрической работы мышц. Это утверждение справедливо для любых значений весовой разгрузки ОДА.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-315-20010.*



# **МЫШЕЧНАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ**



# **PUMPS, IONS, EXERCISE AND ENERGY METABOLISM: SIGNALING TO AND FROM THE NA, K-ATPASE IN THE SKELETAL MUSCLE**

***Chibalin A.V.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup>Department of Molecular Medicine and Surgery, Integrative Physiology, Karolinska Institutet, SE 171 77 Stockholm, Sweden

<sup>2</sup>National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

E-mail: alexander.chibalin@ki.se

The ability to generate action potentials and thus muscle contractions depends on the maintenance of the concentration gradient for Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> across the sarcolemma. These gradients are generated by the Na,K-ATPase. Since Na,K-ATPase plays a key role in maintenance of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> homeostasis, its enzymatic activity and protein abundance in skeletal muscle are tightly regulated (1). Alterations in skeletal muscle Na,K-ATPase activity accompany various chronic diseases including diabetes mellitus and its complications, cardiovascular and neurological disorders and hypertension.

Short-term sodium pump regulation includes a) changes in affinity of the Na-pump to substrates, b) covalent modification of the catalytic  $\alpha$ -subunit, mainly phosphorylation, and c) changes in the number of Na-pump molecules on the cell surface due to the processes of endo- and exocytosis. Long-term regulation includes changes in Na,K-ATPase gene expression and protein synthesis in response to thyroid and steroid hormones, starvation, high fat diet and hypokalemia.

In skeletal muscle its activity is upregulated during muscle contractions, acute exercise and prolonged training, to maintain ionic homeostasis. Contractions stimulates Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase activity in skeletal muscle, at least partially via translocation of the sodium pump units to the plasma membrane from intracellular stores.

A mechanism of the sodium pump upregulation may involve FXYD1 (phospholemman, PLM), a partner protein of Na,K-ATPase. Unphosphorylated FXYD1 binds to the Na,K-ATPase  $\alpha$ -subunits and inhibits the pump activity. FXYD1 phosphorylation disrupts the FXYD1- $\alpha$ -subunit interaction and stimulates the pump.

Recent evidence shows that in addition to ion transport function, Na,K-ATPase can sense low concentration of its inhibitors – cardiotonic steroids and play an important role as a receptor molecule and a signal transducer (2).

In my talk I will highlight novel aspects of a) relationship between sodium pump subunits mRNA expression and its protein abundance in skeletal muscle in response to single exercise bout; b) the relative role of the sodium pump translocation and FXYP1 phosphorylation in increase in Na,K-ATPase activity in response to exercise; and c) the effect of cardiotoxic steroids on carbohydrate metabolism and myokine's secretions from skeletal muscle.

1. Pirkmajer S, Chibalin AV, Na,K-ATPase regulation in skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 311, E1-E31. doi: 10.1152/ajpendo.00539.2015., 2016

2. Pirkmajer S, Bezjak K, Matkovič U, Dolinar K, Jiang LQ, Miš K, Gros K, Milovanova K, Pirkmajer KP, Marš T, Kapilevich L, Chibalin AV. Ouabain suppresses IL-6/STAT3 signaling and promotes cytokine secretion in cultured skeletal muscle cells. *Front Physiol.* 11:566584. doi: 10.3389/fphys.2020.566584. eCollection 2020

## **МОДУЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СВЯЗЫВАЮЩАЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С РЕГУЛЯЦИЕЙ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ**

***Акбердин И.Р.<sup>1</sup>, Вертышев А.Ю.<sup>2</sup>, Киселев И.Н.<sup>1</sup>, Попов Д.В.<sup>3</sup>,  
Колпаков Ф.А.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Научно-технологический университет «Сириус», Сочи

<sup>2</sup>АО «СИТЭС-ЦЕНТР», Москва

<sup>3</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: fkolpakov@gmail.com

С использованием платформы BioUML для моделирования сложных биологических систем нами поэтапно разработана модульная математическая модель, описывающая функционирование скелетной мышцы в норме и при разных режимах физических нагрузок на трех иерархических уровнях организации: метаболический, сигнальный и процессы регуляции экспрессии генов. Каждый уровень организации представляет собой отдельный модуль, внутри которого могут быть представлены свои подсистемы-подмодули (для метаболического уровня, например, метаболические пути в модулях «Цитозоль», «Митохондрии», «Транспортный обмен» между этими компартментами и между кровью и мышечной клеткой).

Для сопряжения метаболических процессов, происходящих в мышцах при физической нагрузке, и регуляции генной экспрессии были построены модели активации AMPK и Ca<sup>2+</sup>-зависимого сигнального пути, а также модели экспрессии генов раннего и отложенного ответов (1-й и 4-й часы после окончания физического упражнения, соответственно).

Для более реалистичного описания механизмов функционирования мышечной ткани при разных типах нагрузок в модульной модели учтено функционирование мышечных волокон двух типов (быстрые и медленные), имеющих различные паттерны активации в ответ на физическую нагрузку в зависимости от ее интенсивности.

Описание моделей и ссылки для их запуска в платформе BioUML приведены на веб-сайте <http://muscle.biouml.org/>.

## **ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОСТУРАЛЬНЫХ И ЛОКОМОТОРНЫХ МЫШЦАХ КРЫС ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**

**Белова С.П., Тыганов С.А., Мочалова Е.П., Шенкман Б.С.**

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

E-mail: swetbell@mail.ru

В связи с урбанизацией, автоматизацией труда, тяжелой эпидемиологической обстановкой у человека снижается уровень ежедневной физической активности. Цель исследования состояла в изучении влияния низкоинтенсивной тренировки на процессы синтеза белка в постуральных и локомоторных мышцах на фоне ограничения двигательной активности. В эксперименте участвовало 3 группы крыс линии Вистар: контрольная группа, группа с ограничением двигательной активности продолжительностью 21 день, группа с профилактическим бегом (1 час в день со скоростью 10 м/мин.) на фоне ограничения двигательной активности. Были проанализированы маркеры катаболических и анаболических сигнальных путей. Масса *m. soleus* и *m. EDL* достоверно снизилась только в группе с ограничением двигательной активности. Низкоинтенсивная беговая тренировка предотвращала падение силы сокращения и *m. soleus* и *m. EDL*. Снижение интенсивности синтеза белка при ограничении двигательной активности наблюдалось только в локомоторной *m. EDL*, а в группе с тренировкой соответствовало контрольному уровню. Изменение массы *m. soleus* предположительно связано с ростом экспрессии кальпаинов и активацией аутофагии; изменение синтеза белка в *m. EDL* связано со снижением фосфорилирования S6 рибосомального белка и увеличением фосфорилирования eEF2.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Правительства Москвы в рамках проекта № 21-315-70033.*

## **ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ, КОДИРУЮЩИХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ БЕЛКИ, В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ГИПОКИНЕЗИИ И АЭРОБНЫХ УПРАЖНЕНИЯХ: МЕТА-АНАЛИЗ**

**Боков Р.О.<sup>1</sup>, Махновский П.А.<sup>1</sup>, Колпаков Ф.А.<sup>2</sup>, Попов Д.В.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, Новосибирск

<sup>3</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: romanbokov94@yandex.ru

Гипокинезия длительностью более недели приводит к снижению содержания митохондриальных белков в скелетных мышцах, тогда как аэробные упражнения увеличивают его. Цель работы – оценить, регулируется ли изменение содержания митохондриальных белков, вызванное снижением и увеличением двигательной активности, на уровне мРНК.

Для увеличения надежности выводов был проведен мета-анализ всех исследований, изучавших транскриптомный ответ в *m. vastus lateralis* здоровых людей при гипокинезии и аэробных упражнениях. Для определения дифференциально экспрессируемых генов (ДЭГ) сырые транскриптомные данные (6 работ с гипокинезией (5–21 дн), 8 – с аэробной тренировкой (5–18 нед), 12 – с аэробным упражнением (0, 1, 3, 4 ч после упражнения)) были обработаны по стандартизированному протоколу. Для каждого воздействия ДЭГ интегрировали методом агрегации рангов при  $P_{adj} < 0.01$ .

281, 493 и 815 генов изменили экспрессию при гипокинезии, тренировке, упражнении, соответственно. Gene Ontology анализ выявил, что только гипокинезия вызывает изменение (снижение) экспрессии генов, связанных с окислительным фосфорилированием. Однако, из 1097 генов, кодирующих митохондриальные белки, снижение экспрессии при гипокинезии было найдено только для 88 генов.

Суммируя, снижение содержания митохондриальных белков в скелетной мышце человека при гипокинезии частично регулируется на уровне мРНК, тогда как увеличение, вызванное упражнениями, не связано с экспрессией генов.

*Работа поддержана грантом РФФИ 19-315-90135.*

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ БЕГОВОЙ ТРЕНИРОВКИ НА АФК-ЗАВИСИМУЮ РЕГУЛЯЦИЮ ТОНУСА АРТЕРИЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И ЛОКОМОТОРНОЙ МУСКУЛАТУРЫ КРЫСЫ**

**Борzych А.А.<sup>1</sup>, Швецова А.А.<sup>2</sup>, Кирюхина О.О.<sup>3</sup>, Селиванова Е.К.<sup>2</sup>, Кузьмин И.В.<sup>2</sup>, Гайнуллина Д.К.<sup>2</sup>, Виноградова О.Л.<sup>1</sup>, Тарасова О.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup>Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва

E-mail: borzykh.anna@gmail.com

Сокращение скелетных мышц сопровождается повышением содержания АФК в ткани и сосудах мышцы. Цель работы: сравнить изменения экспрессии ферментов синтеза/деградации АФК и вазомоторное действие АФК в дыхательной (диафрагма, ДИА) и локомоторной (трёхглавая мышца плеча, ТМП) мышцах крысы после физической тренировки (ФТ) - 8-нед. произвольного бега в колесе. Содержание белков исследовали методом Вестерн-блоттинга, реакции изолированных артерий - в изометрическом режиме. После ФТ в ткани ТМП показано увеличение содержания I и IV комплексов OXPHOS, SOD-2 и eNOS и уменьшение содержания NOX4, содержание NOX2 и SOD-1 не изменялось. В ткани ДИА содержание всех этих белков не изменялось после ФТ. VAS2870 (ингибитор NOX) вызывал расслабление артерий, которое было более выраженным в ДИА, чем в ТМП. После ФТ реакции артерий ДИА на VAS2870 были увеличенными по сравнению с контролем. ФТ не оказывала влияния на сократительные ответы артерий ДИА и ТМП при активации  $\alpha$ -адренорецепторов. Анतिकонтрактивное влияние NO (увеличение сократительных ответов после ингибирования NOS) в артериях ДИА тренированных крыс было уменьшенным по сравнению с контролем. Таким образом, произвольная ФТ изменяет содержание митохондриальных, оксидантных и антиоксидантных ферментов в локомоторной, но не дыхательной мышце. Кроме того, в артериях ДИА ФТ потенцирует вазомоторное влияние NOX-зависимых АФК, что коррелирует с ослаблением NO-зависимой модуляции сократительных ответов.

*Поддержано РФ (проект № 19-75-00060).*

## **ВЛИЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ НА ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ МЫШЕЧНЫХ САТЕЛЛИТНЫХ КЛЕТОК IN VITRO**

***Вильчинская Н.А.<sup>1</sup>, Комарова М.Ю.<sup>2</sup>, Рожков С.В.<sup>1</sup>,  
Дмитриева Р.И.<sup>2</sup>, Шенкман Б.С.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург

E-mail: vilchinskayanatalia@gmail.com

Исследования регенеративных процессов мышц при действии микрогравитации малочисленны. Ранее было показано, что при гравитационной разгрузке снижается число сателлитных клеток и наблюдается снижение их пролиферативных свойств. Цель работы состояла в изучении регенеративного потенциала сателлитных клеток на разных сроках моделируемой гравитационной разгрузки. Для этого было проведено вывешивание крыс по методике Ильина-Новикова длительностью 1, 3, 7 и 14 суток. После чего были выделены сателлитные клетки из *m. soleus* и культивированы *in vitro*. Далее оценивался уровень экспрессии маркеров пролиферации и дифференцировки мышечных сателлитных клеток методом ПЦР. Было обнаружено достоверное увеличение экспрессии *Mu1* 5, *MRF4* и *Mu1* G после 7 и 14-суточного вывешивания, а на 1-е и 3-и сутки увеличения экспрессии *Mu1* 5, *MRF4* и *Mu1* G не наблюдалось. После 7 и 14 суток вывешивания наблюдалось увеличение экспрессии мРНК эмбриональных и быстрых миозинов по сравнению с группой контроля и 3-суточным вывешиванием. А после 1-х суток вывешивания наблюдалось увеличение экспрессии мРНК эмбриональных миозинов.

Таким образом, при длительных сроках гравитационной разгрузки наблюдается повышенная активация мышечных сателлитных клеток на стадии дифференцировки.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 20-75-10080.*

## **ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МИКРОКОМПАРТМЕНТОВ ВОЛОКОН СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ**

**Высоких М.Ю.<sup>1,2,3</sup>, Марей М.В.<sup>1</sup>, Аверина О.А.<sup>2</sup>, Манухова Л.А.<sup>1</sup>, Виговский М.А.<sup>2</sup>, Ефименко А.Ю.<sup>2</sup>, Попов Д.В.<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр акушерства, гинекологии и перинатологии им. академика В.И. Кулакова Минздрава РФ, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: [mikhail.vyssokikh@gmail.com](mailto:mikhail.vyssokikh@gmail.com)

Экспериментальные данные последних лет подтверждают гипотезу существования структурно-функциональных микрокомпартов в клетках тканей с высокой метаболической активностью (скелетная и сердечная мышцы, мозг и др.), в которых локальная скорость генерации и потребления АТФ слабо зависит от общего уровня АТФ в клетке. Формирование таких микрокомпартов связано с диффузионными ограничениями, например, вследствие неоднородной вязкости цитозольной среды или проницаемости мембран этих структур. Ферментные системы, вырабатывающие АТФ или ГТФ и обеспечивающие непрерывность энергозависимых процессов в клетке, образуют мультибелковые комплексы, колокализированные в разных компартах клетки с различными АТФазами и ГТФазами. Поэтому локальная концентрация высокоэнергетических метаболитов играет более важную роль, чем усредненная концентрация. Мы предположили, что эти показатели будут значительно изменяться при патологии мышечной ткани и при старении. Было исследовано состояние микрокомпарта волокон скелетных мышц смешанного типа, формируемого при участии фермента креатинкиназы (ЕС 2.7.3.2). Цитозольные и митохондриальные изоформы креатинкиназы образуют систему энергетического буфера клетки и выполняют функцию переносчиков энергии в клетках протяженной формы или крупных размеров, что связано с индукцией и манифестацией мышечной дисфункции при старении.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 21-15-00405, в рамках госзадания МНОЦ МГУ имени М.В. Ломоносова была собрана коллекция биопсийных проб скелетных мышц пациентов и проведены гистологические исследования.*

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СОСТАВА МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН ЧЕЛОВЕКА

*Генерозов Э.В.<sup>1</sup>, Борисов О.В.<sup>1</sup>, Султанов Р.И.<sup>1</sup>, Попов Д.В.<sup>2</sup>,  
Ахметов И.И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины ФМБА России, Москва

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: generozov@gmail.com

Проведено полногеномное ассоциативное исследование по анализу вариабельности состава мышечных волокон на материалах биопсий четырехглавой мышцы бедра в группе из 171 добровольцев, представленных профессиональными спортсменами различной специализации и группой контроля. Генотипирование геномной ДНК проводили с использованием ДНК чипа Illumina Omni Express Exome 8 (>960 000 маркеров). Дополнительно анализировали метилирование ДНК в мышечной ткани в подгруппе из 48 участников с использованием ДНК чипа Infinium MethylationEPIC BeadChip (>850000 CpG сайтов). Для мета-анализа использовали ранее полученные данные по генотипам профессиональных спортсменов (>1200 человек), (HumanOmni1-Quad BeadChips (более 1 млн. маркеров)). Соотношение мышечных волокон было определено по данным иммуногистохимического анализа биопсии четырехглавой мышцы бедра. Анализ данных показал, что в целом, индивидуальные особенности композиции мышечных волокон, в большей степени ассоциированы со структурными вариациями в генах, нежели эпигенетическими изменениями. Достоверная ассоциация с типом волокон была показана для дифференциально метилированных CpG-сайтов, с преимущественной локализацией в суперэнхансерных регионах, специфичных для мышечной ткани, а также в близости с сайтами связывания транскрипционных факторов, взаимодействующих с рецепторами стероидных гормонов. Суммарно, по результатам ассоциативных генетических исследований выявлено 9 новых, генетических вариантов, ассоциированных с преобладанием волокон I или II типа; 10 новых маркеров, ассоциированных с показателями гипертрофии мышечных волокон и силовыми/скоростными характеристиками.

## **МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ДИСФУНКЦИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДИСТРОФИИ ДЮШЕННА И ЕЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕИММУНОСУПРЕССИВНОГО АГЕНТА DEBIO 025**

**Дубинин М.В.<sup>1</sup>, Старинец В.С.<sup>2</sup>, Семенова А.А.<sup>1</sup>,  
Белослудцева Н.В.<sup>2</sup>, Белослудцев К.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Марийский государственный университет, Йошкар-Ола

<sup>2</sup>Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,  
Пушино

E-mail: Dubinin1989@gmail.com

Митохондриальная дисфункция является одним из факторов, способствующих прогрессированию мышечной дистрофии Дюшенна (МДД) – наследственного заболевания, связанного с низким содержанием или отсутствием белка дистрофина, необходимого для поддержания структуры и функции мышечной ткани. Установлено, что при МДД наблюдается существенное угнетение дыхания и окислительного фосфорилирования митохондрий скелетной мускулатуры, приводящее к снижению уровня АТФ. Это, прежде всего, обусловлено дисрегуляцией гомеостаза ионов кальция, основными участниками которого являются митохондрии. Действительно, нами показано, что митохондрии модельных дистрофин-дефицитных мышечных (линия mdx) характеризуется существенным снижением устойчивости к индукции кальций-зависимой МРТ-поры по сравнению с животными дикого типа, что способствует развитию дегенеративных процессов, некрозу мышечной ткани и воспалительным процессам. Одним из подходов в терапии этой патологии является поддержание функциональной активности митохондрий и, в частности, ингибирование индукции МРТ поры с помощью циклоспорина А (ЦсА) и его аналогов. Нами показано, что введение mdx мышам неиммуносупрессивного аналога ЦсА – алиспоривира (Debio 025) способствует увеличению устойчивости митохондрий скелетных мышц к индукции МРТ-поры, нормализации функциональной активности органелл и восстановлению мышечной силы модельных животных.

*Работа поддержана грантом РФФ (№ 20-75-10006).*

## **РОЛЬ ПАННЕКСИНОВЫХ КАНАЛОВ В РЕГУЛЯЦИИ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ**

***Зарипова К.А., Мочалова Е.П., Белова С.П., Шенкман Б.С.,  
Немировская Т.Л.***

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

E-mail: katsu.no.himitsu@gmail.com, nemirovskaya@bk.ru

При функциональной разгрузке мышц происходит накопление макроэргических фосфатов и  $Ca^{2+}$  в клетке. Целью работы была проверка гипотезы, что выход АТФ во внеклеточное пространство может запускать сигнальный каскад через активацию  $R2Y2/P13K/IP3R$ , активирующий транскрипционные факторы, регулирующих мышечный фенотип. Для этого мы блокировали паннексिनотические каналы (пропускающие АТФ из мышцы), что должно привести к изменению экспрессии Е3-лигаз. 40 самцов крыс линии Wistar были случайным образом распределены на 5 группы по 8 животных в каждой: интактный контроль (С), 1-суточное и 3-суточное вывешивание с введением плацебо (1Н и 3Н), 1-суточное и 3-суточное вывешивание с введением ингибитора PRB (1Р и 3Р) (50 мг/кг в день, перорально при помощи зонда). Мы обнаружили существенное повышение количества АТФ в *m. soleus* крыс при их 3-дневном вывешивании (относительно группы контроля). При ингибировании паннексинотических каналов при разгрузке *m. soleus* количество АТФ в ней увеличивается еще на 20 %. При ингибировании паннексинотических каналов в *m. soleus* при 1 и 3-дневном вывешивании крыс: 1. Отмечено снижение активности катаболических сигнальных путей (т.к. экспрессия мРНК Е3-лигаз MuRF1 и атрогена-1 в этих группах существенно ниже, содержание p-GSK3 $\beta$  на 189% выше, чем в гр.Н, а повышение p-eEF2 (подавляющего элонгацию) существенно предотвращено; 2. Наблюдается высокий уровень фосфорилирования p70S6k и p-p90RSK (индуцирующих белковый синтез на рибосоме).

*Поддержано грантом РФФИ № 20-015-00138.*

# **АНАЛИЗ ТРАНСКРИПТОМА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ВЫЯВИЛ МНОЖЕСТВЕННЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЕ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ**

***Иванова О.А.<sup>1</sup>, Комарова М.Ю.<sup>1</sup>, Игнатьева Е.В.<sup>1</sup>, Лелявина Т.А.<sup>2</sup>,  
Галенко В.Л.<sup>2</sup>, Ситникова М.Ю.<sup>2</sup>, Гусев О.А.<sup>3,4,5</sup>,  
Шагимарданова Е.И.<sup>3</sup>, Дмитриева Р.И.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр им. Алмазова, Институт молекулярной биологии и генетики, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр им. А.А. Алмазова, отделение сердечной недостаточности, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Казанский федеральный университет, Институт фундаментальной медицины и биологии, Казань, Россия

<sup>4</sup>Center for Integrative Medical Sciences, RIKEN, Yokohama, Kanagawa, Japan

<sup>5</sup>Faculty of Medicine, Juntendo University, Tokyo, Japan

Введение. В ходе развития и прогрессирования хронической сердечной недостаточности (ХСН) у пациентов в скелетной мускулатуре появляются метаболические изменения, которые, наряду с сердечной дисфункцией, приводят к снижению толерантности к физической нагрузке, невозможности проведения профилактической физиотерапии, снижают качество и продолжительность жизни. Поддерживающая медикаментозная терапия для пациентов с сердечной недостаточностью может улучшить выполнение физических упражнений и повысить эффективность лечения заболевания. Молекулярные механизмы и сети сигнальных путей, ответственные за метаболические и функциональные изменения скелетных мышц при ХСН, до сих пор полностью не описаны.

Цель. Целью нашего исследования было описание метаболических изменений в скелетной мускулатуре пациентов с ХСН с использованием секвенирования транскриптома мышечной ткани.

Методы. 8 здоровых доноров и 5 пациентов с сердечной недостаточностью со сниженной фракцией выброса (класс II и III по NYHA) были включены в это исследование в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (1989). мРНК биоптатов скелетных мышц латеральной икроножной мышцы секвенировали на Illumina HiSeq.

Анализ RNA-seq был выполнен с использованием STAR с использованием эталонного генома GRCh38 и программы featureCounts; дифференциально экспрессируемые гены (DEG) оценивали с использованием пакета R DESeq2 с FDR = 0,05 и фильтром  $\log_2$ -кратного изменения ( $l2fc > 1,5$ ); анализ пути был выполнен с использованием clusterProfiler в R (FDR = 0,05).

Результаты. Среди сигнальных путей, которые были ассоциированы с 1404 дифференциально экспрессирующихся генов (ДЭГ), 3 были связаны с ответом ткани на условия гипоксии, а 3 - с метаболизмом углеводов. Мы обнаружили в скелетной мускулатуре пациентов с ХСН подавление PGC1A ( $l2fc = -1,9$ ), который регулирует биогенез и функцию митохондрий; Подавление NPRC ( $l2fc = -4,0$ ) показывает хроническую активацию системы натрийуретических пептидов, которые способствуют устойчивому липолизу и липотоксичности. Также мы обнаружили существенные нарушения согласованной регуляции экспрессии генов, которые контролируют гликогенолиз и глюконеогенез: повышенная экспрессия фосфатазы PPP1R1A ( $l2fc = 1,5$ ) вместе со снижением регуляторной фосфатазы PPP1R3A ( $l2fc = -2,5$ ) в совокупности приводят к ингибированию синтеза гликогена и стимулированию гликогенолиза в мышечной ткани пациентов с ХСН, а также способствуют переключению метаболизма в сторону гликолиза как основного источника энергии. Однако экспрессия фермента, устраняющего разветвления AGL, который также контролирует дегенерацию гликогена до глюкозы, была подавлена ( $l2fc = -2,3$ ), что указывает на неспособность эффективно мобилизовать глюкозу из гликогена в скелетной мускулатуре пациентов с ХСН. Также, анализ сигнальных путей, ассоциированных с генами, экспрессия которых была повышена в скелетной мускулатуре пациентов с ХСН выявил апрегуляцию экспрессии генов сигнального пути, контролирующего глюконеогенез – получение глюкозы из неуглеводных субстратов, а также отсутствие согласованной регуляции экспрессии генов, контролирующих основные этапы глюконеогенеза и получение неуглеводных субстратов. экспрессия ключевых ферментов глюконеогенеза PCK1 / 2 и FBP1 была повышена ( $l2fc$  составляет 5.0, 1.5 и 3.6) в мышечной ткани пациентов, а экспрессия глицерол киназы (GK) фермента, контролирующего доступность глицерола для использования в реакциях глюконеогенеза, была снижена у пациентов с ХСН ( $l2fc = -1,8$ ).

Заключение. Наше исследование показывает, что нарушения регуляции метаболических процессов в скелетной мускулатуре пациентов с ХСН проявляются на всех уровнях энергетического метаболизма.

## **ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИДЕНТНЫХ ФИБРО-АДИПОГЕННЫХ КЛЕТОК-ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ M. SOLEUS КРЫС**

**Комарова М.Ю.<sup>1</sup>, Вильчинская Н.А.<sup>2</sup>, Дмитриева Р.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

E-mail: komarovamy96@yandex.ru

Введение. Патологические нарушения скелетной мускулатуры, такие как функциональная разгрузка конечностей и атрофия, влияют не только на сателлитные клетки, но и на фибро-адипогенные предшественники (ФАПы), способствуя замещению мышечной ткани на фиброзную и жировую. Точные механизмы, лежащие в основе этого процесса, до сих пор остаются неизвестны.

Цель исследования. Выявление функциональных свойств ФАПов при функциональной разгрузке скелетной мускулатуры.

Материалы и методы. В исследовании была использована модель функциональной разгрузки задних конечностей крыс в течение одного и семи дней. Затем сателлитные клетки и ФАПы были выделены из m. soleus крыс по стандартному протоколу. Далее проводилась индукция адипогенной дифференцировки ФАПов. Для оценки морфологических и метаболических изменений в клетках был использован метод qPCR. Оценка кол-ва жировых капель была произведена с помощью окрашивания на маркер жировых капель OilRed O. Были проанализированы следующие гены: основные адипогенные факторы (Fabp4, Atgl, Mgl1, Plin2), маркер ФАПов (PDGFRa), гены, участвующие в поддержании энергетического баланса (Ucp2, PGC1a).

Результаты. Во-первых, на седьмой день разгрузки ФАПы образуют меньше жировых капель, чем в других группах. Во-вторых, была выявлена тенденция к снижению уровня мРНК всех вышеперечисленных генов.

Выводы. Функциональная разгрузка приводит к заметным изменениям в энергетическом метаболизме и липолизе ФАПов, а также к меньшему образованию жировых капель.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ Na,K-АТФазы В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ**

***Кривой И.И.***

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

E-mail: iikrivoi@gmail.com

Обзор результатов исследований последних лет в области молекулярного и функционального разнообразия Na,K-АТФазы в скелетных мышцах, ко-экспрессирующих альфа1- и альфа2-изоформы каталитической и транспортной альфа-субъединицы Na,K-АТФазы. Активность Na,K-АТФазы критически важна для поддержания электрогенеза, сократительной функции и работоспособности скелетных мышц. Накопленные факты позволяют предположить, что в отличие от альфа1-изоформы, демонстрирующей функциональную стабильность, альфа2-изоформа отличается высокой степенью пластичности, которая обусловлена ее специфической мембранной локализацией, функциональными и молекулярными взаимодействиями с белковым и липидным окружением, а также особенностями регуляции различными факторами. Функциональные нарушения альфа2-изоформы Na,K-АТФазы относятся к наиболее общим признакам, характерным как для хронических, так и кратковременных форм двигательной дисфункции. Рассмотрены проблемы, которые представляются наиболее перспективными! и с точки зрения дальнейших исследований функциональной пластичности Na,K-АТФазы. Особое внимание уделено проблеме изучения механизмов модулирующих эффектов циркулирующего убаина, специфического лиганда альфа-субъединицы Na,K-АТФазы. Обсуждается способность убаина модулировать электрогенную активность Na,K-АТФазы и электрогенез скелетной мышцы, что может быть основой протективных свойств циркулирующего убаина в условиях моделирования гравитационной разгрузки.

*Работа поддержана грантом РФФ № 18-15-00043.*

## **ВЛИЯНИЕ АЭРОБНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ, КОДИРУЮЩИХ БЕЛКИ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА**

*Леднев Е.М.<sup>1</sup>, Лысенко Е.А.<sup>1</sup>, Махновский П.А.<sup>1</sup>, Дубров В.Э.<sup>2</sup>, Попов Д.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Факультет фундаментальной медицины Московского государственно-го университета им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: ledhauz@gmail.com

Цель исследования – изучить влияние 8-недельной аэробной тренировки на велоэргометре на содержание коллагенов (ключевых белков внеклеточного матрикса – ВКМ), и экспрессию мРНК всех белков ВКМ в скелетной мышце человека. 7 нетренированных молодых мужчин (21–24 г., 72–79 кг) выполняли аэробные тренировки на велоэргометре (8 нед, 5 д/нед, 1 ч/д, чередование постоянной (60 мин 70 % LT4) и переменной ((3 мин 50 % LT4 + 2 мин 85 % LT4) x 12) нагрузок). До и после тренировок в базальном состоянии была взята биопсия *m.vastus lateralis*. Содержание коллагенов определяли с помощью панорамного масс-спектрометрического протеомного анализа; изменения транскриптома – с помощью РНК секвенирования. Гены, кодирующие различные классы белков ВКМ, идентифицировали с помощью базы данных *MatrisomeDB*. Аэробные тренировки с невысокой интенсивностью привели к выраженному увеличению содержания наиболее представленных коллагенов скелетных мышц: COL1 (в 1,7 раз) и COL3 (в 2,2 раза). После тренировок было отмечено значимое обогащение функциональных групп генов: коллагены, энзиматические регуляторы ВКМ и гликопротеины. Эти изменения были ассоциированы с увеличением экспрессии мРНК ростовых факторов, играющих ключевую роль в регуляции ВКМ, в том числе IGF1, PDGF, TGF, MDK. Таким образом, показано, что низкоинтенсивные аэробные тренировки (без использования ударных нагрузок) являются мощным стимулом для активации биогенеза ВКМ в скелетных мышцах молодых мужчин.

## **ВЛИЯНИЕ 6 НЕДЕЛЬ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК ОДНОЙ КОНЕЧНОСТИ НА АКТИВАЦИЮ АНАБОЛИЧЕСКОГО СИГНАЛИНГА ПОСЛЕ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ В КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ КОНЕЧНОСТИ**

***Лысенко Е.А.<sup>1</sup>, Вепхвадзе Т.Ф.<sup>1</sup>, Леднев Е.М.<sup>1</sup>, Боков Р.О.<sup>1</sup>, Устюжанин Д.В.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии Минздрава РФ, Москва

E-mail: lysenko@imbp.ru

Известно, что тренировка одной конечности приводит к увеличению силы как тренирующейся, так и не тренирующейся конечности благодаря переносу адаптационных изменений на уровне ЦНС (эффект контралатерального переноса). В рамках исследования изучалось влияние контралатерального переноса на активацию анаболического сигнального ответа после однократной силовой тренировки. Для этого 7 добровольцев выполняли в течение 6 недель жим платформы одной ногой. До этого периода для нетренированной конечности и после этого периода для контралатеральной конечности были проведены однократные тренировки с забором биопсических проб мышечной ткани из латеральной головки четырехглавой мышцы бедра до и через 2 часа после окончания тренировок. Шесть недель тренировок одной конечности привели к увеличению силы контралатеральной конечности на 10 %, при этом объем четырехглавой мышцы бедра не изменился. Однократные силовые тренировки нетренированной или контралатеральной конечностей привели к сопоставимому снижению содержания гликогена в быстрых и медленных мышечных волокнах и сопоставимому увеличению уровней фосфорилирования Akt1Thr308, Erk1/2Thr202/Tyr204, p70S6kThr389, rpS6Ser235/236 в биопсических пробах мышечной ткани. Таким образом, развитие адаптационных изменений на уровне ЦНС благодаря эффекту контралатерального переноса не привело к изменению активации анаболического сигналинга после однократной тренировки.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-315-70034 «Стабильность».*

## **ОПОРНАЯ АФФЕРЕНТАЦИЯ КОРЕГУЛИРУЕТ ЭКСПРЕССИЮ МЕДЛЕННОЙ ИЗОФОРМЫ МИОЗИНА И БИОГЕНЕЗ МИТОХОНДРИЙ В M. SOLEUS У КРЫС**

*Львова И.Д., Шарло К.А., Тыганов С.А., Шенкман Б.С.*

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

E-mail: irrtra1@yandex.ru

Цель данной работы – проверить гипотезу о том, что восстановление опорной афферентации во время разгрузки задних конечностей предотвращает повышение утомляемости и увеличивает экспрессию митохондриальных генов в постуральной m. soleus у крыс, и выявить механизм такого предотвращения. Самцы крыс Wistar были разделены на следующие группы (n = 8): виварный контроль (С); 7-суточная разгрузка задних конечностей (7HS); 7-суточная разгрузка задних конечностей с опорной афферентацией (7HS+PMS).

В группе 7HS мы обнаружили достоверное снижение индекса утомления m. soleus на 40 % в сравнении с группой контроля, в то время как в группе 7HS+PMS достоверных отличий от контроля не наблюдалось. Также мы обнаружили, что в группе 7HS снижалась экспрессия MyHC I(№946;), PGC1(№945;), COXI, COXII и митофузинов-1 и -2, а также подавлялась регуляция myh7b/микроРНК-499 и активировалась киназа GSK-3(№946;). Все эти изменения были предотвращены в группе 7HS+PMS. Как положительная регуляция myh7b/микроРНК-499, так и инактивация киназы GSK-3(№946;), могут вносить вклад в индуцированное опорной афферентацией предотвращение снижения экспрессии митохондриальных генов.

Таким образом, опорная механическая стимуляция на фоне функциональной разгрузки предотвращает увеличение утомляемости постуральной m. soleus, что сопровождается предотвращением снижения параметров биогенеза митохондрий и трансформации миозинового фенотипа в быструю сторону.

*Работа поддержана программой фундаментальных исследований  
ГНЦ РФ – ИМБП РАН.*

## **ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ АНГИОГЕНЕЗА: РОЛЬ ПЛЕОТРОПНЫХ ЭФФЕКТОВ ФАКТОРОВ РОСТА В ВОССТАНОВЛЕНИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ**

***Макаревич П.И.<sup>1</sup>, Болдырева М.А.<sup>2,3</sup>, Слободкина Е.А.<sup>1</sup>,  
Парфёнова Е.В.<sup>2</sup>, Ткачук В.А.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
Москва

<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии  
Минздрава РФ, Москва

<sup>3</sup>НИУ Высшая Школа Экономики, Москва

E-mail: pmakarevich@mc.msu.ru

Использование генной терапии для реваскуляризации ишемизированных скелетных мышц основано на локальной доставке факторов роста, обладающих способностью активировать рост кровеносных сосудов и нервов в ткани, страдающей от тяжелой гипоксии. Восстановление кровотока позволяет, как правило, минимизировать некроз скелетных мышц, разрушение миофибрилл и необратимые изменения в структуре ткани.

Наши работы с использованием различных комбинаций факторов роста, доставляемых с помощью плазмидных векторов, показали их высокую ангиогенную эффективность на моделях критической ишемии конечности и миокарда, однако помимо этого нас заинтересовало их влияние на регенерацию мышечной ткани. Среди комбинаций, использованных для стимуляции ангиогенеза, особую перспективность по нашему мнению представляет сочетание VEGF165 и HGF, для которой нашими коллективами были показаны не только хорошо предсказуемые эффекты на рост сосудов, но и выраженное благоприятное влияние на жизнеспособность скелетных мышц и миокарда, страдающего от тяжелой ишемии. При этом плеотропные эффекты, например, антиапоптотическое и противовоспалительное действие этих факторов зачастую оказываются вне поля зрения исследователей. В этой связи нами была поставлена задача оценки их совместного действия на активацию нейро- и миогенеза, а также на жизнеспособность скелетных мышц после введения в них плазмид с генами VEGF165 и HGF.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-015-00181 и государственным заданием МГУ им. М.В. Ломоносова.

## **ВЛИЯНИЕ ТРЕХСУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА СКОРОСТЬ ДЫХАНИЯ МИТОХОНДРИЙ В M. SOLEUS У ЖЕНЩИН**

**Мотанова Е.С.<sup>1</sup>, Боков Р.О.<sup>1</sup>, Томилловская Е.С.<sup>1</sup>, Згода В.Г.<sup>3</sup>,  
Попов Д.В.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Факультет фундаментальной медицины Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>3</sup>Научно-исследовательский институт биомедицинской химии им. В.Н. Ореховича, Москва

E-mail: janemotanova@gmail.com

Длительное снижение уровня двигательной активности негативно влияет на функциональные характеристики скелетных мышц, в том числе на митохондриальную плотность, окислительные возможности и аэробную работоспособность. Однако до сих пор не известно, как быстро происходят эти изменения. Цель исследования – оценить влияние трехсуточной сухой иммерсии на максимальную скорость дыхания митохондрий в *m. soleus* (основной позной скелетной мышце) у женщин.

Шесть женщин репродуктивного возраста (25–39 лет) в течение 3 суток находились в сухой иммерсии. До и после пребывания в сухой иммерсии с помощью игольчатой биопсии по Бергстрому брали пробы ткани из *m. soleus*. Скорость дыхания митохондрий в пермеабелизованных мышечных волокнах оценивали на полярографе OxuGraph, последовательно добавляя активаторы и ингибиторы дыхательных комплексов. Изменение содержания митохондриальных белков оценивали с помощью количественного панорамного масс-спектрометрического анализа. Пребывание в сухой иммерсии привело к снижению (20–25 %,  $P < 0,05$ ) производительности комплекса I митохондрий, комплекса V (АТФазы) и снижению утечки протонов, что частично было связано со снижением содержания некоторых митохондриальных белков.

Таким образом, впервые показано, что снижение функциональных возможностей митохондрий происходит уже через три дня пребывания в «сухой» иммерсии.

## **РОЛЬ НАКОПЛЕНИЯ МАКРОЭРГИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ И МЕДЛЕННОГО КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ В РЕГУЛЯЦИИ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ**

*Немировская Т.Л., Белова С.П., Зарипова К.А., Мочалова Е.П.*

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

E-mail: nemirovskaya@bk.ru

При длительной гипокинезии, гравитационной разгрузке, иммобилизации конечности, а также при длительном лишении человека обычной двигательной активности скелетные мышцы подвергаются атрофии в результате нарушающегося баланса между синтезом и деградацией белка. Недавно С. Беловой и соавторами показано (2020 г.), что даже непродолжительное нахождение крыс в клетках ограниченного размера вызывает атрофию «быстрых» скелетных мышц (и ускоренный набор веса тела) животного. Исследование причины этих изменений и разработка способов профилактики атрофии мышц особенно актуальны сейчас, когда в условиях изоляции в ограниченном пространстве значительное число людей заметили эти негативные последствия изоляции для своего здоровья. Для разработки способа предотвращения развития атрофического процесса необходимо выявить механизмы (триггеры) его инициирования. При гипокинезии снижается активность mTOR (mammalian target of rapamycin) (Bodine S et al., 2001) и увеличивается активность убиквитин-протеасомного сигнального пути (который отвечает за 80-90% круговорота цитоплазматического белка, доступного для протеолиза (S. Cohen и др., 2009)). Деградация мышечных белков усиливается при увеличении экспрессии E3 убиквитин лигаз, определяющих интенсивность протеасомного пути белковой деградации. Однако физиологические механизмы, активизирующие эти процессы, не полностью понятны. Известно, что при функциональной разгрузке мышц происходит накопление макроэргических фосфатов (АТФ, PCr) и ионов Ca в мышечных волокнах (Ohira Y et al., 1994, Ingalls et al., 1999, Shenkman BS, Nemirovskaya TL, 2008). Известно также, что кальций играет критическую роль не только в процессах электро-механического сопряжения (ЕСС), но и как ключевой вторичный мессенджер, активирующий кальций-зависимые транскрипционные факторы в процессе,

называемом сцеплением возбуждения и транскрипции (ETC). Мы предположили, что АТФ и «медленный» Са могут стимулировать запуск внутриклеточных сигнальных путей и атрофических процессов при разгрузке мышц. В докладе будет сфокусировано внимание на разборе возможных механизмов влияния накопления макроэргических фосфатов (через взаимодействие с пуринэргическими рецепторами на поверхности сарколеммы) на кальциевый гомеостаз мышечных волокон и активацию IP<sub>3</sub> рецепторов. Известно, что IP<sub>3</sub> рецепторы могут изменять проницаемость ядерной мембраны для транскрипционных факторов, имеющих влияние на экспрессию ключевых генов. В докладе будут разобраны механизмы, которые могут быть задействованы для взаимосвязи между концентрацией макроэргических фосфатов, работой паннексиновых каналов, пуринэргическими рецепторами, активацией SERCA и пропускной способностью IP<sub>3</sub> каналов (для транскрипционных факторов) в миоцитах.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 21-15-00228.*

## **ВЛИЯНИЕ ОПОРНОГО СТИМУЛА И МЕХАНИЗМЫ ЕГО ДЕЙСТВИЯ НА HDAC4, p300 И ЭКСПРЕССИЮ МУНС I ТИПА В КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЕ КРЫС НА ФОНЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ**

***Парамонова И.И., Шарло К.А., Тыганов С.А., Мочалова Е.Р., Шенкман Б.С.***

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

E-mail: inna199221@gmail.com

Целью работы является изучение роли оксида азота и NO-зависимых сигнальных путей в поддержании экспрессии медленного миозина во время механической опорной стимуляции (МСО) на фоне семисуточной гравитационной разгрузки в постуральной мышце млекопитающего.

Для этого проводилось 7 суточное вывешивание задних конечностей крыс по методике Ильина-Новикова в модификации Морей-Холтон с применением МСО и введением ингибитора синтазы оксида азота в концентрации 90мг/кг массы тела в сутки внутривентриально. В результате 7-суточного вывешивания наблюдалось достоверное снижение содержания фосфо-ERK2(Y204) на 54 %, p300 на 20 %, MEK2-D на 46 %, acH3 на 18 % в ядерной фракции, достоверное повышение HDAC4 на 70 % (иммуноблот), а также достоверное снижение экспрессии МунС I типа на 38 % (метод PCR-RT) относительно контрольной группы, но в группе с МСО достоверных отличий от контрольной группы не обнаружено, а введение ингибитора синтазы NO во время МСО блокирует защитный эффект механической опорной стимуляции.

Таким образом, применение механостимуляции стопы животного на раннем этапе моделируемой гравитационной разгрузки позволяет предотвратить изменения ряда транскрипционных факторов, регулирующих экспрессию МунС I типа в скелетной мышце на фоне семисуточной гравитационной разгрузки и этот эффект обусловлен восстановлением NO в миоплазме мышцы за счет активации сократительной активности волокна с помощью МСО.

*Работа поддержана программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ-ИМБП РАН.*

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СТАРТЫ ТРАНСКРИПЦИИ И РЕГУЛЯЦИЯ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА В ОТВЕТ НА ОСТРОЕ СТРЕСС-ВОЗДЕЙСТВИЕ**

**Попов Д.В.<sup>1</sup>, Махновский П.А.<sup>1</sup>, Боков Р.О.<sup>1</sup>, Колпаков Ф.А.<sup>2</sup>, Гусев О.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

<sup>3</sup>Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

E-mail: danil-popov@yandex.ru

Цель работы i) оценить вклад альтернативных стартов транскрипции (TSS) в регуляцию экспрессии генов в ответ на острое стресс-воздействие, ii) на основании данных о точном положении TSS предсказать регуляторы генной экспрессии.

У 10 мужчин брали биопсию из *m.vastus lateralis* до, через 1, 3 и 6 ч после интенсивного аэробного упражнения. Экспрессию генов и точное положение TSS определяли с помощью кэп-анализа экспрессии генов (CAGE).

Было обнаружено около 28000 TSS, относящихся к 12 269 генам; более 250 TSS были описаны впервые. Физическая нагрузка изменяла (в основном активировала) экспрессию 1411 генов, причем для 146 генов (10 %) наблюдалась активация альтернативных TSS, т.е. перераспределение активности между промоторами в гене. Для поиска транскрипционных факторов (ТФ) определяли границы промоторного региона на основании данных по: открытому хроматину (7 экспериментов с миотубами человека из базы данных GTRD) и плотности мотивов связывания с различными ТФ (15000 ChIP-seq экспериментов из GTRD). Затем с помощью метода позиционных весовых матриц провели поиск ТФ для коэкспрессируемых (корегулируемых) генов. Были выявлены «классические» ТФ, вовлеченные в регуляцию генной экспрессии после аэробного упражнения, и целый ряд неизученных ранее ТФ.

Таким образом, впервые показано, что альтернативные старты транскрипции вносят существенный вклад в изменение экспрессии генов в ткани человека в ответ на стресс-воздействие.

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

## **ПРОТЕОСТАЗ БЕЛКОВ КАЛЬПАИНОВОЙ СИСТЕМЫ В ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦАХ ДЛИННОХВОСТОГО СУСЛИКА *UROCITELLUS UNDULATUS* ПРИ ГИБЕРНАЦИИ**

***Попова С.С.<sup>1</sup>, Юршенас Д.А.<sup>1</sup>, Грицына Ю.В.<sup>1</sup>, Захарова Н.М.<sup>2</sup>, Вихлянцев И.М.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино

<sup>2</sup>Обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» Институт биофизики клетки РАН, Пущино

E-mail: [ivanvikhlyantsev@gmail.com](mailto:ivanvikhlyantsev@gmail.com)

Кальпаины – семейство широко распространенных цитозольных кальций-активируемых цистеиновых протеаз. Известно 16 компонентов кальпаиновой системы у млекопитающих: 15 кальпаиновых протеаз и их ингибитор кальпастатин. Кальпаин-1 (активируется при физиологических микромолярных концентрациях ионов кальция) является основным по содержанию среди кальпаиновых протеаз в поперечнополосатых мышцах млекопитающих. Данные об изменениях содержания и роли белков кальпаиновой системы при развитии атрофии или гипертрофии мышц противоречивы. Цель нашего исследования заключалась в проверке предположения, что в период гибернации у длиннохвостого суслика *Urocitellus undulatus* гипертрофия миокарда левого желудочка сердца будет сопровождаться уменьшением содержания кальпаина-1 и увеличением содержания кальпастатина, тогда как атрофия скелетных мышц будет сопровождаться противоположными изменениями. Были исследованы животные трёх экспериментальных групп: летняя активность, гипотермия (спячка), зимняя активность (периодически повторяющиеся периоды нормотермии между периодами гипотермии,  $n = 7$  для каждой группы). Полученные результаты свидетельствуют о протеостазе белков кальпаиновой системы, а также субстратов кальпаинов титина и небулина в поперечнополосатых мышцах длиннохвостого суслика в период гибернации. Эти изменения вносят вклад в поддержание массы сердечной мышцы и уменьшение уровня атрофических изменений в скелетных мышцах длиннохвостого суслика в течение сезона гибернации.

*Работа поддержана грантом РФФИ № 20-04-00204.*

## **ВЛИЯНИЕ КЛОМИПРАМИНА НА НАДФН-ОКСИДАЗЫ И МАРКЕРЫ ЛИПИДНЫХ РАФТОВ В КАМБАЛОВИДНЫХ МЫШЦАХ КРЫС ПРИ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКЕ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ**

**Протопопов В.А., Секунов А.В., Султанов Р.В., Брындина И.Г.**

Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск

E-mail: vladimirvst@yandex.ru

Функциональная разгрузка скелетных мышц сопровождается усилением оксидативных процессов (Powers et al., 2006) и реорганизацией сарколеммы мышечных волокон, ассоциированной с повышением образования церамида (Bryndina et al., 2018). Взаимосвязь данных изменений при гравитационной разгрузке изучена недостаточно.

В работе исследовали роль церамида (Cer) и кислой сфингомиелиназы (aSMase) в изменениях НАДФН-оксидаз, кавеолярных и некавеолярных рафтов в *m. soleus* крыс при различных сроках разгрузки, вызванной антиортостатическим вывешиванием (АОВ).

Исследование проведено на белых крысах-самцах: контрольных, вывешенных в течение 12 часов и 14 дней, а также при АОВ на фоне введения блокатора aSMase кломипрамина. После окончания воздействий были изучены морфометрические параметры (масса мышц, диаметр мышечных волокон) и проведено ИГХ исследование *m. soleus* с использованием антител против Cer, белков-маркеров липидных рафтов, aSMase, и НАДФН-оксидаз.

АОВ сопровождалось значительными изменениями иммунореактивности и распределения исследуемых маркеров в области сарколеммы и саркоплазмы мышечных волокон относительно контроля. Ингибирование aSMase сопровождалось частичным восстановлением иммунореактивности НАДФН-оксидаз и белков-маркеров кавеолярных и некавеолярных рафтов по сравнению с группой АОВ без введения препарата. Атрофия *m. soleus* при 14-дневном АОВ также частично предотвращалась кломипразином.

*Работа выполнена при поддержке РНФ (проект № 16-15-10220) и РФФИ (проект № 19-315-90099).*

## **ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ И ТРАНСКРИБИРУЕМЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНОМА В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ В НОРМЕ И ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИИ**

*Ступина А.А.<sup>1</sup>, Девятяров Р.М.<sup>3</sup>, Noriyuki Higo<sup>3</sup>, Гусев О.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Казанский федеральный университет, Казань, Россия

<sup>2</sup>Juntendo University, Japan

<sup>3</sup>AIST, Japan

E-mail: gaijin.ru@gmail.com

В докладе представлены предварительные результаты анализа гетерогенности транскрипции генов и регуляторных элементов в скелетных мышцах макак в норме и при индуцированной тетродотоксином временной иммобилизации одной из двух рук животных. Нами были проанализированы более 60 мышц макак-крабоедов в норме и 12 мышц из двух рук макак-резусов, в условиях, когда одна из рук была иммобилизована. Проведенное методом полногеномного профилирования уровня экспрессии отдельных сайтов транскрипции РНК исследование показало, что скелетные мышцы как в норме, так и в условиях иммобилизации характеризуются уникальным для каждого типа мышц профилем экспрессии мРНК. Причем, значительный вклад в уникальный профиль отдельных мышц как в норме, так и при иммобилизации делают транскрибируемые некодирующие участки генома, в частности - экспрессирующиеся энхансеры.

## **NO-ЗАВИСИМОЕ ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ M.SOLEUS КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ**

**Тыганов С.А.<sup>1</sup>, Мельников И.Ю.<sup>1</sup>, Вихлянцев И.М.<sup>2</sup>, Шарло К.А.<sup>1</sup>, Шенкман Б.С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Россия

E-mail: sentackle@yandex.ru

Данная работа была посвящена изучению механизмов и структур, обеспечивающих механические характеристики скелетной мышцы в условиях гравитационной разгрузки и опорной стимуляции. Мы предположили, что использование опорной стимуляции позволит повысить уровень оксида азота (NO) в камбаловидной мышце и тем самым предотвратить снижение жесткости камбаловидной мышцы на фоне антиортостатического вывешивания. Крысы вывешивались в течение 7 суток, при этом одна из групп получала опорную стимуляцию, а другой группе животных в дополнение к опорной стимуляции вводился ингибитор NO-синтазы L-NAME. Механическая разгрузка привела к достоверному снижению максимальной изометрической силы и пассивной жесткости камбаловидной мышцы по сравнению с контрольной группой на 38 % и 31 % соответственно. Использование опорной стимуляции позволило предотвратить снижение максимальной тетанической силы камбаловидной мышцы. Пассивная жесткость при этом увеличилась на 40 % относительно контрольных значений. Введение L-NAME нивелировало эффект опорной стимуляции. Содержание цитоскелетных белков ( $\alpha$ -актинин-2,  $\alpha$ -актинин-3, десмин, титин, небулин) снизилось после 7-суточного вывешивания, и это снижение предотвращалось с помощью опорной стимуляции в NO-зависимой манере. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что опорная стимуляция способна поддерживать механические характеристики постуральной камбаловидной мышцы в условиях разгрузки. А эффекты опорной стимуляции реализуются через оксид азота.

*Работа поддержана грантом РФФИ # 17-29-01029 и Базовой программой исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН.*

# ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ $\alpha$ 1S-СУБЪЕДИНИЦЫ $Ca^{2+}$ КАНАЛОВ L-ТИПА В M.SOLEUS И M. EDL КРЫС ПОСЛЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ НА ФОНЕ ХОЛОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**Тяпкина О.В.**

Казанский институт биохимии и биофизики – ФГБУ «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань

E-mail: anti-toxin@mail.ru

Холодовое воздействие рассматривается как перспективный метод противодействия развитию негативных структурно-функциональных изменений в скелетных мышцах в ответ на снижение функциональных нагрузок (Deng et al., 2015). В то же время эффекты продолжительного холодового воздействия на мышцы у млекопитающих изучены недостаточно. Целью настоящей работы явилось исследование интенсивности флуоресценции  $\alpha$ 1S-субъединице  $Ca^{2+}$  канала L-типа в мышцах разного функционального профиля. Эксперименты были выполнены на половозрелых самцах крыс линии Wistar ( $n = 18$ ; масса  $178 \pm 39$  гр), разделенных на 4 группы: 1) «Контроль» – стандартные условия вивария ( $n = 6$ ;  $t$  окружающей среды  $20-21^{\circ}C$ ); 2) «АОВ» – антиортостатического вывешивания задних конечностей в течение 14 суток ( $n = 4$ ;  $t$  окружающей среды  $20-21^{\circ}C$ ); 3) «Холод» – пониженная температура окружающей среды в течение 14 суток ( $n = 4$ ;  $t$  окружающей среды от  $0$  до  $+4^{\circ}C$ ); 4) «АОВ+холод» – антиортостатическое вывешивание задних конечностей в течение 14 суток при пониженной температуре окружающей среды ( $n = 4$ ;  $t$  от  $0$  до  $+4^{\circ}C$ ). Животных контрольной и подопытных групп под глубоким эфирным наркозом декапитировали и проводили экстирпацию мышц *m. soleus* и *m. EDL*, которые фиксировали в растворе забуференного 4 % параформальдегида ( $pH = 7,2$ ). Криостатные продольные срезы (9 мкм) окрашивали первичными антителами к  $\alpha$ 1S-субъединице  $Ca^{2+}$  канала L-типа в течении 12 часов при температуре  $+4^{\circ}C$  (1:400, коза, поли-; Santa Cruz Biotechnology, INC.) и вторичными (ослиные против козы, конъюгированные с флуорохромом Alexa488, 1:1000, Invitrogen). Изображения микропрепаратов получали на микроскопе Leica TCS SP5 MP (Германия). Оцифрованные изображения поперечных срезов мышц анализировали в программе

ImageJ (NIH, США). Для статистической обработки результатов экспериментов использовали непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Установлено, что при окрашивании продольных срезов антителами к  $\alpha 1S$ -субъединице  $Ca^{2+}$  канала L-типа, средние значения интенсивности флуоресценции в *m. soleus* крыс «контрольной» группы составили  $31,2 \pm 0,2$  о.е., группы 14 суток АОВ –  $48,0 \pm 1,6$  о.е., в группе после 14 суточного пребывания в холоде –  $45,3 \pm 0,9$  о.е., в группе АОВ 14 суток на фоне холодового воздействия –  $35,5 \pm 2,3$  о.е. В препаратах *m. EDL* окрашенных антителами к  $\alpha 1S$ -субъединице  $Ca^{2+}$  канала L-типа интенсивность флуоресценции «контрольной» группы составила  $25,6 \pm 1,3$  о.е., в группе после 14 суток АОВ –  $43,1 \pm 1,5$  о.е., в группе после 14-суточного пребывания в холоде –  $42,9 \pm 2,5$  о.е. и в группе АОВ 14 суток на фоне холодового воздействия –  $27,6 \pm 0,5$  о.е. Таким образом, холодовое воздействие в *m. soleus* и в *m. EDL* уменьшает экспрессию  $\alpha 1S$ -субъединицы потенциалзависимых  $Ca^{2+}$  каналов L-типа у крыс, находящихся в условиях 14-суточного АОВ.

## ГЕН МЫШЕЧНОГО ТОНУСА. МЕХАНИЗМЫ ЕГО ЭКСПРЕССИИ В ИНАКТИВИРОВАННОЙ МЫШЦЕ

*Шенкман Б.С., Шарло К.А.*

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

E-mail: bshenkman@mail.ru

Функция поддержания вертикальной стойки по представлениям школы профессора И.Б. Козловской обеспечиваются тонической мышечной системой. Под термином «тоническая система» И.Б. Козловская понимала все структуры и регуляторные механизмы, способные длительное время поддерживать базальное механическое напряжение (тонус). У млекопитающих к тонической системе она относил медленные волокна с преобладающей экспрессией медленной изоформы тяжелых цепей миозина типа I ( $\beta$ ) – МуНС I( $\beta$ ) и все контролирующие их нервные механизмы. Понятно, что от интенсивности экспрессии медленного миозина зависит способность мышцы длительно поддерживать тоническое напряжение. Поэтому не будет большим преувеличением, если мы назовем ген медленного миозина *myh7* истинным геном мышечного тонуса. Мы очень мало знаем о механизмах снижения экспрессии МуНС I( $\beta$ ) при снижении сократительной активности мышцы. Этот феномен наблюдали после экспозиции в реальной невесомости, после постельной гипокинезии (*bedrest*), «сухой» иммерсии, а также при использовании стандартной модели вывешивания задних конечностей грызунов. Данные, представленные в докладе, свидетельствуют о том, что постоянная экспрессия медленного миозина контролируется тонической активностью и, в свою очередь является необходимым условием поддержания такой активности. Когда такая активность значительно снижается или прекращается, то исчезают метаболические и механические стимулы, запускающие сигнальные пути, обеспечивающие экспрессию гена *myh7*. Среди таких стимулов можно выделить соотношение фосфорилированных и нефосфорилированных пуриновых нуклеотидов (АМФ/АТФ), продукция оксида азота, концентрация ионов кальция. Эти и другие стимулы (включая механические раздражители) запускают или ингибируют работу сигнальных каскадов, регулирующих ядерный траффик и транскрипционную активность транскрипционных факторов, контролирующих экспрессию гена медленного миозина (NFATc1, HDAC4, MEF2D, MRF, SOX6 и др.). Интересно, что

работа этих сигнальных каскадов приурочена к разным срокам разгрузки, причем работа одного каскада инициирует запуск следующего. В результате этих сложных и не до конца понятных процессов часть медленных волокон претерпевает глубокие фенотипические изменения, превращаясь в волокна быстрого типа. Таким образом, мы имеем редкую возможность наблюдать, как изменения механической активности, влияя на экспрессию ключевого гена (и его кооперацию), преобразуют целостную структуру мышечного волокна.

*Работа поддержана грантом Российского научного Фонда 18-15-00107.*

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ  
МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ  
К ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**



## **ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И КОНДИЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КОНСТИТУЦИИ**

***Али Хасан Исмаил (Бергман), Захарьева Н.Н.***

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодёжи и туризма, Москва

E-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru

Цель исследования: определить особенности функционального состояния и кондиционных качеств юных квалифицированных футболистов с различными типами конституции по Хит - Картеру. Обследовано 16 юных квалифицированных футболистов-мужчин. Средний возраст  $16,14 \pm 0,5$  лет. Стаж занятий футболом в среднем составил  $4,46 \pm 0,08$  лет. Юные спортсмены обследованы по обширной программе: 1. анкетирование и беседы; 2. классическая антропометрия и рассчитанные на основе измерительных показателей обобщенные характеристики – компоненты соматотипа по Хит-Картеру (эндо-, мезо-, эктоморфия); 3. психофизиологическое тестирование – 10 тестов ИВПС2.1. (Ю.В. Корякина с соавт. (2001–2003) С.В. Ногин с соавт. (2003)), 4. стабилметрический тест «Мишень», на стабиллоплатформе «Стабилан 01-02» (ЗАО ОКБ «РИТМ»), стойка европейская, физическая работоспособность – тест PWC170. У юных футболистов установлен полиморфизм типов конституции и типологических особенностей вертикальной устойчивости, психофизиологических характеристик на простые и сложные раздражители, оценивающие пространственно – временные характеристики центральной нервной системы. Лучшими по скорости и точности рефлекторных ответов на простые и сложные стимулы и показателю качеству функций равновесия в стабилметрическом тесте «Мишень» являются нападающие.

## **ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФУТБОЛИСТОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМ ИГРОВЫМ АМПЛУА**

**Алхаким Алаа, Захарьева Н.Н.**

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru

Обследовано 17 футболистов высокой квалификации; средний возраст  $18,54 \pm 0,9$  лет; стаж занятий футболом  $12,46 \pm 1,08$  лет. Спортсмены регулярно тренируются в Спорт Академ. клубе города Москвы. По игровому амплуа выделены 4 группы (g): g1 -защитники, g2 -полузащитники, g3 –нападающие и g4 – вратари. В программе ИВПС 2.1 (Ю.В. Корякина (2001–2003) и В.А. Ногин (2003) по результатам выполнения теппинг – теста оценивалась косвенно умственная работоспособность футболистов, сила/слабость условного возбуждения/торможения в ЦНС, уравновешенность, подвижность нервных процессов. У игроков g1 и g4 по данным теппинг – теста отмечены сильные типы нервной системы, что говорит о выраженной функциональной активности нервной системы и балансе между активацией и торможением в регуляции. У полузащитников и нападающих – средне слабые и слабые типы нервной системы, что говорит о неуравновешенности процессов возбуждения и торможения в нервной системе. Максимальная выраженность межгрупповых отличий в 4 группах сравнения отмечена в тестах: «Реакция на движущийся объект»; «Величины ошибок, допущенных при воспроизведении временного интервала, заполненных звуковым стимулом» (% по модулю) и в тесте «Величины ошибок, допущенных при оценивании углов (% по модулю)»:  $g4 < g1 < g3 < g2$  ( $p < 0,05$ ). Физическая работоспособность футболистов оценена по результатам теста PWC170. Максимальное значение показателя отн. PWC170 отмечено в g4 – 27,91 кгм/мин/кг и g1 – 26,98 кгм/мин/кг, где выявлены сильные корреляционные связи показателей теппинг-теста ( $r = 0,7$ ) на 2–й и 8–й попытках. Полузащитники имеют показатель отн. PWC170 – 24,54 кгм/мин/кг. Самое низкое значение показателя физической работоспособности теста PWC170 отмечено у нападающих –  $23,8 \pm 1,59$  кгм/мин/кг.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА ПРИ НАКЛОНАХ КОРПУСА**

***Бекеров И.Д.<sup>1</sup>, Кручинина А.П.<sup>1</sup>, Хорошун А.А.<sup>2</sup>, Цатурян А.К., Кручинин П.А.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup>ООО «Медицинский центр Столица», Москва

E-mail: [pkruich@mech.math.msu.su](mailto:pkruich@mech.math.msu.su)

Модель сокращения мышечного волокна, разработанная в Институте механики МГУ, применена для описания работы скелетных мышц при наклонах корпуса человека. Модель учитывает, что мышечные усилия создаются миозиновыми мостиками, взаимодействующими с актиновыми нитями в миофибрилах мышц. Входом модели является скорость притока ионов кальция в мышечные клетки, которая предполагается пропорциональной потенциалу мотонейронов. Описание усилия мышцы в целом использует осреднение по ансамблю двигательных единиц.

Для верификации модели использованы результаты обследования, при котором человек совершал наклоны за счет изменения угла в голеностопном суставе, во время которых были одновременно записаны показания стабиланализатора и миограммы икроножной, камбаловидной и передней большеберцовой мышцы.

В качестве входа модели использовали осредненные сигналы миограмм. Численное интегрирование позволило оценить величину угла наклона тела человека. Были подобраны параметры модели сокращения мышцы, обеспечивающие наименьшее расхождение расчётных и опытных данных.

## **БИЛАТЕРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СТАБИЛОГРАФИЯ В СПОРТЕ –ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

***Бердичевская Е.М.***

Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма, Краснодар

E-mail: emberd@mail.ru

Представлено обобщение многолетнего опыта использования билатеральной компьютерной стабиллографии для оценки постуральной устойчивости в спорте. Поскольку, начиная с 1994 г., наши исследования посвящены различным проявлениям двигательных асимметрий в спорте, это позволило увидеть перспективу билатерального анализа особенностей постурального контроля у высококвалифицированных представителей ряда видов спорта и в связи с этим приобрести в 2010 г. на средства гранта РФФИ двухплатформенный компьютерный стабиллоанализатор «Стабилан - 01» с соответствующим программно-методическим обеспечением стабиллографического комплекса StabMed2 (ОКБ «Ритм», г. Таганрог). Наличие двух платформ дает возможность их перемещать относительно друг друга и тем самым моделировать и, соответственно, изучать особенности постуральной устойчивости в стойках, специальных для избранных видов спорта. Это особенно важно для тех видов спорта, где существуют четко очерченные требования к асимметричности исходной стойки и выбору так называемой «удобной» стойки, стационарной для всей спортивной карьеры (например, у гребцов на каноэ, элитных стрелков из пневматической винтовки, высококвалифицированных борцов – «право-» и «левостоечников», боксеров и мн.др.). Кроме того, билатеральная стабиллография позволяет осуществлять дифференцированную оценку вклада правой и левой опоры в целостную постуральную «картину». Показано, что важным фактором адаптивных перестроек билатеральной постуральной регуляции является специфика технико-тактических требований в стереотипном либо в ситуационном виде спорта. Рассматриваются перспективы дальнейшего использования билатеральной стабиллографии в спорте.

## ДИНАМИКА ПЕРЕСТРОЙКИ БАРОРЕФЛЕКСА ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

**Боровик А.С.<sup>1</sup>, Негуляев В.О.<sup>1,2</sup>, Тарасова О.С.<sup>1,2</sup>,  
Виноградова О.Л.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

E-mail: asbor@mail.ru

Известно, что при вертикализации тела происходит усиление кардиотропной активности барорефлекса. Для оценки динамических характеристик этого процесса в данной работе использовали «динамическую» ортопробу – повторяющиеся повороты ортостола в вертикальное положение и обратно. Во время такой ортопробы непрерывно регистрировали ЭКГ для последующего вычисления ЧСС (PneumoCard, МКС, Россия), артериальное давление и ударный объем (Finometer, Finapres Medical System, Нидерланды), частоту дыхания (назальный термисторный датчик) и угол поворота ортостола, который использовался для синхронизации при усреднении эпизодов записи, относящихся к разным положениям тела. Барорефлекторную активность оценивали по фазовой синхронизации спонтанных колебаний АД и ЧСС в частотном диапазоне барорефлекторных волн, фазы колебаний определяли с использованием комплексного вэйвлет-преобразования. В качестве количественной меры степени синхронизации использовали индекс фазовой синхронизации (ИФС), вычисляемый по гистограмме распределения разности фаз. В эксперименте принимали участие 13 молодых здоровых мужчин. Для предварительной оценки времени перестройки барорефлекса проводилась серия динамических ортопроб с периодами «качаний» 24, 12, 6, 4 и 2 мин. Показано, что при уменьшении периода происходит уменьшение ИФС, статистически значимое снижение наблюдалось при периодах 4 и 2 мин. Более подробно (группа испытуемых увеличена до 19 человек) исследовали динамику перестройки барорефлекса при ортопробе с периодом 6 мин. Показано, что перестройка барорефлекса при переходе в вертикальное положение происходит достаточно медленно, в течение 1–2 мин.

*Работа выполнена по плану фундаментальных исследований ГНЦ РФ- ИМБП РАН и при поддержке гранта РФФИ 17-04-01943.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ АДАПТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ**

***Васенина В.Г.<sup>1</sup>, Рыболовлев А.А.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

<sup>2</sup>Центр подготовки спортсменов на базе ФБГУ ГНЦ ФМБА им. Бурназяна ФМБА России, Москва

E-mail: VaseninaV@yandex.ru

В работе представлены данные по исследованию прогностических методов оценки физической работоспособности (показатели физической работоспособности, при выполнении нагрузочного теста на велоэргометре до отказа и пяти минутной кардиоинтервалографии до нагрузочного тестирования) для текущего контроля адаптивных процессов лыжников гонщиков, полученных в результате углубленного медицинского обследования, для коррекции тренировочного процесса.

Ключевые слова: прогностические методы, физическая работоспособность, кардиоинтервалография, спортивный результат.

Рост спортивных результатов тесно связан с возможностями организма, с расширением границ функционирования, задействованных в тренировочном процессе органов, систем и всего организма. Расширение границ функционирования не происходит без оптимального физиологического приспособления организма к спортивной деятельности и соответствующего изменения показателей протекающих в организме процессов. Расширение границ происходит с учетом физиологических резервов спортсмена. М.П. Бресткин дал такое определение физиологическому резерву, как «выработанную в процессе эволюции адаптационную и компенсаторную способность организма усиливать во много раз интенсивность своей деятельности по сравнению с состоянием покоя»

В настоящее время экономизация функций организма в состоянии покоя и максимальная мобилизация их при нагрузке оценивается как повышение работоспособности спортсмена и достижение высоких спортивных результатов. Исследования в этой области дают важную информацию для оценки функциональных резервов организма, адаптивных возможностей и прогноза его успешности.

По данным variability сердечного ритма были определены показатели вегетативной нервной системы (симпатического и парасимпатического отделов). Полученные данные позволяют моделировать нагрузку с целью коррекции тренировочной программы. Следует учитывать, что модель прогнозирования работает в рамках лабораторного тестирования для данной группы испытуемых, поэтому в других условиях могут быть некоторые изменения включаемых в модель факторов. Данные исследования могут помочь в корректировке нагрузочных тестов.

## **СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ СПОРТСМЕНОВ**

***Городничев Р.М., Шляхтов В.Н.***

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: gorodnichev@vlgafo.ru

В работе выявлялись возможности развития силы, выносливости и координационных способностей спортсменов с помощью электромагнитных и электрических воздействий на спинной мозг. Исследования проведены на 48 спортсменах, тренировочный процесс которых направлен на повышение уровня вышеназванных физических качеств. Стимуляция спинного мозга предшествовала физическим нагрузкам или наносилась в ходе их выполнения. У испытуемых регистрировались кинематические и электромиографические параметры при выполнении различных двигательных моделей и выявлялись особенности мышечных ответов, вызываемых электромагнитной стимуляцией моторной зоны коры головного мозга, электрической стимуляцией спинного мозга и периферических нервов. Установлено, что электромагнитная стимуляция, наносимая на спинной мозг предварительно до выполнения мышечных нагрузок, наиболее эффективна для развития силовых возможностей спортсменов. Электрическая стимуляция поясничного отдела спинного мозга непосредственно при выполнении спортивных двигательных действий может быть использована для развития мышечной выносливости и координационных способностей спортсменов. Улучшение указанных физических качеств во многом определяется повышением возбудимости нейрональных структур спинного мозга и рациональным проявлением тормозных процессов в различных структурах моторной системы.

## **ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ**

*Денисенко Ю.П.<sup>1</sup>, Валинуров Р.Р.<sup>1</sup>, Парамонова Д.Б.<sup>1</sup>, Яценко Л.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Набережночелнинский государственный педагогический университет,  
Набережные Челны

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна, Санкт-Петербург

E-mail: yprof@yandex.ru

Проблема обеспечения эффективной подготовки спортсменов в экстремальных условиях деятельности и создания функциональных предпосылок сохранения здоровья становится всё более актуальной. В последнее время среди нетрадиционных средств воздействия на функциональное состояние организма человека пристальное внимание уделяется методикам миорелаксации. Значение функции расслабления мышц в спортивной и трудовой деятельности человека трудно переоценить. Нами проведены многолетние исследования, доказывающие ведущую роль тормозных систем центральной нервной системы и скорости произвольного расслабления скелетных мышц в важнейших проявлениях жизнедеятельности целостного организма: в механизмах срочной и долговременной адаптации к большим физическим, гипоксическим и гипертермическим нагрузкам; в механизмах специальной физической работоспособности (СФР); в механизмах перенапряжений, травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата. В проведенных нами сериях экспериментов, в которых участвовали спортсмены различной квалификации и разных специализаций, была установлена прямая высоко достоверная зависимость специальной физической работоспособности и, естественно, спортивных результатов от скорости произвольного расслабления скелетных мышц. Перечисленные факты, на наш взгляд, достаточно значимы для понимания той важной роли, которую играет миорелаксация в росте СФР во всех видах спортивной деятельности.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПОРТСМЕНОВ**

*Денисенко Ю.П.<sup>1</sup>, Валинуров Р.Р.<sup>1</sup>, Яценко Л.Г.<sup>2</sup>, Андрущишин И.Ф.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Набережночелнинский государственный педагогический университет, Набережные Челны

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург

<sup>3</sup>Казахская академия спорта и туризма, Алматы, Казахстан

E-mail: yprof@yandex.ru

Целью наших многолетних комплексных исследований было изучение приспособительных реакций и механизмов, используемых организмом для защиты от физических перенапряжений в спорте. Установлено, что в условиях напряженной мышечной деятельности поддержание высокого уровня физической работоспособности и противодействие повреждениям организма обеспечивает особый комплекс приспособительных реакций- неспецифическая тормозно-релаксационная функциональная системы срочной адаптации и защиты (ТРФСЗ) организма от экстремальных воздействий больших физических, гипоксических и гипертермических нагрузок. Принцип работы ТРФСЗ состоит в следующем. На фоне гипоксии и нарушений гомеостаза (системообразующие факторы) при интенсивных физических нагрузках активизируются тормозные процессы и снижается возбудимость центральной нервной системы, нормализуется процесс расслабления и существенно повышается скорость произвольного расслабления. Этот комплекс реакций, объединенных сложными внутри- и межсистемными взаимоотношениями в единую ТРФСЗ, затрагивают все иерархические уровни организации целостного организма. При активации ТРФСЗ снижается психоэмоциональная напряженность и гипертонус мышц; улучшается регуляция и координация движений; появляется альтернирующий ритм активности мышц-антагонистов; улучшается кровоснабжение работающих мышц и энергообеспечение мышечной деятельности; повышается экономичность энерготрат и скорость восстановления энергетических ресурсов.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ**

*Доможилова А.А.*

Национальный государственный университет физической культуры,  
спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург

E-mail: a.domozhilova@lesgaft.spb.ru

Цель исследования – оценка микроциркуляции у лыжников-гонщиков в покое и при проведении функциональных проб.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие квалифицированные лыжники-гонщики ( $n = 9$ ) и здоровые нетренированные добровольцы ( $n = 10$ ), у которых с помощью высокочастотного ультразвукового доплерографа «Минимакс–Допплер К» регистрировали среднюю линейную скорость по сечению сосуда ( $V_{am}$ , см/с) в состоянии покоя и при проведении двух тестирующих воздействий: пробы с задержкой дыхания и окклюзионной пробы.

Результаты исследования. В состоянии покоя скорость кровотока была сопоставима у спортсменов и здоровых нетренированных испытуемых. В контрольной группе задержка дыхания вызывала снижение скорости кровотока на 39,8 %, а после восстановления дыхания наблюдался ее прирост на 69,6 % ( $p < 0,05$ ). У лыжников-гонщиков регистрировалась сходная направленность изменений рассматриваемого показателя микроциркуляции: снижение  $V_{am}$  на 12,6 % в первой фазе и увеличение на 7,8 % в постгиповентиляционный период. При проведении окклюзионной пробы у здоровых нетренированных испытуемых регистрировался максимальный прирост показателя  $V_{am}$  на первой минуте после декомпрессии (53,4 %,  $p < 0,05$ ), а у спортсменов на тридцатой секунде (73,2 %,  $p < 0,05$ ).

Выводы. У лыжников-гонщиков проведение окклюзионной пробы вызывало выраженный прирост исследуемого показателя микроциркуляции, в то время как выполнение дыхательной пробы было ассоциировано с незначительными изменениями скорости кровотока.

## **ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТАНЦОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ**

***Захарьева Н.Н., Коняев И.Д.***

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru

Цель работы: выявить половые различия психофизиологических характеристик танцоров высокой квалификации с различным психоэмоциональным напряжением. Обследовано 96 танцоров высокой квалификации, распределенных по психоэмоциональному напряжению (ПЭН) на 3 группы: g1 – низкий уровень (n = 40; муж. – 24 чел. и жен. – 16 чел.); g2 – средний уровень (n = 39; муж – 19 чел. и жен. – 20 чел.); g3 – высокий уровень (n = 17; муж – 7 чел. и жен. – 10 чел.). В тесте Дж. Тейлора в g1 и g3 отмечены большие значения у партнеров ( $p > 0,01$ ). В тестах «Реакция на звук» (с) и «Реакция на движущийся объект» более оперативны партнерши в g1 и g3 ( $p < 0,001$ ) и ( $p > 0,05$ ); в g2 – партнеры ( $p < 0,01$ ). В тесте «Индивидуальная минута» достоверные отличия выявлены у партнеров в g2 и g3 ( $p < 0,01$ ). Танцоры g3 имеют самую низкую спортивную результативность на соревнованиях в группах сравнения. Партнеры g3 отмечают самое максимальное время «Реакция на свет», самое минимальное время в тестах: «Реакция на звук», «Реакции на движущийся объект», «Реакции выбора» и времени «Индивидуальной минуты» в группах сравнения. Партнерши g3 имеют самое высокое значение баллов в тесте Дж. Тейлора, самое минимальное время «Реакция на свет». По результатам соревнований лучшие достижения отмечены в g2, где одинаковые значения баллов партнеров и партнерш в тесте Дж. Тейлора, более оперативная реакция партнеров на световой и звуковой раздражитель, максимально быстрая реакция выбора у партнерш и самое минимальное время индивидуальной минуты партнеров.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ АППАРАТУРЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИХ И МИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СПОРТЕ**

***Иванов С.М.***

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: [ivanov@vlgafc.ru](mailto:ivanov@vlgafc.ru)

Введение. Большое значение при проведении стабิโลграфических и электромиографических исследований в спорте имеет синхронизация времени начала работы приборов при их совместном использовании и точная отметка на временной шкале событий, происходящих в процессе исследования. Это даёт возможность объективного анализа и интерпретации данных с разных приборов. Синхронизация и расстановка отметок событий в процессе исследования «вручную» не могут обеспечить приемлемую точность, особенно если длительность исследуемого процесса составляет 1–2 секунды.

Описание устройства. Разработанное нами устройство «Контакт-1», позволяет наносить отметки на временную шкалу момента воздействия на испытуемого внешней силы при регистрации электромиограммы и стабิโลграммы в полевых и лабораторных условиях. Установленный в прибор механический датчик нажатия, соединенный с радиопередатчиком (2.4 ГГц), позволяет передавать в компьютер точную временную отметку о воздействии на испытуемого внешней силы. Датчик имеет три варианта исполнения: крепление на плечо (для приложения внешней силы к плечу), жесткая пластина с ручками для удержания в руках (для нанесения ударов по пластине), мягкая пластина с ручками (для толкания спортсмена).

Вывод. Таким образом, прибор «Контакт-1» обеспечивает нанесение на временную шкалу записи стабิโลграммы или электромиограммы точной отметки момента воздействия внешней силы на испытуемого, что позволяет объективно интерпретировать полученные данные.

## **ВЛИЯНИЕ «ПРИНУДИТЕЛЬНОГО» БЕГА В ТРЕДБАНЕ НА ПОВРЕЖДЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА, ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИШЕМИЕЙ-РЕПЕРFUЗИЕЙ У КРЫС**

**Комкова О.П.**

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

E-mail: olkomkova@yandex.ru

Задача исследования заключалась в изучении влияния «принудительного» бега в тредбане на повреждения слизистой оболочки желудка (СОЖ), индуцированные ишемией-реперфузией (ИР) у крыс. ИР создавали путем пережатия чревной артерии (30 мин) с последующей 3 ч реперфузией у наркотизированных крыс. «Принудительный» бег (15 мин/день, 15 см/сек) осуществляли в режиме прекондиционирования по следующим схемам: 1) однократный бег перед предъявлением ulcerогенного стимула (ИР); 2) ежедневный бег в течение 4 дней, предшествующих эксперименту, но в день эксперимента (5-й день) перед ИР животные не бежали; 3) ежедневный бег в течение 5 дней перед ИР. После завершения последней тренировки, животные были наркотизированы и подвергались ИР. Контрольная группа крыс не бежала, но также подвергалась ИР. ИР желудка приводила к образованию эрозивных повреждений в СОЖ. Однократный бег в тредбане не оказывал значимого влияния на повреждения СОЖ, вызванные ИР. В то же время ежедневный бег в течение 5 дней, непосредственно перед предъявлением ulcerогенного стимула, вызывал снижение средней площади эрозий в желудке (гастропротективный эффект). Отсутствие бега перед предъявлением ulcerогенного стимула в день эксперимента устраняло гастропротективное действие ежедневного бега. Таким образом, ежедневный бег в тредбане оказывает гастропротективный эффект при ИР желудка, если применяется непосредственно перед действием ulcerогенного стимула.

*Исследование поддержано грантом РНФ № 19-15-00430.*

## ОТЛИЧИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ТОПОВЫХ СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ САМБО И СПОРТИВНЫМИ ТАНЦАМИ

*Малиева Е.И., Захарьева Н.Н.*

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: elena.malieva13@gmail.com

Обследовано 6 топовых танцоров (3 мужчины и 3 женщины, полуфиналисты, финалисты Чемпионата Мира, МС, КМС) и 6 самбистов (3 мужчины и 3 женщины, КМС, МС, МСМК, призеры, чемпионы престижных соревнований). Возраст танцоров  $20,2 \pm 0,4$ , тренировочный стаж –  $12,2 \pm 3,1$ , количество тренировочных часов –  $23,3 \pm 10,3$ . Возраст самбистов –  $19 \pm 2,1$ , тренировочный стаж –  $11,8 \pm 1,9$ , количество тренировочных часов –  $13,2 \pm 4,5$ . Для оценки устойчивости использовали стабиллографический тест «Мишень», прибор «Стабилан 1-02». Выявлена достоверность отличий ( $p < 0,05$ ) между двумя группами спортсменов по параметрам разброса по фронтالي ( $Q(x)$  танцоров –  $1,62 \pm 0,54$ , самбистов –  $2,61 \pm 8$ ) и сагиттали ( $Q(y)$  танцоров –  $2,24 \pm 0,6$ , самбистов –  $3,07 \pm 0,6$ ) в мм, среднего разброса ( $R$  танцоров –  $2,41 \pm 0,64$ , самбистов –  $3,53 \pm 0,87$ ) в мм. Параметры указывают на смещение центра давления (ЦД). Достоверность различий обнаружена по параметрам средней скорости перемещения ЦД ( $V$  танцоров –  $9,89 \pm 2,57$ , самбистов –  $12,57 \pm 2,57$ ) в мм/сек за 20 с, скорости изменения площади стадокинезиограммы ( $SV$  танцоров –  $7,9 \pm 4,14$ , самбистов –  $14,4 \pm 6,31$ ) в мм<sup>2</sup>/сек. Достоверность различий выявлена по показателю площади эллипса ( $Ells$  танцоров –  $54,62 \pm 28,27$ , самбистов –  $116,37 \pm 58,77$ ) в мм<sup>2</sup>, характеризующую площадь опоры человека. Увеличение всех показателей говорит об ухудшении устойчивости. Достоверность отличий обнаружена по векторному показателю качества функции равновесия (КФР танцоров –  $78,87 \pm 16$ , самбистов –  $69,92 \pm 8,76$ ) в %, чем выше значение, тем лучше спортсмен поддерживает равновесие.

## **ЭФФЕКТЫ ИНТЕНСИВНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК СЛОЖНО-КООРДИНАЦИОННОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В БОРЬБЕ САМБО НА РЕГУЛЯЦИЮ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ**

**Мельников А.А.<sup>1</sup>, Николаев Р.Ю.<sup>2</sup>, Подоляка О.Б.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

<sup>2</sup>Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева, Рыбинск

<sup>3</sup>Череповецкий государственный университет, Череповец

E-mail: meln1974@yandex.ru

Целью работы было проверить гипотезу, что активизация тренировочного процесса сложно-координационной направленности (в самбо) будет вызывать повышение устойчивости вертикальной позы, причём более выражено в более сложных условиях стояния. Обследованы группа самбистов ( $n = 9$ ) и студенты не спортсмены ( $n = 21$ ). Тренировочный 6-недельный мезоцикл включал: 1 неделя умеренных нагрузок, 2 недели средних нагрузок, 2 недели высоких нагрузок и 1 неделя легких нагрузок. Обследования проводились в конце каждого недельного микроцикла ( $n = 7$ ). Регуляцию позы оценивали с помощью стабилотрии в обычной стойке с открытыми (ОС-ОГ) и закрытыми глазами (ОС-ЗГ); в стойке на подвижной пресс-папье с ОГ (ПП-ОГ) и ЗГ (ПП-ЗГ). Функциональное состояние определяли по показателям: а) автономной регуляции ритма сердца в покое и б) реакции ЧСС на стандартную велоэргометрическую нагрузку (5 мин, 3 Вт/кг м.т.). Результаты. В процессе увеличения тренировочных нагрузок в мезоцикле повышалось функциональное состояние борцов. Не выявлено существенных изменений в устойчивости позы в ОС-ОГ и ОС-ЗГ. Однако в более сложных условиях стояния отмечено существенное снижение V-ОЦД в тестах ПП-ОГ (Anova  $p = 0.006$ ) и ПП-ЗГ (Anova  $p = 0,07$ ) по сравнению с динамикой показателей в контроле.

Таким образом, интенсификация сложно-координационной тренировки способствует росту эффективности управления вертикальной позой в сложных условиях стояния и не влияет на устойчивость позы в обычных условиях.

## **ГИПЕРТРОФИЯ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ И «СИЛОВЫХ» ВИДОВ СПОРТА**

**Миссина С.С., Крючков А.С., Дикунец М.А., Мякинченко Е.Б.**  
Федеральный научный центр физической культуры и спорта, Москва

E-mail: [smissina@yandex.ru](mailto:smissina@yandex.ru)

Цель: сравнить площадь поперечного сечения (ППС) мышечных волокон (МВ) I и II типов у тренированных спортсменов разных специализаций. Методы: в базах данных осуществлен поиск статей за период 1974–2020 гг. по ключевым словам, связанным с ППС МВ у спортсменов-мужчин старше 18 лет, средней и высокой квалификации. Найдена 41 статья с результатами 773 человек. Собранные данные разделены на 3 группы: в первую группу включены значения ППС МВ спортсменов ЦВС. В этой группе данные дополнительно разделены по признаку наиболее «нагружаемых» (на основе биомеханического и физиологического анализа) и менее нагружаемых, но таких же активных в основном соревновательном упражнении мышц; во вторую – нагружаемые мышцы спортсменов силовых и мощностных (штанга, бодибилдинг, прыжки, спринт) видов спорта (далее – «силовых»); в третью – нетренированный контроль из тех же исследований. Результаты: получено, что у спортсменов в силовых и ЦВС гипертрофия МВ II типа в нагружаемых мышцах не различается и составляет  $7,36 \pm 1,50$  и  $7,20 \pm 1,20 \mu\text{m}^2/1000$ , соответственно. ППС МВ I типа в «нагружаемых» мышцах у спортсменов ЦВС достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем у спортсменов, занимающихся силовыми видами спорта ( $6,30 \pm 1,00$  и  $5,48 \pm 0,80 \mu\text{m}^2/1000$ , соответственно). ППС МВ I типа в не нагружаемых мышцах в ЦВС не имели различий с силовыми видами спорта и контролем. Заключение: данные исследования могут подтверждать гипотезу, что механический стимул является одним из основных, приводящих к гипертрофии МВ.

## **ЧРЕСКОЖНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В БЕГЕ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ**

**Михайлова Е.А.**

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: Together-mm@yandex.ru

Целью работы являлось изучение влияния непрерывной электрической стимуляции спинного мозга на вегетативное обеспечение во время выполнения беговой нагрузки. В исследовании приняли участие 10 здоровых мужчин в возрасте 20–23 лет. Испытуемые выполняли бег с максимальной скоростью в течение 10 с на пассивном тредбане. Во время бега наносилась непрерывная двухуровневая чрескожная электрическая стимуляция на спинной мозг (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. Во время бега и в краткосрочном восстановительном периоде регистрировались: вентиляция легких (л/мин), потребление  $O_2$  (мл/мин), объем выделяемого  $CO_2$  (мл/мин), коэффициент газообмена (RER).

Во время беговой нагрузки с непрерывной стимуляцией потребление  $O_2$  было выше на 10,9 % ( $p < 0,05$ ), объем выделяемого  $CO_2$  превышал показатель контрольной попытки на 17,4 % ( $p < 0,05$ ). Пиковое значение RER, которое является надежным и точным маркером усилий конкретного человека при беге со стимуляцией было увеличено.

В ранний период восстановления после бега со стимуляцией исследуемые показатели превышали фоновые значения: потребление  $O_2$  на 6,4 % ( $p < 0,05$ ), вентиляция легких на 8,4 % ( $p < 0,05$ ), RER достиг величины 0,88. Таким образом, мощность выполняемой нагрузки под воздействием ЧЭССМ была выше, чем без стимуляции.

## **УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОСТЬЮ МЫШЦ У СПРИНТЕРОВ РАЗЛИЧНОЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ БЫСТРОМ БЕГЕ ПО ПРЯМОЙ И ВИРАЖУ**

***Пискунов И.В., Ершов В.Ю.***

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: [ivan-acdc@rambler.ru](mailto:ivan-acdc@rambler.ru)

К настоящему времени остаются малоизученными механизмы управления движениями при циклической мышечной активности, осуществляемой с максимальной скоростью и с изменением направления движения. В связи с этим у 16 спринтеров разной спортивной квалификации изучали особенности регуляции активности мышц при выполнении произвольных циклических движений с изменением их направления по данным электромиографии и 3D – видеоанализа.

Установлено, что характерным для спринтеров низкой и высокой квалификации при беге по виражу в сравнении с бегом по прямой является более короткая длительность двойного бегового шага и укорочение периода полета, обусловленные существенным снижением продолжительности электроактивности рабочих мышц. Обнаружено, что регуляция активности мышц, обеспечивающих реализацию бегового шага при быстром беге по прямой и виражу, зависит от уровня спортивного мастерства спринтеров. Для квалифицированных спринтеров характерна более значительная электрическая активность мышц при беге по виражу в сравнении с ее величиной, зарегистрированной в условиях бега по прямой, что обеспечивает высокую скорость преодоления виража и эффективное противодействие центробежной силе. У спринтеров низкой квалификации амплитуда ЭМГ-активности исследуемых мышц при беге по виражу аналогична таковой при беге по прямой и недостаточна для успешного противодействия центробежной силе.

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ВОСЬМИ БАЗИСНЫХ ДЕЙСТВИЯХ ЧЕЛОВЕКА

*Пляшкевич В.Л.*

Новосибирск

E-mail: vlp231247@yandex.ru

Мышечные движения руки человека организованы в паттерны для выполнения целесообразного Действия в отношении какого-либо предмета. Разные виды деятельности человека с помощью руки (рук) выполняются с помощью большого числа Действий, соответствующих восьми основным, базовым формам (Базисные Действия Человека, 2017, РИЦ «Новосибирск», 318 с.). Это Действия руки по перемещению предметов в пространстве в поле зрения, приближающие или отдаляющие предмет К или ОТ некоторой точки; соединяющие несколько предметов в одной точке или разделяющие их; объединяющие некоторое число предметов в один сложный предмет или разъединяющее предмет на составные части. А также Действия, разрушающие или сохраняющие созданный сложный предмет. Всего восемь **БАЗИСНЫХ ДЕЙСТВИЙ**: «Приблизить», «Удалить (Отдалить)», «Соединить», «Разделить», «Объединить», «Разъединить», «Разрушить», «Сохранить». Базисные Действия становятся общими правилами или архетипическими Действиями, в соответствии с которыми вырабатывается множество конкретных Действий руки в отношении реальных предметов. Конкретные Действия руки на предметы вырабатываются по правилам восьми Базисных Действий в процессе единого зрительного и проприоцептивного восприятия своего Действия субъектом. При этом в мозге формируется объект – Образ-Алгоритм, как механизм Действия руки на предмет. Сначала в возрасте ребёнка до 2,5 лет, когда ребенок еще не способен познавать предметы и их функций, Действия вырабатываются как СПОСОБЫ манипуляции руки предметом.

## **ВЛИЯНИЕ «ПРИНУДИТЕЛЬНОГО» БЕГА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА К УЛЬЦЕРОГЕННОМУ ДЕЙСТВИЮ ИНДОМЕТАЦИНА У КРЫС С ДИАБЕТОМ**

**Подвигина Т.Т., Комкова О.П.**

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

E-mail: tpodvigina@yandex.ru

Физическая активность (бег) уменьшает патологические изменения в организме, вызванные диабетом. Цель исследования состояла в изучении влияния бега в тредбане на чувствительность слизистой оболочки желудка (СОЖ) к ulcerогенному действию индометацина у крыс со streptozotocin (СТР) – индуцированным диабетом. Эксперименты проводили на крысах-самцах линии Спрейг-Доули. Были использованы два протокола бега: 1) крысы начинали бегать за 7 дней до введения СТР и бегали ежедневно с постепенным увеличением интенсивности и продолжительности бега (от 10 до 15 см/сек в течение 10-20 мин/день), через 7 дней им вводили СТР и после этого животные продолжали бегать еще неделю; 2) крысы начинали бегать за 1 ч до введения СТР и продолжали бегать ежедневно (15 см/сек, 20 мин/день) в течение 2 недель. Индометацин (35 мг/кг) вводили через 1 ч или 24 ч после завершения последней тренировки. Инициация бега за 7 дней до индукции диабета (введение СТР, 1-й протокол) уменьшала среднюю площадь ИМ-вызванных эрозий как у контрольных крыс без диабета, так и у крыс с диабетом. Инициация бега за 1 ч до введения СТР (2-й протокол) не влияла на чувствительность СОЖ к ulcerогенному действию ИМ ни в одной из групп. Таким образом, ежедневный бег в тредбане, начинающийся до индукции диабета СТР и продолжающийся после его развития, уменьшает чувствительность СОЖ к ulcerогенному действию индометацина у крыс с диабетом.

*Исследование поддержано грантом РФФ № 19-15-00430.*

## **НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ НА ПРИМЕРЕ ВЫСТРЕЛА ИЗ ЛУКА**

***Пухов А.М., Моисеев С.А., Иванов С.М.***

Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

E-mail: alexander-m-p@yandex.ru

Выстрел из лука представляет собой точностное двигательное действие, направленное на многократное попадание в цель. В управлении точностными движениями ведущая роль отводится афферентным системам, информирующим о результатах двигательных действий и о необходимости внесения корректирующих добавок в активность скелетных мышц при их выполнении.

В результате анализа электромиографической активности скелетных мышц спортсменов спортивной сборной команды России и регионов при выполнении выстрелов из лука были выявлены «ведущие мышцы» и установлены различия в их усилиях при выстрелах разной результативности. В зависимости от фазы выстрела управление мышечной активностью осуществлялось коррекционным или программным механизмами. Наблюдаемые коррекционные всплески активности на электромиограмме мышц свидетельствовали о нарушении техники выполнения выстрела. Вместе с тем, коррекционные взаимодействия мышц наблюдались как в системах агонист-антагонист, так и в мышцах-синергистах. Сопоставление вариативности мышечной активности и кинематических характеристик стрелков позволило заключить, что изменения межмышечного взаимодействия в процессе выполнения выстрела позволяют сохранять кинематические параметры движений и обеспечивать точность попаданий.

Полученные результаты о механизмах управления и взаимодействия скелетных мышц при выполнении точного выстрела позволили разработать подходы к оптимизации мышечного напряжения посредством методов срочной информации и биологической обратной связи.

## **АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И СИЛЫ РЕСПИРАТОРНЫХ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ**

***Сегизбаева М.О.***

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

E-mail: egizbaevamo@infran.ru

Проведено комплексное исследование показателей функции внешнего дыхания и максимального инспираторного (MIP) и экспираторного давления (MEP) у спортсменов, тренирующих выносливость или силу. Обследовано 36 спортсменов, занимающихся плаванием (n = 12), игровыми видами спорта (n = 12) и борьбой (n = 12), а также 14 сопоставимых по возрасту, полу и антропометрическим параметрам мужчин, не имеющих специальной физической подготовки. Наиболее выраженное превышение значений MIP и MEP, отражающих суммарную силу сокращений мышц вдоха или выдоха, а также динамических показателей функции внешнего дыхания наблюдалось у спортсменов-пловцов. Между максимальной силой дыхательных мышц и максимальной произвольной вентиляцией легких показана тесная корреляционная зависимость как в контрольной группе, так и в группе спортсменов-борцов. Слабая зависимость выявлена в группе представителей игровых видов спорта, а в группе пловцов эта зависимость была незначительной и недостоверной. Данные позволяют заключить, что динамические нагрузки у спортсменов, тренирующих выносливость и статические нагрузки у спортсменов, тренирующих силу, вызывают различные адаптивные изменения в системе внешнего дыхания. Дополнительная специальная тренировка дыхательной мускулатуры будет наиболее эффективна и полезна для спортсменов – представителей разных видов борьбы, а также игровых видов спорта, для повышения ее силы и выносливости. Соответственно, эффективность такой тренировки у спортсменов-пловцов высокой квалификации, по всей вероятности, будет низкой в связи с достижением определенных функциональных пределов.

# **АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ**

***Сергеева К.В., Тамбовцева Р.В.***

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: sergeeva\_xenia@mail.ru

Согласно классическим представлениям в регуляции силы сокращения мышцы используются три основных механизма: регуляция числа активных двигательных единиц (ДЕ), регуляция частоты их импульсации и синхронизация активности отдельных ДЕ во времени. Если неизменность и стереотипность порядка активации ДЕ в соответствии с размером их мотонейронов не вызывает сомнений, то механизмы, контролирующие скорость импульсации и синхронность ДЕ при произвольных сокращениях, остаются предметом споров до настоящего времени. В данной работе впервые с помощью рекуррентного количественного анализа данных поверхностной электромиографии (ЭМГ) проведена косвенная оценка синхронизации импульсной активности ДЕ четырехглавой мышцы бедра в эксцентрическом и концентрическом режимах мышечного сокращения при выполнении упражнения разгибание голени с интенсивностью 25, 50, 80 и 100 % от максимальной произвольной эксцентрической и концентрической силы (МПС). Установлено, что % детерминизма (% DET), являющегося чувствительным индексом, позволяющим обнаруживать синхронизацию ДЕ, снижался с ростом величины отягощения для обоих режимов мышечных сокращений ( $r = 0,9$  и  $0,8$  для эксцентрического и концентрического режима соответственно). Полученные нами данные согласуются с работами последних лет по изучению механизмов управления движениями и подтверждают тот факт, что с увеличением интенсивности сокращения синхронность работы ДЕ снижается.

## **ЭЭГ АКТИВНОСТЬ У СПОРТСМЕНОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОТОРНЫХ ЗАДАЧ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ**

*Сечин Д.И., Тамбовцева Р.В.*

Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

E-mail: dimasechin@gmail.com

Использование гипоксических факторов получило широкое распространение в спортивной подготовке, однако вопросы их влияния на функциональное состояние головного мозга при выполнении работы различного характера не раскрыты должным образом. С целью раскрытия данных вопросов, проведено экспериментальное исследование, в рамках которого испытуемые ( $n = 17$ ) выполняли стандартизированную умственную работу и подвергались 30-ти минутному воздействию нормобарической гипоксии (10 %  $O_2$ ). По результатам экспериментального исследования определено то, что после пребывания в гипоксических условиях у спортсменов снижаются показатели моторных функций в теппинг-тесте. ЭЭГ активность, зарегистрированная во время выполнения моторных задач, характеризуется отсутствием достоверных различий между показателями исходного и заключительного тестирования. Отмечена тенденция к повышению выраженности бета и гамма ритмов во время выполнения теппинг-теста после пребывания в гипоксических условиях по отношению к значениям полученным при исходном тестировании. Определено отсутствие зависимости изменений ЭЭГ активности от фактора избранной спортивной специализации.

## **ОСОБЕННОСТИ РЕКРУТИРОВАНИЯ МОНОСИНАПТИЧЕСКОГО Н-РЕФЛЕКСА ПОСЛЕ КУРСА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК**

***Шилов А.С., Бочаров М.И.***

Федеральный исследовательский центр Коми научный центр  
Уральского отделения РАН, Сыктывкар

E-mail: s.shilov@icloud.com, bocha48@mail.ru

Изучение влияния гипоксического фактора на регуляцию позы и локомоций является весьма актуальным на современном этапе развития физиологической науки. Исследование выполнено при участии мужчин 18–20 лет ( $n = 15$ ), проходивших курс интервальных гипоксических тренировок (ИГТ) в течение 14 суток. Исследуемые дышали гипоксической газовой смесью с содержанием кислорода 11,2 % от 30 до 50 минут по специально разработанному протоколу; суммарная гипоксическая нагрузка увеличивалась по мере прохождения ИГТ от 30 до 50 мин. Моносинаптический Н-рефлекс получали по стандартной методике с икроножной и камбаловидной мышц с использованием нейромышечного анализатора НМА- 4-01 «Нейромиан».

После 14 суток ИГТ выявлено значимое увеличение амплитуд М-ответов обеих мышц, что, вероятно, может указывать на усиление сократительных возможностей тонической и, в большей степени, тетанической мускулатуры сразу после курса ИГТ. Рефлекторная активация мотонейронных пулов икроножной и камбаловидной мышц у исследуемых характеризовалась увеличением амплитудных характеристик при рекрутировании Н-рефлексов пороговыми электрическими импульсами, при этом большие значения амплитуд сохранялись во всем диапазоне стимуляций заднего большеберцового нерва. Общее влияние ИГТ на рекрутирование Н-рефлексов постурально-тетанической мускулатуры может характеризоваться как модулирующее, что может косвенно подтверждаться изменениями чувствительности сенсорных входов исследуемых рефлекторных дуг.

## **ГАСТРОПРОТЕКТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ БЕГА ПРИ УЛЬЦЕРОГЕННОМ ДЕЙСТВИИ ИНДОМЕТАЦИНА: ВКЛАД ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ В ГАСТРОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ У КРЫС**

**Ярушкина Н.И., Комкова О.П., Филаретова Л.П.**

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

E-mail: yarushkinani@infran.ru

Стрессорное прекондиционирование повышает устойчивость слизистой оболочки желудка (СОЖ) к действию ulcerогенных стимулов. Глюкокортикоидные гормоны, продуцирующиеся при стрессе, являются гастропротективными факторами. Физическая активность (бег) является естественным стрессором, активирующим гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальную систему. Цель исследования состояла в изучении влияния бега на чувствительность СОЖ к ulcerогенному действию индометацина (ИМ, 35 мг/кг) и вклада глюкокортикоидных гормонов в реализацию выявленного гастропротективного действия бега у крыс. Бег осуществлялся однократно или повторно, как «добровольно» в колесе, так и «принудительно» на беговой дорожке. Бег сам по себе повышал уровень кортикостерона в плазме и уменьшал соматическую болевую чувствительность. «Добровольный» (2 ч/день) или умеренный «принудительный» бег (9 м/мин, 15 мин) вызывал гастропротективный эффект (уменьшал среднюю площадь ИМ-вызванных эрозий) только после ежедневных тренировок в течение 5 дней. В то же время интенсивный «принудительный» бег (15 м/мин, 30 мин) оказывал гастропротективный эффект уже при однократном воздействии. Введение ингибитора синтеза глюкокортикоидных гормонов метирапона устраняло гастропротективное действие интенсивного «принудительного» бега. Таким образом, глюкокортикоидные гормоны, продуцирующиеся при беге, могут вовлекаться в реализацию его гастропротективного эффекта при ulcerогенном действии ИМ.

*Исследование поддержано грантом РФФ № 19-15-00430.*

## **ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ К ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Яценко Л.Г.<sup>1</sup>, Денисенко Ю.П.<sup>2</sup>, Ахметов А.М.<sup>2</sup>, Гумеров Р.А.<sup>2</sup>,  
Селиверстова Н.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Набережночелнинский государственный педагогический университет, Набережные Челны

E-mail: yprof@yandex.ru

Проблемы устойчивости к физическим перегрузкам в экстремальных условиях спортивной деятельности относятся к числу наиболее актуальных проблем современной спортивной физиологии и медицины. Нами экспериментально доказано, что активизация релаксационных механизмов системы защиты (РМСЗ) организма обеспечивает возникновение эффекта экстренного повышения работоспособности. Установлено также, что по функциональной активности, или мощности РМСЗ, все испытуемые подразделяются по крайней мере на три типа (с высокой, средней и низкой) и что именно величина активности РМСЗ, оцениваемая по степени прироста в скорости произвольного расслабления мышц, предопределяет индивидуальный уровень устойчивости при срочной адаптации к физическим нагрузкам и другим факторам среды. При обобщении совокупности литературных и наших экспериментальных данных удалось определить главное стратегическое направление в решении проблемы повышения эффективности подготовки спортсменов – всестороннее совершенствование релаксационных характеристик мышц и целенаправленное формирование релаксационного типа долговременной адаптации. И как следствие – обосновать основные пути и принципы построения специальной релаксационной подготовки, направленной на повышение эффективности тренировочного процесса на всех этапах становления спортивного мастерства. Под эффективностью двигательной деятельности мы понимаем достижение наивысших уровней специальной физической работоспособности при полном сохранении и улучшении состояния.

# УДЕЛЬНАЯ ИНТЕНСИВНОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЗАТРАТ И СТРУКТУРА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТЫ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

**Козлов А.В.<sup>1,2</sup>, Сонькин В.Д.<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>Центр спортивных инновационных технологий и сборных команд Москомспорта, Россия, Москва

<sup>2</sup>Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма, Москва

<sup>3</sup>ФГБНУ Институт возрастной физиологии РАО, Россия, Москва

E-mail: 89165363085a@mail.ru, sonkin@mail.ru

Цель исследования – поиск пульсометрических индикаторов интенсивности и энергетической структуры физиологических затрат для определения направленности упражнения при выполнении циклической работы во всем доступном человеку диапазоне мощности.

9 спортсменов-велосипедистов (1 разряд, КМС,  $18,3 \pm 1,5$  лет, МПК –  $45,9 \pm 7,00$  мл/мин/кг), выполняли в разные дни серию велоэргометрических упражнений предельной мощности при фиксированной продолжительности 10, 30, 60, 120 и 360 с. По пульсовым суммам работы (ПСр) и восстановления (ПСв) рассчитаны: удельная интенсивность физиологических затрат ( $УИФЗ = (ПСр+ПСв)/\text{траб}/ЧСС_{\text{макс.}}$ ) и вклад анаэробных процессов в общее энергообеспечение упражнения ( $АНв = ПСв/(ПСр+ПСв)$ ). Пульсометрические показатели и аналогичные им газометрические тесно взаимосвязаны между собой ( $r_2 > 0,98$   $p < 0,01$ ). Разработана шкала УИФЗ для определения степени анаэробности упражнения и выделены диапазоны УИФЗ, оптимальные для развития мощности и емкости каждого из трех источников энергии.

Результаты исследования позволяют использовать предложенные пульсометрические показатели для определения интенсивности и структуры энергозатрат упражнения, и на этой основе – определения направленности и нормирования тренировочной нагрузки.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА.....	3
ТЕЗИСЫ.....	19

### ПЛЕНАРНЫЕ ЗАСЕДАНИЯ

TRAINING AND INACTIVITY IN THE ELDERLY: DOES AGING SET A LIMIT TO MUSCLE PLASTICITY? <i>Reggiani C.</i> .....	23
СТРАТЕГИИ И МЕХАНИЗМЫ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ПОСТУРАЛЬНЫХ И ЛОКОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ <i>Герасименко Ю.П.</i> .....	24
МИОЗИН В РАССЛАБЛЕННОЙ ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТОЙ МЫШЦЕ <i>Кубасова Н.А., Цатурян А.К.</i> .....	25

### ИНТЕГРАТИВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ПОЗЫ И ЛОКОМОЦИЙ

ВЛИЯНИЕ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ВОЗБУДИМОСТЬ НЕЙРОННЫХ СТРУКТУР ПОЯСНИЧНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА ПОСЛЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА <i>Ананьев С.С., Павлов Д.А., Якупов Р.Н., Айзатуллин И.Ф., Балыкин М.В.</i> .....	29
ПОСТУРАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ У ЛЮДЕЙ С РАЗНЫМИ ВЕДУЩИМИ МОДАЛЬНОСТЯМИ ПРИ ОРИЕНТАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ <i>Андреева И.Г., Тимофеева О.П., Гвоздева А.П., Боброва Е.В.</i> .....	30
ОБ ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ АКТИВАЦИИ МОТОНЕЙРОННЫХ ПУЛОВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОСРЕДСТВОМ НЕИНВАЗИВНОЙ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА <i>Барканов М.Г.</i> .....	31
ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ <i>Бикчентаева Л.М., Яфарова Г.Г., Яраева Л.Р., Балтина Т.В.</i> .....	32

ДИНАМИКА КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ЭЭГ-КОРРЕЛЯТОВ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСА ИМК+ЭКЗОСКЕЛЕТ В РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА	
<b>Бобров П.Д., Исаев М.Р., Керечанни Я.В., Курганская М.Е., Федотова И.Р.</b> .....	33
ТОЧНОСТЬ КЛАССИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ МОЗГА ПРИ ТРЕНИРОВКЕ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ КИСТЕЙ, СТОП И ЛОКОМОЦИИ, И ЕЕ СВЯЗИ С ЛИЧНОСТНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	
<b>Боброва Е.В., Решетникова В.В., Вершинина Е.А., Исаев М.А., Керечанин Я.А., Гришин А.А., Бобров П.Д., Герасименко Ю.П.</b> .....	34
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ МАТРИЦЫ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНОЙ СПИНАЛЬНОЙ МОДУЛЯЦИИ ЛОКОМОТОРНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ЧЕЛОВЕКА	
<b>Богачева И.Н., Щербакова Н.А., Савохин А.А., Гришин А.А., Герасименко Ю.П.</b> .....	35
ОСОБЕННОСТИ ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ Ia АФФЕРЕНТОВ ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ У ЧЕЛОВЕКА	
<b>Гладченко Д.А., Богданов С.М., Рощина Л.В., Челноков А.А.</b> .....	36
КИНЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕСТРОЙКИ В ЛОКОМОТОРНЫХ СТЕРЕОТИПАХ У ЗДОРОВЫХ ДЕТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ	
<b>Долганова Т.И., Попков Д.А., Долганов Д.В., Чибиров Г.М.</b> .....	37
ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ СПОСОБНОСТИ К РАССЛАБЛЕНИЮ МЫШЦ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ НОВОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА	
<b>Ивлева Е.С., Люкманов Р.Х., Котов-Смоленский А.М., Мельников А.А.</b> .....	38
НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ОПЕРАЦИОННЫХ ЛОКОМОТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭТОГО ПРОЦЕССА	
<b>Кондашевская М.В., Никольская К.А., Толченникова В.В.</b> .....	39
ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОЦЕНКАХ В СТАБИЛОМЕТРИИ	
<b>Кручинин П.А., Холмогорова Н.В.</b> .....	40
НЕЙРОМОДУЛЯЦИЯ И НЕЙРОРЕГЕНЕРАТИВНАЯ ТЕРАПИЯ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА	
<b>Лавров И.А.</b> .....	41
НЕЙРОИНТЕРФЕЙСЫ: РЕАБИЛИТАЦИЯ И РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ	
<b>Лебедев М.А.</b> .....	42

СИСТЕМА ВНУТРЕННЕГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И МОТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ <i>Левик Ю.С.</i> .....	43
АКТИВНОСТЬ МЫШЦ БЕДРА ПРИ ДВУНАПРАВЛЕННОЙ ХОДЬБЕ ДЕЦЕРЕБРИРОВАННОЙ КОШКИ <i>Ляховецкий В.А., Меркульева Н.С., Горский О.В., Мусиенко П.Е.</i> .....	44
ВНУТРИ- И МЕЖИНДИВИДУАЛЬНАЯ ВАРИАТИВНОСТЬ МЫШЕЧНЫХ СИНЕРГИЙ ПРИ ЛОКОМОЦИЯХ УМЕРЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ <i>Моисеев С.А.</i> .....	45
ПОКАЗАТЕЛИ ПОСТУРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА <i>Мошонкина Т.Р., Тимофеева О.П., Шандыбина Н.Д., Андреева И.Г.</i> .....	46
МОДУЛЯЦИЯ Н-РЕФЛЕКТОРНОЙ ВОЗБУДИМОСТИ ВО ВРЕМЯ РИТМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОЛЬНЫХ И ВЫЗВАННЫХ ДВИЖЕНИЙ РУКИ <i>Селионов В.А., Солопова И.А.</i> .....	47
НЕРВНО-МЫШЕЧНЫЙ ТОНУС: ПРЕДСТАВЛЕНИЯ «МОСКОВСКОЙ ШКОЛЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ» ОТ НИКОЛАЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА БЕРНШТЕЙНА ДО НАШИХ ДНЕЙ <i>Талис В.Л., Казенников О.В.</i> .....	48
ЭФФЕКТ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ НЕРЕЦИПРОКНОГО И ВОЗВРАТНОГО ТОРМОЖЕНИЯ МЫШЦ-СИНЕРГИСТОВ ГОЛЕНИ <i>Челноков А.А., Рощина Л.В., Гладченко Д.А., Городничев Р.М.</i> .....	49
БИПЕДАЛЬНАЯ ХОДЬБА ДЕЦЕРЕБРИРОВАННОЙ КОШКИ ПРИ ТРАНСВЕРТЕБРАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ <i>Шкорбатова П.Ю., Ляховецкий В.А., Горский О.В., Мусиенко П.Е.</i> .....	50
ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА И МЕХАНОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НОГ В КОРРЕКЦИИ МОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА <i>Якупов Р.Н., Ананьев С.С., Павлов Д.А., Голоднова В.А., Балыкин М.В.</i> .....	51

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ

- SPACEFLIGHT INDUCED EFFECT ON THE BRAIN OF SPACE CREW, AND THE  
POSSIBLE ROLE OF COUNTERMEASURES  
*Barisano G., Sepehrband F., Rukavishnikov I.V., Nosikova I.N.,  
Litvinova L., Ryabova A.M., Petrovichev V., Sinitsyn V.,  
Pechenkova E., Laureys S., Sijbers J., Jeurissen B., Sunaert S.,  
Parizel P., Jillings S., Collins H.R., Law M., Grishin A., Roberts D.,  
Tomilovskaya E.S., Wuyts F.L.* ..... 55
- INTEGRATED APPROACHES TO THE INVESTIGATION OF NEURO-  
CARDIOVASCULAR FUNCTIONS IN STANDING HUMANS IN SIMULATED  
MICROGRAVITY CONDITIONS  
*Mano T.* ..... 57
- EFFECTS OF AFFERENT NEURAL ACTIVITY IN THE ANTI-GRAVITY-RELATED  
REGULATION OF NEUROMUSCULAR PROPERTIES  
*Ohira T., Kawano F., Goto K., Ohira Y.* ..... 58
- ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ЖЕНЩИН ПОСЛЕ  
3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ  
*Абу Шели Н.М.А., Ермаков И.Ю., Шишкин Н.В.,  
Амирова Л.Е., Томиловская Е.С.* ..... 59
- ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ НЕКВАНТОВОГО АЦЕТИЛХОЛИНА  
ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ДЕМИЕЛИНИЗИРУЮЩЕЙ  
ПОЛИНЕВРОПАТИИ  
*Гавриченко А.В., Пасатецкая Н.А., Лопатина Е.В.,  
Соколова М.Г.* ..... 60
- ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА  
КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ ПРИ ПОСТГИПОГРАВИТАЦИОННОЙ  
РЕАДАПТАЦИИ: ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА  
*Еремеев А.А., Федянин А.О., Зайцева Т.Н.,  
Халилова Г.Ф., Балтина Т.В.* ..... 61
- СОДЕРЖАНИЕ ОКСИДА АЗОТА В ТКАНЯХ СЕРДЦА КРЫС, РАСТУЩИХ В  
УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ С 3-Х НЕДЕЛЬНОГО ВОЗРАСТА  
*Зарипова Р.И., Яфарова Г.Г., Андрианов В.В.,  
Гайнутдинов Х.Л., Зефиоров Т.Л.* ..... 62
- ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ НА КОРКОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ДВИЖЕНИЯМИ РУКИ У ОБЕЗЬЯН  
*Зобова Л.Н., Миллер Н.В., Рошин В.Ю., Бадаквва А.М.* ..... 63

ВЛИЯНИЕ 14-СУТОЧНОЙ МОДЕЛИРОВАННОЙ ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ НА ОРТОСТАТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА <i>Катунцев В.П., Сухоставцева Т.В., Котов А.Н., Пучкова А.А.</i> .....	64
ИЗМЕНЕНИЯ В ВЕГЕТАТИВНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ МЫШЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА <i>Лысова Н.Ю., Сенаторова Н.А., Фомина Е.В.</i> .....	65
ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ НА ВРЕМЯ РЕАКЦИИ И ПЕРЕХВАТ ЦЕЛИ ПОСЛЕ КУРСА 45-МИНУТНЫХ СЕССИЙ "СУХОЙ" ИММЕРСИИ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ <i>Мейгал А.Ю., Герасимова-Мейгал Л.И., Третьякова О.Г., Саенко И.В.</i> .....	66
ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ЭФФЕКТ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ И ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ <i>Мейгал А.Ю., Пескова А.Е., Герасимова-Мейгал Л.И., Личкова А.А.</i> .....	67
ДИНАМИКА ОБЪЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОПРИОЦЕПТИВНОГО ВОСПРИЯТИЯ ОДНОСУСТАВНЫХ ДВИЖЕНИЙ У ПОСТИНСУЛЬТНЫХ ПАЦИЕНТОВ С ГЕМИПАРЕЗОМ В ХОДЕ РЕАБИЛИТАЦИИ <i>Павлова О.Г., Рошин В.Ю., Николаев Е.А., Хатькова С.Е.</i> .....	68
КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫЕ РЕАКЦИИ НА ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ <i>Пучкова А.А., Шпаков А.В., Ставровская Д.М., Сухоставцева Т.В.</i> .....	69
ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПРЕССИИ БЕЛКА EAAT2 В ПЕЧЕНИ МЫШЕЙ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА <i>Росомахин Р.А., Тяпкина О.В.</i> .....	70
ВЛИЯНИЕ ЛУННОЙ И МАРСИАНСКОЙ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ <i>Савеко А.А., Брыков В.И., Китов В.В., Томиловская Е.С.</i> .....	72
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭФФЕКТОВ МИКРОГРАВИТАЦИИ <i>Саенко Д.Г.</i> .....	73

ГРАВИСЕНСИТИВНОСТЬ ЭКСПРЕССИИ А-SMA В ГЛАДКОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЖЕЛУДКА МЫШЕЙ C57BL/6N ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА	
<i>Самойленко Т.В., Шишкина В.В., Атякшин Д.А.</i> .....	74
ПАРАМЕТРЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ МОДЕЛИРОВАННОЙ НЕВЕСОМОСТИ И ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ	
<i>Ставровская Д.М., Пучкова А.А., Сухоставцева Т.В.</i> .....	75
ВЛИЯНИЕ КЛОНИДИНА ГИДРОХЛОРИДА НА ИНОТРОПНЫЙ ЭФФЕКТ СЕРДЦА КРЫС С ОГРАНИЧЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ	
<i>Сунгатуллина М.И., Зарипова Р.И., Зиятдинова Н.И., Зефирев Т.Л.</i> .....	76
ГИПОГРАВИТАЦИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬНЫЙ СИНДРОМ: ПРИРОДА И МЕХАНИЗМЫ РАЗВИТИЯ	
<i>Томиловская Е.С., Шенкман Б.С., Козловская И.Б.</i> .....	77
ПОЗНЫЕ РЕАКЦИИ У БОЛЬНЫХ ПАРКИНСОНИЗМОМ ПОСЛЕ КУРСА МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ	
<i>Третьякова О.Г., Герасимова-Мейгал Л.И., Мейгал А.Ю., Прохоров К.С., Саенко И.В.</i> .....	78
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ПОКАЗАТЕЛИ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ НЕВЕСОМОСТИ И ЛУННОЙ ГРАВИТАЦИИ	
<i>Худякова Е.П., Тарасенков Г.Г., Седелкова В.А., Герасимова Ю.И.</i> .....	79
АДАПТАЦИЯ К ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ЛОКОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ И АФФЕРЕНТНОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ВЗРОСЛОГО СПИННОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА	
<i>Шапкова Е.Ю., Ларионова Ю.Е., Купреев Н.А., Емельяников Д.В.</i> .....	80
СПОНТАННАЯ ТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЫ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ: НЕЙРОНАЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И СИГНАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ	
<i>Шенкман Б.С., Калашиников В.Е., Тыганов С.А., Туртикова О.В., Глазова М.В., Мирзоев Т.М.</i> .....	81
ВЛИЯНИЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПОСТУРАЛЬНЫХ МЫШЦ	
<i>Шигуева Т.А., Китов В.В., Амирова Л.Е., Носикова И.Н., Савеко А.А., Шишкин Н.В., Зеленская И.С., Томиловская Е.С.</i> .....	82

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОДЬБЫ И БЕГА  
ПРИ РАЗГРУЗКЕ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА  
МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЫВЕШИВАНИЯ

**Шпаков А.В., Воронов А.В., Пучкова А.А.** ..... 86

## МЫШЕЧНАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

PUMPS, IONS, EXERCISE AND ENERGY METABOLISM: SIGNALING  
TO AND FROM THE NA, K-ATPASE IN THE SKELETAL MUSCLE

**Chibalin A.V.** ..... 87

МОДУЛЬНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, СВЯЗЫВАЮЩАЯ  
МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ С РЕГУЛЯЦИЕЙ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ  
В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

**Акбердин И.Р., Вергышев А.Ю., Киселев И.Н.,  
Попов Д.В., Колпаков Ф.А.** ..... 89

ЭФФЕКТЫ НИЗКОИНТЕНСИВНОЙ ТРЕНИРОВКИ НА СИГНАЛЬНЫЕ  
ПРОЦЕССЫ В ПОСТУРАЛЬНЫХ И ЛОКОМОТОРНЫХ МЫШЦАХ  
КРЫС ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

**Белова С.П., Тыганов С.А., Мочалова Е.П., Шенкман Б.С.**..... 90

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ, КОДИРУЮЩИХ МИТОХОНДРИАЛЬНЫЕ БЕЛКИ,  
В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ГИПОКИНЕЗИИ И АЭРОБНЫХ  
УПРАЖНЕНИЯХ: МЕТА-АНАЛИЗ

**Боков Р.О., Махновский П.А., Колпаков Ф.А., Попов Д.В.** ..... 91

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОЛЬНОЙ БЕГОВОЙ ТРЕНИРОВКИ НА АФК-ЗАВИСИМУЮ  
РЕГУЛЯЦИЮ ТОНУСА АРТЕРИЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ И ЛОКОМОТОРНОЙ  
МУСКУЛАТУРЫ КРЫСЫ

**Борзых А.А., Швецова А.А., Кирюхина О.О.,  
Селиванова Е.К., Кузьмин И.В., Гайнуллина Д.К.,  
Виноградова О.Л., Тарасова О.С.** ..... 92

ВЛИЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ НА ПРОЦЕССЫ  
ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ МЫШЕЧНЫХ САТЕЛЛИТНЫХ КЛЕТОК IN VITRO

**Вильчинская Н.А., Комарова М.Ю., Рожков С.В.,  
Дмитриева Р.И., Шенкман Б.С.** ..... 93

ВОЗРАСТНЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОГЕНЕТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МИКРОКОМПАРТМЕНТОВ ВОЛОКОН  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

**Высоких М.Ю., Марей М.В., Аверина О.А., Манухова Л.А.,  
Виговский М.А., Ефименко А.Ю., Попов Д.В.** ..... 94

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ ВАРИАбельНОСТИ СОСТАВА МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН ЧЕЛОВЕКА <i>Генерозов Э.В., Борисов О.В., Султанов Р.И., Попов Д.В., Ахметов И.И.</i> .....	95
МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ДИСФУНКЦИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ ДИСТРОФИИ ДЮШЕННА И ЕЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕИММУНОСУПРЕССИВНОГО АГЕНТА DEV10 025 <i>Дубинин М.В., Старинец В.С., Семенова А.А., Белослудцева Н.В., Белослудцев К.Н.</i> .....	96
РОЛЬ ПАННЕКСИНОВЫХ КАНАЛОВ В РЕГУЛЯЦИИ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ <i>Зарипова К.А., Мочалова Е.П., Белова С.П., Шенкман Б.С., Немировская Т.Л.</i> .....	97
АНАЛИЗ ТРАНСКРИПТОМА МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ВЫЯВИЛ МНОЖЕСТВЕННЫЕ МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЕ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ <i>Иванова О.А., Комарова М.Ю., Игнатъева Е.В., Лелявина Т.А., Галенко В.Л., Ситникова М.Ю., Гусев О.А., Шагимарданова Е.И., Дмитриева Р.И.</i> .....	98
ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИДЕНТНЫХ ФИБРО-АДИПОГЕННЫХ КЛЕТОК-ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ M. SOLEUS КРЫС <i>Комарова М.Ю., Вильчинская Н.А., Дмитриева Р.И.</i> .....	100
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ Na,K-АТФазы В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ <i>Кривой И.И.</i> .....	101
ВЛИЯНИЕ АЭРОБНЫХ ТРЕНИРОВОК НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ, КОДИРУЮЩИХ БЕЛКИ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА <i>Леднев Е.М., Лысенко Е.А., Махновский П.А., Дубров В.Э., Попов Д.В.</i> .....	102
ВЛИЯНИЕ 6 НЕДЕЛЬ СИЛОВЫХ ТРЕНИРОВОК ОДНОЙ КОНЕЧНОСТИ НА АКТИВАЦИЮ АНАБОЛИЧЕСКОГО СИГНАЛИНГА ПОСЛЕ СИЛОВОЙ ТРЕНИРОВКИ В КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОЙ КОНЕЧНОСТИ <i>Лысенко Е.А., Вепхвадзе Т.Ф., Леднев Е.М., Боков Р.О., Устюжанин Д.В.</i> .....	103
ОПОРНАЯ АФФЕРЕНТАЦИЯ КОРЕГУЛИРУЕТ ЭКСПРЕССИЮ МЕДЛЕННОЙ ИЗОФОРМЫ МИОЗИНА И БИОГЕНЕЗ МИТОХОНДРИЙ В M. SOLEUS У КРЫС <i>Львова И.Д., Шарло К.А., Тыганов С.А., Шенкман Б.С.</i> .....	104

ГЕННАЯ ТЕРАПИЯ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ АНГИОГЕНЕЗА: РОЛЬ ПЛЕОТРОПНЫХ ЭФФЕКТОВ ФАКТОРОВ РОСТА В ВОССТАНОВЛЕНИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ <i>Макаревич П.И., Болдырева М.А., Слободкина Е.А., Парфёнова Е.В., Ткачук В.А.</i> .....	105
ВЛИЯНИЕ ТРЕХСУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА СКОРОСТЬ ДЫХАНИЯ МИТОХОНДРИЙ В М. SOLEUS У ЖЕНЩИН <i>Мотанова Е.С., Боков Р.О., Томиловская Е.С., Згода В.Г., Попов Д.В.</i> .....	106
РОЛЬ НАКОПЛЕНИЯ МАКРОЭРГИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ И МЕДЛЕННОГО КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЬНОГО ПУТИ В РЕГУЛЯЦИИ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ <i>Немировская Т.Л., Белова С.П., Зарипова К.А., Мочалова Е.П.</i> .....	107
ВЛИЯНИЕ ОПОРНОГО СТИМУЛА И МЕХАНИЗМЫ ЕГО ДЕЙСТВИЯ НА HDAC4, P300 И ЭКСПРЕССИЮ MUNC1 ТИПА В КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЕ КРЫС НА ФОНЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ <i>Парамонова И.И., Шарло К.А., Тыганов С.А., Мочалова Е.Р., Шенкман Б.С.</i> .....	109
АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СТАРТЫ ТРАНСКРИПЦИИ И РЕГУЛЯЦИЯ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА В ОТВЕТ НА ОСТРОЕ СТРЕСС-ВОЗДЕЙСТВИЕ <i>Попов Д.В., Махновский П.А., Боков Р.О., Колпаков Ф.А., Гусев О.А.</i> .....	110
ПРОТЕОСТАЗ БЕЛКОВ КАЛЬПАИНОВОЙ СИСТЕМЫ В ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦАХ ДЛИННОХВОСТОГО СУСЛИКА UROCITELLUS UNDULATUS ПРИ ГИБЕРНАЦИИ <i>Попова С.С., Юршенас Д.А., Грицына Ю.В., Захарова Н.М., Вихлянцев И.М.</i> .....	111
ВЛИЯНИЕ КЛОМИПРАМИНА НА НАДФН-ОКСИДАЗЫ И МАРКЕРЫ ЛИПИДНЫХ РАФТОВ В КАМБАЛОВИДНЫХ МЫШЦАХ КРЫС ПРИ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКЕ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ <i>Протопопов В.А., Секунов А.В., Султанов Р.В., Брындина И.Г.</i> .....	112
ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ И ТРАНСКРИБИРУЕМЫХ РЕГУЛЯТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕНОМА В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ В НОРМЕ И ПРИ ИММОБИЛИЗАЦИИ <i>Ступина А.А., Девятяров Р.М., Noriyuki Higo, Гусев О.А.</i> .....	113
НО-ЗАВИСИМОЕ ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ M.SOLEUS КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ <i>Тыганов С.А., Мельников И.Ю., Вихлянцев И.М., Шарло К.А., Шенкман Б.С.</i> .....	114

ИММУНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  $\alpha$ 1S-СУБЪЕДИНИЦЫ CA2+ КАНАЛОВ L-ТИПА В М. SOLEUS И М. EDL КРЫС ПОСЛЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ НА ФОНЕ ХОЛОДОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**Тяпкина О.В.**..... 115

ГЕН МЫШЕЧНОГО ТОНУСА. МЕХАНИЗМЫ ЕГО ЭКСПРЕССИИ В ИНАКТИВИРОВАННОЙ МЫШЦЕ

**Шенкман Б.С., Шарло К.А.** ..... 117

## ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ К ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И КОНДИЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КОНСТИТУЦИИ

**Али Хасан Исмаил (Бергман), Захарьева Н.Н.**..... 121

ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ФУТБОЛИСТОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ С РАЗЛИЧНЫМ ИГРОВЫМ АМПЛУА

**Алхаким Алаа, Захарьева Н.Н.** ..... 122

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МЫШЦ ЧЕЛОВЕКА ПРИ НАКЛОНАХ КОРПУСА

**Бекеров И.Д., Кручинина А.П., Хорошун А.А., Цатурян А.К., Кручинин П.А.** ..... 123

БИЛАТЕРАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СТАБИЛОГРАФИЯ В СПОРТЕ – ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Бердичевская Е.М.** ..... 124

ДИНАМИКА ПЕРЕСТРОЙКИ БАРОРЕФЛЕКСА ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

**Боровик А.С., Негуляев В.О., Тарасова О.С., Виноградова О.Л.** ..... 125

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ АДАПТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ОРГАНИЗМЕ СПОРТСМЕНОВ

**Васенина В.Г., Рыболовлев А.А.**..... 126

СТРАТЕГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ СПОРТСМЕНОВ

**Городничев Р.М., Шляхтов В.Н.** ..... 128

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ <i>Денисенко Ю.П., Валинуров Р.Р., Парамонова Д.Б., Яценко Л.Г.</i> .....	129
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОРГАНИЗМА ПРИ НАПРЯЖЕННОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СПОРТСМЕНОВ <i>Денисенко Ю.П., Валинуров Р.Р., Яценко Л.Г., Андрущишин И.Ф.</i> .....	130
ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ У КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЫЖНИКОВ-ГОНЩИКОВ <i>Доможилова А.А.</i> .....	131
ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТАНЦОРОВ С РАЗЛИЧНЫМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ <i>Захарьева Н.Н., Коняев И.Д.</i> .....	132
ТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ АППАРАТУРЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИХ И МИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СПОРТЕ <i>Иванов С.М.</i> .....	133
ВЛИЯНИЕ «ПРИНУДИТЕЛЬНОГО» БЕГА В ТРЕДБАНЕ НА ПОВРЕЖДЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА, ИНДУЦИРОВАННЫЕ ИШЕМИЕЙ-РЕПЕРФУЗИЕЙ У КРЫС <i>Комкова О.П.</i> .....	134
ОТЛИЧИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ТОПОВЫХ СПОРТСМЕНОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ САМБО И СПОРТИВНЫМИ ТАНЦАМИ <i>Малиева Е.И., Захарьева Н.Н.</i> .....	135
ЭФФЕКТЫ ИНТЕНСИВНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ НАГРУЗОК СЛОЖНО-КООРДИНАЦИОННОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В БОРЬБЕ САМБО НА РЕГУЛЯЦИЮ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ <i>Мельников А.А., Николаев Р.Ю., Подоляка О.Б.</i> .....	136
ГИПЕРТРОФИЯ МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКОН У СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ И «СИЛОВЫХ» ВИДОВ СПОРТА <i>Мисина С.С., Крючков А.С., Дикунец М.А., Мьякинченко Е.Б.</i> .....	137
ЧРЕСКОЖНАЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ В БЕГЕ НА КОРОТКИЕ ДИСТАНЦИИ <i>Михайлова Е.А.</i> .....	138

УПРАВЛЕНИЕ АКТИВНОСТЬЮ МЫШЦ У СПРИНТЕРОВ РАЗЛИЧНОЙ СПОРТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ БЫСТРОМ БЕГЕ ПО ПРЯМОЙ И ВИРАЖУ <i>Пискунов И.В., Ершов В.Ю.</i> .....	139
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ВОСЬМИ БАЗИСНЫХ ДЕЙСТВИЯХ ЧЕЛОВЕКА <i>Пляшкевич В.Л.</i> .....	140
ВЛИЯНИЕ «ПРИНУДИТЕЛЬНОГО» БЕГА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ЖЕЛУДКА К УЛЬЦЕРОГЕННОМУ ДЕЙСТВИЮ ИНДОМЕТАЦИНА У КРЫС С ДИАБЕТОМ <i>Подвигина Т.Т., Комкова О.П.</i> .....	141
НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТНЫМИ ДВИЖЕНИЯМИ НА ПРИМЕРЕ ВЫСТРЕЛА ИЗ ЛУКА <i>Пухов А.М., Монсеев С.А., Иванов С.М.</i> .....	142
АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И СИЛЫ РЕСПИРАТОРНЫХ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ <i>Сегизбаева М.О.</i> .....	143
АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОМИОГРАММЫ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ <i>Сергеева К.В., Тамбовцева Р.В.</i> .....	144
ЭЭГ АКТИВНОСТЬ У СПОРТСМЕНОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОТОРНЫХ ЗАДАЧ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ <i>Сечин Д.И., Тамбовцева Р.В.</i> .....	145
ОСОБЕННОСТИ РЕКРУТИРОВАНИЯ МОНОСИНАПТИЧЕСКОГО Н-РЕФЛЕКСА ПОСЛЕ КУРСА ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК <i>Шилов А.С., Бочаров М.И.</i> .....	146
ГАСТРОПРОТЕКТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ БЕГА ПРИ УЛЬЦЕРОГЕННОМ ДЕЙСТВИИ ИНДОМЕТАЦИНА: ВКЛАД ГЛЮКОКОРТИКОИДНЫХ ГОРМОНОВ В ГАСТРОПРОТЕКТИВНЫЙ ЭФФЕКТ У КРЫС <i>Ярушкина Н.И., Комкова О.П., Филаретова Л.П.</i> .....	147
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ К ДВИГАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Яценко Л.Г., Денисенко Ю.П., Ахметов А.М., Гумеров Р.А., Селиверстова Н.Н.</i> .....	148

*Научное издание*

Под общей редакцией  
О.Л. Виноградовой, Б.С. Шенкмана, Е.С. Томиловской

## **Новые подходы к изучению проблем физиологии экстремальных состояний**

Материалы X Всероссийской  
с международным участием школы-конференции  
по физиологии мышц и мышечной деятельности,  
посвященной памяти Инесы Бенедиктовны Козловской  
и приуроченной к году науки и технологий  
(Москва, 28 июня – 01 июля 2021 г.)

Редактор *О.Г. Сорокин*  
Верстка *Е.В. Рзаевой*

---

Подписано в печать 27.05.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 9,42. Тираж 100 экз. Заказ № 101.

---

Издательство ГНЦ РФ – ИМБП РАН  
123007, г. Москва, Хорошевское шоссе, д. 76А  
тел. +7 (499) 195-68-74, +7 (499) 195-65-12  
<http://www.imbp.ru>. E-mail: [library@imbp.ru](mailto:library@imbp.ru)

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга»  
394026, г. Воронеж, Московский пр-т, д. 11Б  
тел. +7 (473) 220-57-15  
<http://www.n-kniga.ru>. E-mail: [typ@n-kniga.ru](mailto:typ@n-kniga.ru)