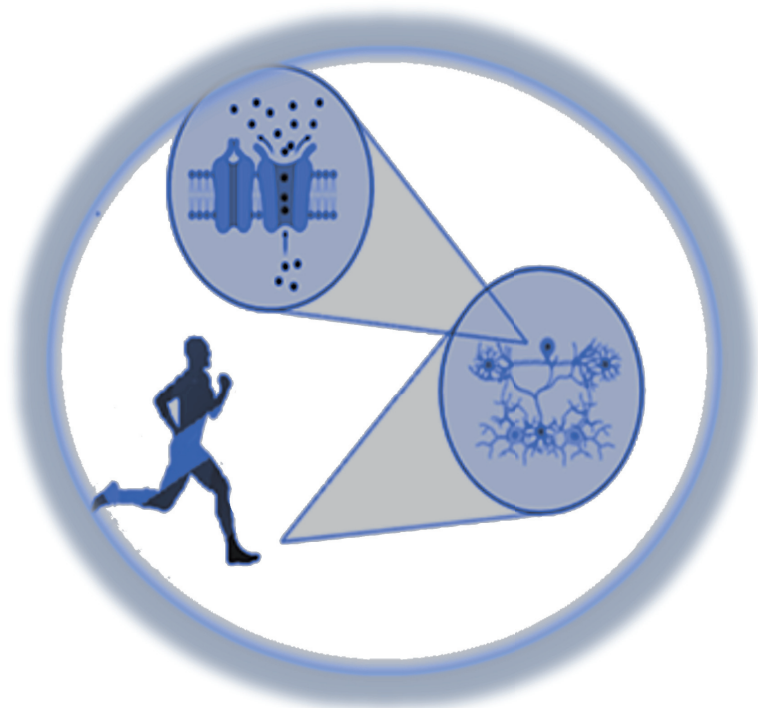


IX Российская, с международным участием,  
конференция по управлению движением,  
посвященная 95-летию со дня рождения  
И. Б. Козловской

## Motor Control 2022



**2-4 июня 2022**  
**Казань**

**Российская академия наук  
ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН  
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Казанский (Приволжский) Федеральный университет**

## **MOTOR CONTROL 2022**

### **СБОРНИК ТЕЗИСОВ**

**IX Российской, с международным участием,  
конференции по управлению движением,  
посвященной 95-летию со дня рождения  
И. Б. Козловской**

Казань, Россия, 02.06–04.06. 2022

**9<sup>th</sup> National Conference with international  
participation on Motor Control  
dedicated to the 95<sup>th</sup> anniversary of the birth of I.B.  
Kozlovskaya**

Kazan, Russia, June 2–4, 2022

**УДК 61:796:37**

**ББК 5:75:74**

**M89**

**M89** Motor control 2022: Сборник тезисов IX Российской, с международным участием, конференции по управлению движением, посвященной 95-летию со дня рождения И. Б. Козловской (Казань, 2-4 июня, 2022г.) / под общ. ред. Т.В. Балтиной, Е.С. Томиловской. – Казань: Изд-во «Бриг», 2022. – 148 с.

**ISBN 978-5-98946-368-8**

В сборник включены материалы IX Российской, с международным участием, конференции по управлению движением, посвященной 95-летию со дня рождения И. Б. Козловской. Конференция является очередным форумом для ведущих специалистов России в области управления движением. В материалах представлены тезисы докладов в области важнейших направлений фундаментальных исследований движения (механизмы локомоции, позы, произвольных движений), физиологии спорта, патологии двигательной функции и реабилитации двигательных нарушений. В сборнике представлены материалы Симпозиума, организованного в рамках конференции «Сигнализация в скелетных мышцах и нейронах», посвященный 75-летию со дня рождения Е. Е. Никольского. 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.

**УДК 61:796:37**

**ББК 5:75:74**

**ISBN 978-5-98946-368-8**

© Казанский (Приволжский)  
Федеральный университет, 2022  
© Авторы статей, 2022  
© ООО «ИПК «Бриг», оформление, 2022

# Содержание

## **Пленарное заседание**

**СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО  
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**

Е.С. Томиловская, И.В. Рукавишников, И.Н. Носикова, А.М. Рябова, С. Джиллингс, К. Шоенмейкерс, Е.В. Печенкова, Ф. Уайтс, И.Б. Козловская .....	18
<b>ТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЫ .....</b>	<b>19</b>
<b>И ГРАВИТАЦИОННО-ЗАВИСИМЫЙ КОНТРОЛЬ ЕЕ СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ. В РАЗВИТИЕ ИДЕЙ ШКОЛЫ И. Б. КОЗЛОВСКОЙ</b>	
Б. С. Шенкман .....	19

## **Секция 1: Фундаментальные механизмы движения: локомоции, поза, произвольные движения**

**ВЛИЯНИЕ ОДИНОЧНЫХ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ  
ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОЗУ ЧЕЛОВЕКА**

И.Г. Андреева, О.П. Тимофеева .....	21
-------------------------------------	----

**ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ МОЗГА ПРИ ВООБРАЖЕНИИ  
ДВИЖЕНИЙ В ХОДЕ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСОМ  
«МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»**

Е. В. Боброва, В. В. Решетникова, Я. В. Керечанин, Е. А. Вершинина, П. Д. Бобров, Ю. П. Герасименко .....	22
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**ПОВЫШЕНИЕ СПОСОБНОСТИ К СОХРАНЕНИЮ РАВНОВЕСИЯ  
СТИМУЛЯЦИОННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ НА СПИННОЙ МОЗГ**

Р.М. Городничев, А. Б. Евдокимова, И.С. Примак, В.Н. Шляхтов .....	23
--------------------------------------------------------------------	----

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРА  
ТЯЖЕСТИ ЧЕЛОВЕКА**

А.В. Дёмин .....	24
------------------	----

**ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНОГО ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ФОНА НА  
АКТИВНОСТЬ МОТОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ  
РАЗЛИЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ**

Е.Д. Каримова .....	25
---------------------	----

**ОСОБЕННОСТИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
СПИННОГО МОЗГА**

С.А. Моисеев .....	26
--------------------	----

ДИНАМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПОДДЕРЖАНИЯ ПОЗЫ В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОГО И ИЗМЕНЕННОГО ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА МОДЕЛИ DAT-KO КРЫС	
Д. С. Калинина, Ю. И. Сысоев, О. В. Горский, П. Е. Мусиенко.....	27
ВЛИЯНИЕ ОКСИДА АЗОТА НА УСЛОВНО-РЕФЛЕКТОРНОЕ ЗАМИРАНИЕ КРЫС	
А.Х. Винарская, А.Б. Зюзина, П.М. Балабан .....	28
ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ФЕНОМЕН У ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ МОДЕЛИРОВАННОЙ ПРИ ПОМОЩИ "СУХОЙ" ИММЕРСИИ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ	
А. Е. Пескова, А. Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал .....	29
ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКСИАЛЬНОГО ВЕСОВОГО НАГРУЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ИЗМЕНЕНИЙ ВОЗБУДИМОСТИ МОТОНЕЙРОННОГО ПУЛА МЫШЦ ГОЛЕНИ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ	
И. Н. Носикова, А. М. Рябова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская.....	30
ВЛИЯНИЕ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА МОТОРНЫЕ ФУНКЦИИ И ПОВЕДЕНИЕ У ДРОЗОФИЛЫ	
Ю. В. Брагина, Н.Г. Беседина, Л.В. Даниленкова, Е.А. Камышева, О.Н. Ларина, Н.Г. Камышев .....	31
РАСШИРЕНИЕ ЗНАНИЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ В КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА МКС ПОД РУКОВОДСТВОМ И. Б. КОЗЛОВСКОЙ	
Е. В. Фомина, Н. Ю. Лысова, Д. Р. Бабич, А.В. Шпаков, А.О. Савинкина, Н. А. Сенаторова, Е. Н. Ярманова .....	32

### **Стендовая сессия**

ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ГИПЕРАЛГЕЗИИ В МОДЕЛЯХ НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС	
И.Ш. Аглиуллов, М.Э. Балтин, А. О. Федянин, Т.В.Балтина.....	33
ПОДДЕРЖАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ЧЕЛОВЕКА С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ ОТ ВНЕШНИХ СИГНАЛОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ	
М.Э. Балтин, Р.И. Тукмаков, Л.М. Бикчентаева, В.В. Смирнова, О.А. Саченков, Т.В. Балтина .....	34
ЧРЕСКОЖНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА КАК МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА	
Л. М. Бикчентаева, Г. Г. Яфарова, Т.В. Балтина .....	35

ФОРМИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА С УЧЕТОМ ЛАТЕРАЛЬНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ Я.Е. Бугаец.....	36
ВЛИЯНИЕ ЧЭССМ НА АКТИВНОСТЬ АФФЕРЕНТОВ Ia И II В СИСТЕМЕ МЫШЦ-АНТАГОНИСТОВ ГОЛЕНИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЛОКОМОТОРНЫХ ДВИЖЕНИЯХ Д. А. Гладченко, А.А. Челноков, И. В. Алексеева .....	37
МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ .....	38
METHODS FOR ANALYSIS OF THE POSTURAL STABILITY .....	38
М. В. Дакинова, Л. М. Бикчентаева, Г. Г. Яфарова, Т.В. Балтина, Е. В. Семенова .....	38
НОВЫЕ РЕЖИМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПРОФИЛАКТИКИ В ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ Н. А. Сенаторова, Н. Ю. Лысова, Е. В. Фомина .....	39
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ И ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА АРХИТЕКТУРУ И ГИПЕРТРОФИЮ МЫШЦ К.В. Сергеева .....	40
МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ ПО ДАННЫМ ВИДЕО ФИКСАЦИИ VICON В. В. Смирнова, Т. В. Балтина, М.Э. Балтин, О. А. Саченков.....	41
МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА В СТАТИЧЕСКОМ ТЕСТЕ С ПОВОРОТАМИ ГОЛОВЫ В.К.Цюпа, Л.М.Бикчентаева, Т.В.Балтина, Г.Г.Яфарова .....	42
ЭФФЕКТ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ РЕЦИПРОКНОГО И ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ У ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ А.А. Челноков, Д. А. Гладченко, Л. В. Рощина, С. М. Богданов .....	43
ВЛИЯНИЕ ТРЕВОЖНО-ПОДОБНОГО СОСТОЯНИЯ НА ЛОКОМОЦИЮ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ А.И. Чумарина, Д. И. Силантьева .....	44
<b>Симпозиум: «Сигнализация в скелетных мышцах и нейронах», посвященный 75-летию со дня рождения Е. Е. Никольского</b>	
<b>ВКЛАД АКАДЕМИКА Е. Е. НИКОЛЬСКОГО В СТАНОВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О НЕКВАНТОВОМ ВЫДЕЛЕНИИ НЕЙРОМЕДИАТОРА</b>	
А.И. Маломуж .....	46

ВОЗБУДИМОСТЬ НЕЙРОНОВ ТРОЙНИЧНОГО ГАНГЛИЯ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕНАТАЛЬНОЙ ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИИ Г.Ф. Ситдикова .....	47
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕМОТОРНЫХ ИНТЕРНЕЙРОНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА НА ОБСТАНОВКУ И ЕЕ РЕКОНСОЛИДАЦИИ Х.Л.Гайнутдинов .....	48
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА И СТРИАТУМА У ГРЫЗУНОВ В УСЛОВИЯХ СИМУЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ М.В. Глазова, Е.А. Олейник, А.А. Наумова, С.А.Тыганов, Б.С. Шенкман ....	49
ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА АФФЕРЕНТАЦИИ НА ЭКСПРЕССИЮ КАЛЬБИНДИНА В СПИНАЛЬНЫХ МОТОНЕЙРОНАХ В. В. Порсева, Н. Д. Преображенский, П.М. Маслюков .....	50
MITOCHONDRIA AND SKELETAL MUSCLE FIBERS: ONLY POWERHOUSE OR ALSO COMMAND CENTER? Carlo Reggiani .....	51
ВВЕДЕНИЕ $\beta$ -ГРА ПРЕДОТВРАЩАЕТ СНИЖЕНИЕ РЯДА ПАРАМЕТРОВ БИОГЕНЕЗА МИТОХОНДРИЙ И РИБОСОМ НА ФОНЕ 7-СУТОЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ К.А. Шарло, И. Д. Львова, Б.С. Шенкман .....	52
РОЛЬ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ СЕМЕЙСТВ CREB/ATF/ AP-1 И MYC В РЕГУЛЯЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО БИОГЕНЕЗА В ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ МИОТУБАХ В БАЗАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ Т. Ф. Вепхвадзе, П.А. Махновский, Д. В. Попов .....	53
АКТИВАЦИЯ КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО КАЛИЕВОГО КАНАЛА УЛУЧШАЕТ ФУНКЦИЮ МИТОХОНДРИЙ, НО НЕ ВЛИЯЕТ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ ПРИ ДИСТРОФИИ ДЮШЕННА М.В. Дубинин, В.С. Старинец, Н.В. Белослудцева, Ю.А. Челябинникова, И.Б. Михеева, К.Н. Белослудцев .....	54
АЛИСПОРИВИР ОСЛАБЛЯЕТ МИТОХОНДРИАЛЬНУЮ ДИСФУНКЦИЮ В КЛЕТКАХ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ У МЫШЕЙ К.Н. Белослудцев, В.С. Старинец, М.В. Дубинин, Н.В. Белослудцева .....	55
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ БИОГЕНЕЗА РИБОСОМ В ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЕ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ Т.М.Мирзоев.....	56

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА, СОДЕРЖАНИЕ МИОКИНОВ И ОДНОВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ МЫШЕЙ	
А.Н. Захарова, К.Г. Милованова, О.В. Коллантай, А.А. Орлова, Е.Ю. Дьякова, А.В. Кабачкова, А.В. Чибалин, Л.В. Капилевич	57
МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА МИОЗИН В ЖЕЛУДОЧКАХ И ПРЕДСЕРДИЯХ КРЫСЫ	
О. П. Герцен, С. Р. Набиев, Л. В. Никитина	58
METABOLIC DYSFUNCTION AND EXERCISE PRECONDITIONING IN DISUSE MUSCLE ATROPHY	
L. Brocca, M.A. Pellegrino, R. Bottinelli	59
РОЛЬ АДРЕНЭРГИЧЕСКИХ Р2У РЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ АТРОФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ КРЫС ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ	
Т. Л. Немировская, К. А. Зарипова, С. П. Белова	60
КОМПАРТИМЕНТАЛИЗАЦИЯ И ТРАНСПОРТ СФИНГОЛИПИДОВ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ	
И.Г. Брындина, В.А. Протопопов, В.В. Скурыгин, Д. Н. Бурганова, А. В. Алексеева	62
ВЛИЯНИЕ ТРЕХДНЕВНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ТРАНСКРИПТОМНЫЙ ПРОФИЛЬ М. SOLEUS У ЧЕЛОВЕКА	
Д. В. Попов, П.А. Махновский, Е. С. Моганова, Г.Р. Газизова, В.Г. Згода, Т.Ф. Вепхвадзе, Е.М. Леднев, О. И. Орлов, Е.С. Томиловская	63
МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТСТАВЛЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОТОНЕЙРОНОВ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ	
В.Е. Калашников, С.А. Тыганов, О.В. Туртикова, Е.П. Калашникова, М.В. Глазова, Б.С. Шенкман	64
ВКЛАД ИЗМЕНЕНИЙ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ И УРОВНЯ ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ ТИТИНА В УМЕНЬШЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭТОГО БЕЛКА В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ	
И.М. Вихлянцев, А.Д. Уланова, Ю.В. Грицына, Т.Л. Немировская, Б.С. Шенкман	65
SERCA IMPAIRMENT IN MODELS OF MUSCLE WASTING: TAKING THE BAD WITH THE GOOD	
J.L. Braun, M.S. Geromella, R.E.G. Cleverdon, R.W. Baranowski, В. Hockey, V.A. Fajardo	67



## Стендовая сессия

АКТИВАЦИЯ TRPV1 КАНАЛОВ УСИЛИВАЕТ СОКРАТИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ МЫШИ А.Ю. Архипов, Н.С. Федоров, Д.В. Самигуллин, А.И. Маломуж.....	68
ЭКСПРЕССИЯ КЛЮЧЕВЫХ БЕЛКОВ, ОТВЕЧАЮЩИХ ЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МИТОХОНДРИЙ, В ПОСТУРАЛЬНОЙ И ЛОКОМОТОРНОЙ МЫШЦЕ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ С. П. Белова, Б.С. Шенкман .....	69
ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АМПА- ОПОСРЕДОВАННЫХ ТОКОВ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА КРЫС С ПРЕНАТАЛЬНОЙ ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИЕЙ Э. Гатаулина, А. Яковлев .....	70
ЭФФЕКТ СТИМУЛЯЦИИ $\alpha 2$ -АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАРДИОМИОЦИТОВ НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС А.М. Галиева.....	71
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПУЛОВ СИНАПТИЧЕСКИХ ВЕЗИКУЛ В НЕРВНО-МЫШЕЧНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ Ч.Р. Гафурова, А.Н. Ценцевицкий, А.М. Петров .....	72
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ГАМК-ТРАНСПОРТЕРОВ В КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЕ МИОЦИТОВ КРЫСЫ И ВЛИЯНИЯ ИХ БЛОКАТОРОВ НА МИОГЕНЕЗ IN VITRO К.Р. Гижиждинова, Г.В. Сибгатуллина, А.И. Маломуж .....	73
ИЗМЕНЕНИЯ АНАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ 3-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ Е.А. Голубева, С.А. Тыганов, Е.С. Томиловская, Б.С. Шенкман.....	74
УЧАСТИЕ ПОТЕНЦИАЛЗАВИСИМЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ КАНАЛОВ В РЕГУЛЯЦИИ ВОЗБУДИМОСТИ ТРИГЕМИНАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ КРЫС С ПРЕНАТАЛЬНОЙ ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИЕЙ Е. В. Ермакова, Г. Ф. Ситдикова .....	75
МЕТАБОЛИЗМ АТФ И РОЛЬ ЭКТОНУКЛЕОТИДАЗ В СИНАПТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ Д. В. Ефимова, А.Е. Хайруллин.....	76
ВЛИЯНИЕ МЕТФОРМИНА НА $Ca$ -ЗАВИСИМЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПУТИ И ЭКСПРЕССИЮ ЕЗ-ЛИГАЗ ПРИ 3-ДНЕВНОЙ РАЗГРУЗКЕ МЫШЦ У КРЫС К. А. Зарипова, С. П. Белова, К.А. Шарло, Б.С. Шенкман, Т.Л. Немировская .....	77

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ИЗОПРОТЕРЕНОЛА НА СОКРАТИМОСТЬ МИОКАРДА КРЫС, РАСТУЩИХ ПРИ ОГРАНИЧЕНИИ ПОДВИЖНОСТИ	
Р.И. Зарипова .....	78
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЫШЕЧНОГО ТОНУСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПАЙКОВОЙ НЕЙРОСЕТИ	
А. Д. Иванова, О. А. Саченков .....	79
ВЛИЯНИЕ ГОМОЦИСТЕИНА НА ГЛУТАМАТ- И АТФ-ВЫЗВАННЫЕ КАЛЬЦИЕВЫЕ ОТВЕТЫ В НЕЙРОНАХ ТРОЙНИЧНОГО ГАНГЛИЯ КРЫСЫ	
А.А. Кабирова, Е.В. Ермакова, Г.Ф. Ситдикова .....	80
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ АНТОГОНИСТА РЕЦЕПТОРОВ ГЛУТАМАТА NMDA МК-801 НА ОБУЧЕНИЕ АВЕРЗИИ К ПИЩЕ У ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ	
А. Ф. Кашапова, Л. Н. Муранова .....	81
ВЛИЯНИЕ МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ И УРОВЕНЬ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У МЫШЕЙ С ДИСБИОЗОМ	
А.И. Муллакаева, А.Ф. Салихзянова, Д.Р. Яруллина, О.В. Яковлева .....	82
МУСКАРИНОВЫЕ ХОЛИНОРЕЦЕПТОРЫ M5 ПОДТИПА МОДУЛИРУЮТ КИНЕТИКУ НЕЙРОСЕКРЕЦИИ В МОТОРНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ	
А. А. Хамидуллина, И.В. Ковязина .....	83
ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ САТЕЛЛИТНЫХ КЛЕТОК МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ	
М.Ю. Комарова, Н.А. Вильчинская, Б.С. Шенкман, Р.И. Дмитриева .....	84
ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЯМОГО ТОРМОЖЕНИЯ В ГРАНУЛЯРНЫХ КЛЕТКАХ ЗУБЧАТОЙ ФАСЦИИ	
А.В. Лукоянова, Э.Р. Юзекаева, Р.Н. Хазипов .....	85
ВВЕДЕНИЕ В-ГРА ПРЕДОТВРАЩАЕТ СНИЖЕНИЕ РЯДА ПАРАМЕТРОВ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО БИОГЕНЕЗА ПОСЛЕ 1 СУТОК ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ	
И.Д. Львова, К.А. Шарло, Н.А. Вильчинская, Б.С. Шенкман .....	86
МОРФОЛОГИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА СПИННОГО МОЗГА КРЫС НЕ ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ ПОСЛЕ НЕДЕЛЬНОЙ РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ 7 СУТОК ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ	
С.Р. Мустакимов, С.А. Ялтаева, Л.Ф. Нуруллин, О.В. Тяпкина .....	87
ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯЦИИ $\alpha 1$ -АР НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ КАРДИОМИОЦИТОВ 3-НЕДЕЛЬНЫХ КРЫС	
Нур Мансур .....	88

РОЛЬ ЦЕРАМИДА И КИСЛОЙ СФИНГОМИЕЛИНАЗЫ В РАЗВИТИИ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ	
В.А. Протопопов, А.В. Секунов, Д.В. Омелюхина, Е.А. Волкова, З.Ф. Гараева, И.Г. Брындина .....	89
ИЗУЧЕНИЕ ПУТЕЙ ИНТЕРНАЛИЗАЦИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ В КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ МОТОНЕЙРОНЫ	
И.Ф. Рамазанова, Г.В. Сибгатуллина, С.В. Федоренко, Д.В. Самигуллин.....	90
ВЛИЯНИЕ ХЛОРПОМАЗИНА НА РАЗМЕРЫ ИНФАРКТА МИОКАРДА У КРЫС И НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭПИКАРДИАЛЬНЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ ПОСЛЕ ИШЕМИИ-РЕПЕРФУЗИИ	
А.В. Степанов .....	91
ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ $\alpha 2$ -АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В КОРОНАРНОМ КРОВООБРАЩЕНИИ ИЗОЛИРОВАННОГО СЕРДЦА ВЗРОСЛЫХ КРЫС ПОСЛЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ	
М.И.Сунгатуллина.....	92
УЧАСТИЕ ГАМК <sub>A</sub> РЕЦЕПТОРОВ В ПРОЦЕССАХ ДЕЛЕНИЯ И СЛИЯНИЯ МИОЦИТОВ IN VITRO	
А.Р. Такмакова, Г.В. Сибгатуллина, А.И. Маломуж.....	93
МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ ПАЦИЕНТОВ С МИОПАТИЕЙ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ	
О. Туртикова, С. Тыганов, В. Калашников, Е. Скитева, С. Кондратьев, Ю. Забродская, Б. Шенкман.....	94
ВЛИЯНИЕ МИОПАТИИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ НА ЦИТОСКЕЛЕТ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ	
С. Тыганов, К. Зарипова, Е. Скитева, С. Кондратьев, Ю. Забродская, О. Туртикова, Б. Шенкман .....	95
РОЛЬ АТФ В СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕ	
А.Е. Хайруллин, Д.В. Ефимова, С.Н. Гришин .....	96
УЧАСТИЕ АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СОЕДИНЕНИИ	
В.Ф. Хузахметова, Э.А. Бухараева.....	97
ВЛИЯНИЕ РИБОНУКЛЕАЗЫ НА СОКРАТИМОСТЬ ТОЛСТОЙ КИШКИ МЫШИ	
И.Ф. Шайдуллов, Л.Ф. Гафарова, О.Н. Ильинская, Г.Ф. Ситдикова.....	98
ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ МК-801 НА ВЫРАБОТКУ УСЛОВНОГО РЕФЛЕКСА АВЕРЗИИ НА ПИЩУ У HELIX	
А. Шихаб, Д. И. Силантьева, Х.Л. Гайнутдинов .....	99

РОЛЬ ТРОПОМОДУЛИНА В РЕГУЛЯЦИИ АКТИН-МИОЗИНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ Д.В.Щепкин, А.М. Кочурова, Е.А. Бельдия, Г.В. Копылова.....	100
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**Секция 2: Прикладные вопросы физиологии движения:  
микрогравитация, спорт, методы изучения движения, клиника,  
реабилитация**

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО И СВЕРХДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА Н.Ю. Лысова, Н. А. Сенаторова, Е. В. Фомина.....	102
СЕНСОМОТОРНАЯ ОЦЕНКА ОТРЕЗКОВ РАЗЛИЧНОГО НАПРАВЛЕНИЯ В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ В.А. Ляховецкий, И.С. Зеленская, В.Ю. Карпинская, Е.С. Томиловская .....	103
СИНАПТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИПОГРАВИТАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО СИНДРОМА С. Н. Гришин, А.Е. Хайруллин, А.А. Еремеев, А.У. Зиганшин .....	104
ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ Н-РЕФЛЕКСА МЫШЦ ГОЛЕНИ В ХОДЕ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ Н.М.А. Абу Шели, Т.А. Шигуева, А.В. Шпаков, Е.С. Томиловская .....	105
ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ 7-СУТОЧНОЙ "СУХОЙ" ИММЕРСИИ А.А. Савеко, И.Ю. Ермаков, И.И. Пономарёв, Е.С. Томиловская .....	106
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ПРЕКРАЩЕНИЯ КУРСА НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ У СПОРТСМЕНОВ Л.П. Черапкина.....	107
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЗЫ В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНОГО ПОВТОРЕНИЯ У ЮНОШЕЙ-ДЗЮДОИСТОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА А.А. Мельников, М.В. Васина .....	108
КОГЕРЕНТНОСТЬ ЭЭГ У ГРЕБЦОВ НА КАНОЭ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ РАВНОВЕСИЯ В ИМИТАЦИОННОЙ СТОЙКЕ Е.М. Бердичевская .....	109
ИЗМЕНЕНИЯ Н-РЕФЛЕКСА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ЛЕГКОАТЛЕТОВ ПОСЛЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК А.С. Шилов .....	110

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ ОТВЕТ НА ДОЗИРОВАННУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ	
И.В. Бочарин, Д.С. Зайцев .....	111
НЕЙРОПРОТЕЗ – НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ. ПЕРВЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	
Т.Р. Мошонкина, Е.Н. Жарова, С.С. Ананьев, Н.Д. Шандыбина, Е.А. Вершинина, В.А. Ляховецкий, А.А. Гришин, Ю.П. Герасименко ...	112
СЕНСОМОТОРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК ЦЕЛЬ И СРЕДСТВО НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА РАБОТЫ ВРАЧА ФИЗИЧЕСКОЙ И РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ	
Р.А. Бодрова, В.С. Комарницкий .....	113
КОГНИТИВНЫЙ СТИЛЬ КАК ПРЕДИКТОР УСПЕШНОСТИ ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИНТЕРФЕЙСОМ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»	
В.В. Решетникова, Е.В. Боброва, Я.В. Керечанин, Е.А. Вершинина, П.Д. Бобров, Ю.П. Герасименко .....	114
СОХРАННА ЛИ «СОХРАННАЯ» РУКА? НАРУШЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ «СОХРАННОЙ» РУКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ ПОРАЖЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ИНСУЛЬТА	
Е. В. Бирюкова, А.А. Кондур, С. В. Котов, Л.Г. Турбина, П.Д. Бобров ...	115
ПАРАМЕТРЫ ПОХОДКИ ПРИ ПАРКИНСОНИЗМЕ ПОСЛЕ ОДНОКРАТНОЙ И КУРСОВОЙ 'СУХОЙ' ИММЕРСИИ, ИЗМЕРЕННЫЕ ПРИ ПОМОЩИ IMU СМАРТФОНА	
А.Ю. Мейгал, С.А. Региня, Л. И. Герасимова-Мейгал, А. В. Соловьев, А.П. Мошевикин .....	116
КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПОСТУРАЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА	
Л.А. Чигалейчик, В.В. Полешук, И.А. Наумов .....	117
ТРЕНИРОВКА ХОДЬБЫ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА И ДЦП: СИНДРОМНЫЙ И НОЗОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ	
Е.Ю. Шапкова.....	118
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ И ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИИ ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА	
С. С.Ананьев, Д. А.Павлов, Р. Н. Якупов, В. А. Голоднова, М. В. Балыкин .....	119

ВЛИЯНИЕ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА КООРДИНАЦИОННУЮ СТРУКТУРУ СКОРОСТНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ	
М. Г. Барканов .....	121
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧРЕСКОЖНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ	
Н. Д. Шандыбина, М. В. Куропатенко, Т. Р. Мошонкина .....	122
ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ В ОЦЕНКЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ ФУНКЦИИ ХОДЬБЫ У БОЛЬНЫХ ТРАВМАТОЛОГО- ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ	
С.В.Королева .....	123
<b>Стендовая сессия</b>	
КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ НАЛИЧИЯ НИСТАГМА У КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ	
М.П. Бекренева, В.В. Китов, И.В. Рукавишников, И. Кофман, М. Розенберг, М. Решке, Е.С. Томиловская .....	124
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА КРАТКОВРЕМЕННУЮ ПАМЯТЬ	
Т.Х. Богодвид, Е.Е. Изьюрова .....	125
ДИНАМИКА КРИСТАЛЛОГЕННЫХ СВОЙСТВ СЛЮНЫ СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ	
А.К. Мартусевич, И.В. Бочарин .....	126
ИССЛЕДОВАНИЕ МЮ-РИТМА ПАЦИЕНТОВ С ВИСОЧНОЙ ЭПИЛЕПСИЕЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ, ПРЕДСТАВЛЕНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ МОТОРНЫХ ЗАДАЧ: МЕТОД НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ	
С.Е. Буркитбаев, Е. Д. Каримова .....	127
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА БАСКЕТБОЛИСТОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ МЫШЕЧНЫХ ТРЕНИРОВОК	
Л. И. Вахитов .....	128
Р-ХЛОРФЕНИЛАНИН НАРУШЕТ СИНТЕЗ СЕРОТОНИНА И ПРЕДОТВРАЩАЕТ ЗАБЫВАНИЕ КОНТЕКСТНОЙ ПАМЯТИ ПОСЛЕ НАПОМИНАНИЯ И ИНГИБИРОВАНИЕ СИНТЕЗА БЕЛКА	
И. Б. Дерябина .....	129

СОСТОЯНИЕ НЕЙРО-МОТОРНОГО АППАРАТА МЫШЦ ГОЛЕНИ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ СРЕДЫ	
А.А. Еремеев, А.О. Федянин, Т.Н. Зайцева, А.М. Еремеев, Т.В. Балтина ....	130
ВЛИЯНИЕ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ НА ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ С РАЗЛИЧНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	
Р. Ю. Жедяев, А.С. Боровик, А.В. Шпаков, Д. В. Попов .....	131
ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРУЕМОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ НА КИНЕМАТИКУ ЛОКОМОТОРНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ КРЫСЫ	
Т.Н. Зайцева, А.О. Федянин, М.Э. Балтин, Т.В. Балтина, А.А. Еремеев .....	132
ЦИКЛИЧЕСКИЕ ТОЧНОСТНЫЕ ДВИЖЕНИЯ РУКИ В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
И.С. Зеленская, В.А. Ляховецкий, В.Ю. Карпинская, М.П. Бекренева, К.А. Зеленский, Е.С. Томиловская .....	133
БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО МАНИПУЛЯТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ КИСТЬЮ РУКИ	
Е.С. Иконникова, А.А. Мельников .....	134
ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПУЛЬСОВОГО ДОЛГА СО СКОРОСТЬЮ НАКОПЛЕНИЯ ЛАКТАТА В КРОВИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ	
А. В. Козлов, М. Г. Розенталь, В. Д. Сонькин .....	135
РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ И КОНЦЕПЦИИ Н. А. БЕРНШТЕЙНА	
Р.А. Бодрова, В.С. Комарницкий .....	136
ОЦЕНКА АНАЭРОБНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЫШЦ У СПОРТСМЕНОВ-ЕДИНОБОРЦЕВ	
Ф.А. Мавлиев, А.Ш. Абдрахманова .....	137
ОСОБЕННОСТИ ПАТТЕРНА ХОДЬБЫ ПО ДАННЫМ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СЕНСОРОВ ПРИ ТРАВМЕ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА	
Д. В. Михайлов .....	138
ОСОБЕННОСТИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ	
А.С. Назаренко, А.А.Зверев, Р. Ю. Якубов .....	139
КОНЦЕНТРАЦИЯ СЕРОТОНИНА, ДОФАМИНА В КРОВИ ФУТБОЛИСТОВ В ВОЗРАСТЕ 16–17 ЛЕТ	
Р.Р. Нигматуллина, Е.С. Иванова .....	140

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ ТРЕХГЛAVОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ	
И.И. Пономарев, Л.Е. Амирова, Е.С. Томиловская .....	141
ОСОБЕННОСТИ СОХРАНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИЗГОТОВКИ СТРЕЛКОВ ИЗ ЛУКА	
А.М.Пухов .....	142
ОСОБЕННОСТИ ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ У ЖЕНЩИН ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ 3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
А.М. Рябова, И.Н. Носикова, Л.Е. Амирова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская.....	143
ИЗМЕНЕНИЯ ЭМГ М. VASTUS LATERALIS, .....	144
М. GASTROCNEMIUS, M.VICEPS BRACHII, M. TRICEPS BRACHII У СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА	
В. А.Семилетова.....	144
ВКЛАД ЗРЕНИЯ, ОПОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ И ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ В РЕОРГАНИЗАЦИЮ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА	
Н.В. Шишкин, В.В. Китов, Е.С. Томиловская .....	145
ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ КУРСА ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ СПИННОГО МОЗГА	
Е. И. Яковлева, Д. А. Жижин, А. Д. Милицкова, Э. Р. Мухаметова, А.Р. Замалиев, И. А. Лавров .....	146
ДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КРЫС ПОСЛЕ ПЕРИНЕВРАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК В МОДЕЛИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИИ	
Г. Г. Яфарова, В. В. Андрианов, Х.Л. Гайнутдинов .....	147
ОСОБЕННОСТИ МИОГЕНЕЗА МИОБЛАСТОВ М. SOLEUS КРЫСЫ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ	
Н. А. Вильчинская, М. Ю. Комарова, С. В. Рожков, О. В. Туртикова, Р. И. Дмитриева, Б. С. Шенкман .....	148
ОСОБЕННОСТИ ЭКГ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ ДЕСИМПАТИЗАЦИИ	
А.Р.Гиззатуллин, А.М.Садыков, И.И.Хабибрахманов, Ф.Г. Ситдииков ....	149
МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ОКСИДА АЗОТА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ТРОЙНИЧНОГО НЕРВА КРЫСЫ	
К.С. Королёва, И.Ф. Шайдуллов, С.О. Свитко, Д.А. Нурмиева, Г.Ф. Ситдикова .....	150



## **ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ**

Институт фундаментальной медицины и биологии ФГОАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук

### **Оргкомитет**

**«IX Российской, с международным участием,  
конференции по управлению движением,  
посвященной 95-летию со дня рождения И. Б. Козловской»**

#### **Председатель оргкомитета:**

Киясов А.П., д.м.н., профессор, проректор по биомедицинскому направлению КФУ, директор Института фундаментальной медицины и биологии КФУ.

#### **Члены оргкомитета:**

Виноградова О.Л., д.б.н., профессор, в.н.с. лаборатории физиологии мышечной деятельности ГНЦ РФ - Института медико-биологических проблем РАН;

Шенкман Б.С., д.б.н., профессор, в.н.с. - заведующий лабораторией миологии ГНЦ РФ - Института медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия;

Томиловская Е.С., к.б.н., в.н.с. – зав. лабораторией, заведующий отделом сенсомоторной физиологии и профилактики ГНЦ РФ - Института медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия;

Городничев Р.М., д.б.н., профессор, директор Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта, Великие Луки, Россия;

Мошонкина Т.Р., д.б.н., заместитель директора по научной работе, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия.

### **Партнер конференции:**



**Интайп**  
КРУГЛОСУТОЧНАЯ  
ТИПОГРАФИЯ



*Инеса Бенедиктовна  
Козловская,  
д. м. н., профессор, член-корр. РАН  
(1927-2020)*

## Пленарное заседание

УДК 57.045

### СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN HUMAN BRAIN AFTER LONG TERM SPACE FLIGHT

Е.С. Томиловская<sup>1</sup>, И.В. Рукавишников<sup>1</sup>, И.Н. Носикова<sup>1</sup>,  
А.М. Рябова<sup>1</sup>, С. Джиллингс<sup>2</sup>, К. Шоенмейкерс<sup>2</sup>, Е.В. Печенкова<sup>3</sup>,  
Ф. Уайтс<sup>2</sup>, И.Б. Козловская<sup>1</sup>

E.S. Tomilovskaya<sup>1</sup>, I.V. Rukavishnikov<sup>1</sup>, I.N. Nosikova<sup>1</sup>,  
A.M. Ryabova<sup>1</sup>, S. Jillings<sup>2</sup>, C. Schoenmaekers<sup>2</sup>, E.V. Pechenkova<sup>3</sup>,  
F. Wuys<sup>2</sup>, I.B. Kozlovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем  
РАН, <sup>2</sup>Бельгия, Антверпен, Университет г. Антверпен

<sup>3</sup>Россия, Москва, Лаборатория когнитивных исследований, ВШЭ  
<sup>1</sup>Russia, Moscow, RF SSC – Institute of Biomedical Problems RAS

<sup>2</sup>Belgium, Antwerp, University of Antwerp, <sup>3</sup>Russia, Moscow, Laboratory for  
Cognitive Research, HSE University

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

Влияние факторов космического полета на центральную нервную систему изучалось достаточно широко, начиная с первых полетов человека в космос. В то же время технические возможности исследователей сильно ограничены в условиях полета, поэтому знания о процессах, происходящих в головном мозге под влиянием невесомости и других факторов, до последнего времени ограничивались только информацией, полученной из немногочисленных электроэнцефалографических исследований. Появление таких технологий, как магнитно-резонансная томография, позволило подойти ближе к пониманию изменений, происходящих в головном мозге человека под влиянием факторов полета, а также оценить их обратимость. Доклад посвящен результатам международных исследований, инициированных с российской стороны И. Б. Козловской и получивших широкое развитие в последние годы.

Работа поддержана программой фундаментальных исследований Российской академии наук (63.1) и Европейским космическим агентством.

УДК 612.74

**ТОНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЫ  
И ГРАВИТАЦИОННО-ЗАВИСИМЫЙ КОНТРОЛЬ ЕЕ  
СИГНАЛЬНЫХ ПУТЕЙ. В РАЗВИТИЕ ИДЕЙ ШКОЛЫ  
И. Б. КОЗЛОВСКОЙ**  
**TONIC ACTIVITY OF POSTURAL MUSCLE AND GRAVITY-  
DEPENDENT CONTROL OF ITS SIGNAL PATHWAYS. IN THE  
DEVELOPMENT OF THE IDEAS OF THE SCHOOL OF  
I. B. KOZLOVSKAYA**

Борис Стивович Шенкман

Boris Stivovich Shenkman

*Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем  
Российской Академии Наук*

*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, RAS*

*E-mail: bshenkman@mail.ru*

Лекция является попыткой описать и осмыслить накопленные к настоящему времени данные о механизмах, контролирующих структуру и функциональные возможности постуральной мышцы, почти непрерывная работа которой позволяет человеку и животному активно существовать на поверхности земли. Значительная часть этих данных была получена, описана и систематизирована коллективом лаборатории миологии Института медико-биологических проблем РАН в рамках научной школы профессора И. Б. Козловской. Ряд интереснейших данных и закономерностей был описан в других лабораториях и научных центрах, часто под влиянием идей И. Б. Козловской. Концепция тонической системы, т. е. целостного физиологического аппарата, включающего в себя не только медленные мышечные волокна и управляющие ими малые мотонейроны, но и комплекс мозговых (вплоть до стриатума и двигательной коры) и сенсорных механизмов, является одной из важнейших частей теоретического наследия И. Б. Козловской. Основной теоретический вывод проведенных исследований заключается в том, что гравитационно-зависимая тоническая сократительная активность постуральной мышцы, контролируемая нервной системой и афферентными механизмами, является основным фактором поддержания ее структуры, сигнальных путей и механических свойств, определяющих возможность ее постоянной антигравитационной деятельности. Материал лекции охватывает вопросы афферентных и супраспинальных влияний на медленные ДЕ, автономной (спонтанной) тонической активности, зависимости структуры, функции, механических свойств, биоэнергетики, фенотипа и сигнальных путей постуральной мышцы от ее тонической активности. Поддержано грантом Российского научного фонда № 22–15–00151.

**Секция 1: Фундаментальные механизмы  
движения: локомоции, поза, произвольные  
движения**

УДК 612.766.2+ 612.821.1

**ВЛИЯНИЕ ОДИНОЧНЫХ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ  
ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОЗУ ЧЕЛОВЕКА**  
**INFLUENCE OF SINGLE SOUND SIGNALS OF DIFFERENT  
EMOTIONAL CONTENT ON HUMAN VERTICAL POSTURE**

И.Г. Андреева, О.П. Тимофеева

I.G. Andreeva, O.P. Timofeeva

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

*Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology  
and Biochemistry, Russian Academy of Sciences*

*e-mail: ig-andreeva@mail.ru*

Прослушивание биологически значимой звуковой информации приводит к непроизвольной постральной подготовке для последующего реагирования. Ранее нами было показано дестабилизирующее позу воздействие звуков приближающихся шагов [1]. Исследований позных реакций на короткие одиночные сигналы биологически значимого содержания в научной литературе нами не обнаружено, кроме работы [2], показавшей, что звуковые сигналы длительностью 6 с приводят к ухудшению контроля равновесия и повышению риска падения. Цель настоящей работы состояла в исследовании постральных показателей, характеризующих изменения вертикальной позы человека в ответ на одиночные короткие биологически значимые звуковые стимулы и оценке возможных различий в постральных ответах на сигналы разного эмоционального содержания. По системе невербальной изобразительной оценки для исследования были выбраны три стимула: два негативного содержания (женский крик и звук тормоза автомобиля), и эмоционально нейтральный стимул - звонок телефона. Регистрация положения центра давления тела в ответ на эти стимулы длительностью около 1 с и анализ стабилометрических показателей выявили увеличение длины траектории, скорости и разброса по фронтальной и сагиттальной осям по сравнению с тишиной. Наибольшие изменения наблюдали по интегральному показателю площадь эллипса, а отличия между реакциями на разные сигналы - только по показателю сжатие эллипса. Таким образом, согласно полученным результатам, короткие звуки, независимо от их эмоционального содержания, приводили к кратковременной дестабилизации позы. Работа поддержана средствами государственного бюджета по госзаданию (тема № FMMM-2022–0023).

Список литературы:

1. Timofeeva O.P. Dynamics of Postural Indices in Case of Listening to Sounds of Steps Approaching from the Front and from Behind / O.P. Timofeeva, I.G. Andreeva, A.P. Gvozdeva // J. of Evol. Biochem and Physiol. – 2021–V.57. – P. 1522–1532.

2. Chen X. Influence of affective auditory stimuli on balance control during static stance / X. Chen, X. Qu // Ergonomics. – 2016. – V. 60, No 3. – P. 404-409.

УДК 612.821

**ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ МОЗГА ПРИ ВООБРАЖЕНИИ  
ДВИЖЕНИЙ В ХОДЕ ОБУЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕЙСОМ  
«МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»**

**CHANGES IN BRAIN ACTIVITY WHEN IMAGINING MOVEMENTS  
DURING BRAIN-COMPUTER INTERFACE CONTROL TRAINING**

Е. В. Боброва<sup>1</sup>, В. В. Решетникова<sup>1</sup>, Я. В. Керечанин<sup>2</sup>,  
Е. А. Вершинина<sup>1</sup>, П. Д. Бобров<sup>2</sup>, Ю. П. Герасименко<sup>1</sup>  
E. V. Bobrova<sup>1</sup>, V. V. Reshetnikova<sup>1</sup>, J. A. Kerechanin<sup>2</sup>,  
E. A. Vershinina<sup>1</sup>, P. D. Bobrov<sup>2</sup>, Yu. P. Gerasimenko<sup>1</sup>

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

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

<sup>1</sup>*Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, RAS*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of  
RAS*

*E-mail: eabobrovy@yandex.ru*

В процессе обучения работе с интерфейсом «мозг-компьютер» (ИМК), основанном на воображении движений, происходят изменения успешности управления ИМК. Для выяснения механизмов этих изменений анализировали спектральные мощности ЭЭГ-сигналов в диапазонах альфа (8-13 Гц), бета 1 (13-21 Гц) и бета 2 (21-30 Гц) в ходе 10 дней обучения 10 волонтеров, управляющих ИМК, основанном на кинестетическом воображении движений. У большинства волонтеров в ходе обучения увеличивается относительная активность в альфа-диапазоне по сравнению с активностью в диапазоне бета-ритмов. Это, по-видимому, связано со сведениями о том, что бета-активность повышается, когда движение приходится подавлять (Zhang *et al.*, 2008). Вероятно, в начале процесса обучения воображения движений активность мозга обеспечивает подавление реального движения, а по мере выработки навыка необходимость этого подавления уменьшается. Выявлены также индивидуальные особенности: большая выраженность бета 1- или бета 2-ритмов, индивидуально-специфические изменения спектральной мощности в альфа-диапазоне в ходе одной сессии. Полученные результаты дают основания расширить представления о механизмах работы ИМК, основанных на воображении движений. Исследование выполнено при поддержке РНФ № 22–25–00624.

Список литературы

1. Zhang, Y. Response preparation and inhibition: the role of the cortical sensorimotor beta rhythm / Y. Zhang, Y. Chen, S. L. Bressler, M. Ding // *Neuroscience*. – 2008. – V. 156, No 1. – P. 238-246.

УДК 612.83

**ПОВЫШЕНИЕ СПОСОБНОСТИ К СОХРАНЕНИЮ РАВНОВЕСИЯ  
СТИМУЛЯЦИОННЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ НА СПИННОЙ МОЗГ  
BALANCE ABILITY IMPROVING BY SPINAL CORD STIMULATION  
IN HUMAN**

Р.М. Городничев, А. Б. Евдокимова, И.С. Примак, В.Н. Шляхтов  
R.M. Gorodnichev, A.B. Evdokimova, I.S. Primak, V.N. Shlyakhtov  
*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта  
Russia, Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports  
E-mail: gorodnichev@vlgafc.ru*

Одним из важных видов координационных способностей, в значительной мере определяющих достижение высоких спортивных результатов в игровых видах спорта и единоборствах, является способность к сохранению равновесия. В ранее проведенных исследованиях нами установлено, что электромагнитная (ЭМС) и электрическая (ЧЭССМ) стимуляция спинного мозга оказывают позитивное влияние на координационную структуру двигательной деятельности разной направленности. В связи с этим нами предпринята попытка изучить возможность использования стимуляционных воздействий на спинной мозг спортсменов для повышения их способности сохранять равновесие. В исследовании участвовали 8 баскетболистов и 7 футболистов в возрасте 18–26 лет. Баскетболистам наносилась ЭМС спинного мозга в области T11-T12 позвонков, а футболистам – ЧЭССМ в той же зоне. Продолжительность и частота обоих стимуляционных воздействий были одинаковыми и составляли: длительность стимуляции – 60 с, частота – 15 Гц. Интенсивность ЭМС и ЧЭССМ подбиралась для каждого испытуемого индивидуально. До и после стимуляции определялась способность к сохранению равновесия по показателям тестов «Устойчивость» и «Эвольвента», выполняемых испытуемыми на стабилографе «Стабилан 01–02» (ЗАО ОКБ «Ритм», г. Таганрог). Выяснено, что ЭМС и ЧЭССМ улучшают большинство тестовых показателей, отражающих уровень развития способности сохранять равновесие. Так, в тесте «Устойчивость» величина отклонения тела вправо у футболистов под воздействием ЧЭССМ увеличилась на 11,1% в сравнении с фоновым значением, а средняя ошибка «следающих движений» в тесте «Эвольвента» во фронтальной плоскости уменьшилась на 16,3%. Вероятно, улучшение способности к сохранению равновесия связано с повышением возбудимости моторных пулов, вызываемым стимуляционным воздействием на спинной мозг.



УДК 612.886+159.91+159.93+159.94  
**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРА  
ТЯЖЕСТИ ЧЕЛОВЕКА**  
**PROSPECTIVE RESEARCH DIRECTIONS  
OF THE HUMAN CENTER OF GRAVITY**

Александр Викторович Дёмин  
Alexander Viktorovich Dyomin

*Россия, Архангельск, Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М. В. Ломоносова*

*Russia, Arkhangelsk, M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University  
E-mail: adi81@yandex.ru*

Компьютерная стабилметрия (постурография) – это один из важных методов исследования характеристик управления позой человека, включая оценку соматосенсорной системы, зрительного анализатора и вестибулярного аппарата, а также его когнитивного статуса. В основе данного метода лежит количественный и качественный анализ колебательных движений центра тяжести (ЦТ) человека [1].

На основании обследований 2059 человек в возрасте от 5 до 95 лет при помощи компьютерного динамического постурографического (стабилметрического) комплекса «Smart Equitest Balance Manager», установлено, что изменения психоэмоционального состояния у людей, независимо от календарного возраста, оказывают влияние на компоненты их постурального баланса. Степень выраженности данных изменений достоверно отражается на колебательных движениях ЦТ, а также на показателях сенсорного организационного теста (Sensory Organization Test). Результаты исследований свидетельствуют, что ЦТ человека также является индикатором его психического состояния и эмоционально-поведенческого реагирования. Нами обозначены возможности использования компьютерной стабилметрии (постурографии) в психодиагностике.

Разработанная нами технология стабилметрической (постурографической) коррекции, посредством биологической обратной связи и учетом колебательных движений ЦТ, снижает у пациентов риск развития страхов, обид, разочарований, улучшает осознанность действий в управлении ЦТ при различных психоэмоциональных состояниях и когнитивных изменениях, помогает обрести уверенность в своих силах и в своих возможностях. ЦТ человека имеет огромный исследовательский потенциал для современной медицины, физиологии и психологии, их расшифровка и анализ позволят обозначить новые направления научных исследований, и не только в оценке постурального баланса человека.

Список литературы

1. Scataglini S. DHM and Posturography, 1st Edition / S. Scataglini, G. Paul. – London: Academic Press, 2019. – 860 p.

**ВЛИЯНИЕ НЕГАТИВНОГО ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ФОНА  
НА АКТИВНОСТЬ МОТОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ КОРЫ ПРИ  
ВЫПОЛНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ**  
**INFLUENCE OF A NEGATIVE EMOTIONAL BACKGROUND ON  
THE ACTIVITY OF THE MOTOR AREAS OF THE CORTEX WHEN  
PERFORMING VARIOUS MOVEMENTS**

Екатерина Дмитриевна Каримова  
Ekaterina Dmitrievna Karimova  
Россия, Москва, ИВНД и НФ РАН  
Russia, Moscow, IHNA&NPh of RAS  
E-mail: e.d.karimova@gmail.com

Еще в 1954 году Анри Гасто показал, что десинхронизация или подавление (то есть уменьшение амплитуды) мио-ритма происходит при выполнении движения. Общепринято, что увеличение амплитуды мио-ритма соответствует торможению соответствующей области коры, а ее уменьшение – активации [1, 2]. Целью данной работы было выявить активность моторных и премоторных областей коры головного мозга, используя коэффициент десинхронизации мио-ритма, при выполнении различных движений у испытуемых с различным уровнем тревожности и депрессии.

В исследовании приняли участие 32 здоровых испытуемых (6 муж., 26 жен., возраст от 25 до 40 лет, все правши). Проводили регистрацию ЭЭГ (BrainAmp DC, 32 канала, Brain Products GmbH, Germany) при выполнении четырёх различных движений, которые перед этим демонстрировали мужчина или женщина на экране монитора. С помощью метода ICA выделяли левую и правую компоненты мио-ритма, далее рассчитывали коэффициент десинхронизации для каждой пробы по формуле  $10\text{LOG} (P \text{ movement} / P \text{ baseline})$ . Негативное эмоциональное состояние оценивали с помощью шкал тревожности Спилбергера и шкалы депрессии Бека. Статистический анализ проводился с помощью дисперсионного анализа ANOVA с повторными измерениями и исследуемыми факторами.

В результате было получено, что у испытуемых с повышенным уровнем депрессии и ситуативной тревожности наблюдалась большая десинхронизация мио-ритма при выполнении двигательных актов. Левая компонента мио-ритма продемонстрировала достоверно большую степень десинхронизации мио-ритма. Также у испытуемых женского пола большую десинхронизацию вызвало выполнение движения после демонстрации женщиной.

Список литературы

1. Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information / W. Klimesch // Trends Cogn Sci. – 2012. – V. 16, № 12. – P. 606–617.
2. Pfurtscheller, G. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles / G. Pfurtscheller, F.H. Lopes da Silva // Clin Neurophysiol. – 1999. – V. 110, № 11. – P. 1842–1857.

УДК 612.763:612.743

**ОСОБЕННОСТИ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
СПИННОГО МОЗГА**  
**THE FEATURES OF SYNERGETIC INTERACTION OF LOWER  
EXTREMITIES' SKELETAL MUSCLES UNDER THE SPINAL CORD  
ELECTRICAL STIMULATION**

Сергей Александрович Моисеев

Sergey Alexandrovich Moiseev

*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта*

*Russia, Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports*

*E-mail: sergey\_moiseev@vlgafc.ru*

Целью работы явилось изучение нейронной основы синергетического взаимодействия скелетных мышц нижних конечностей в процессе локомоторной активности. Предполагалось определить взаимосвязь параметров моторного выхода локомоторных нейрональных сетей и центров, регулирующих пространственно-временные режимы взаимодействия мышц в структуре цикла шага и его периодов. Испытуемые шагали по тредбану в обычных условиях и при чрескожной электрической стимуляции спинного мозга. В таких условиях анализировали параметры синергий, извлекаемых с помощью метода главных компонент. Установлена реорганизация нейрональной активности спинальных локомоторных сетей, схожая с адаптационными процессами, компенсирующими двигательный дефицит у людей с патологиями нервной системы. Наносимая электростимуляция меняла реципрокные отношения одноименных билатеральных мышц нижних конечностей в структуре синергетических модулей, преимущественно в периоде переноса. Структура синергий демонстрировала комбинированные временные профили с несколькими пиками активности, а при стимуляции было отмечено формирование базового профиля с чётким очертанием основных колебаний. Пространственно-временная структура паттернов мышечных синергий при нахождении стопы на опоре оказывалась более стабильной, что вероятно связано с увеличением афферентации от опорных зон стопы, создающей оптимальные условия для инициации работы центральных генераторов локомоторных паттернов.

**ДИНАМИЧЕСКИЙ БАЛАНС ПОДДЕРЖАНИЯ ПОЗЫ  
В УСЛОВИЯХ НОРМАЛЬНОГО И ИЗМЕНЕННОГО  
ДОФАМИНЕРГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
НА МОДЕЛИ DAT-KO КРЫС  
DYNAMIC BALANCE OF POSTURAL MAINTENANCE UNDER  
CONDITIONS OF NORMAL AND ALTERED DOPAMINERGIC  
CONTROL IN THE DAT-KO RAT MODEL**

Д. С. Калинина<sup>1,2</sup>, Ю. И. Сысоев<sup>1,3</sup>, О. В. Горский<sup>1,3</sup>, П. Е. Мусиенко<sup>1</sup>  
D. S. Kalinina<sup>1,2</sup>, Y. I. Sysoev<sup>1,3</sup>, O. V. Gorskii<sup>1,3</sup>, P. E. Musienko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Санкт-Петербург, Институт трансляционной биомедицины СПбГУ,*

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

<sup>3</sup>*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН  
1Russia, St. Petersburg, Institute of Translational Biomedicine, St. Petersburg  
State University,*

<sup>2</sup>*Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology  
and Biochemistry RAS,*

<sup>3</sup>*Russia, St. Petersburg, Pavlova Institute of Physiology RAS  
kalinina.dana@gmail.com*

Нарушение дофаминергической системы приводит к снижению двигательной активности, снижению скорости моторных реакций, состоянию скованности и гипертонусу мышц. Ключевым регулятором активности дофамина (DA) является транспортер DA (DAT), который контролирует уровень внеклеточного DA в синаптической щели, транспортируя его обратно в нейроны. Для исследования дофаминергического контроля динамического поддержания позы использовали крыс с нокаутом гена, кодирующего DAT (n = 3) и WT (n = 3). Тест с проводился в трех условиях: нормальный уровень DA (WT), умеренный дефицит DA (WT после инъекции 250 мг/кг α-метил-п-тирозина - AMPT, ингибитор тирозингидроксилазы, WT+AMPT) и почти полное отсутствие DA (DAT-KO после 250 мг / кг AMPT, DAT-KO+AMPT). Для оценки реакции коррекции позы при горизонтальных латеральных смещениях платформы были имплантировали электроды ЭМГ в мышцу Gastrocnemius lateralis задних конечностей. Горизонтальные смещения у крыс с нормальным уровнем DA вызвали корректирующую реакцию ЭМГ вскоре после смещения платформы. У крыс с легким дефицитом DA корректирующий ответ был отсроченным, но имел более высокую амплитуду по сравнению с крысами с нормальным уровнем DA. Практически полное истощение DA привело к более ранней, но значительно меньшей амплитуде реакции после смещения. Эти наблюдения предполагают, что различный уровень DA может вызывать соответствующую тяжесть мышечной ригидности и нарушение постуральных корректирующих реакций на латеральное нарушение. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-2765.2021.1.4, а также при частичной поддержке РФФ (22-15-00092) Министерства науки и высшего образования РФ (рег. № гос. задания 075-00408-21-00).

УДК 612.821.6

**ВЛИЯНИЕ ОКСИДА АЗОТА НА УСЛОВНО-РЕФЛЕКТОРНОЕ  
ЗАМИРАНИЕ КРЫС  
THE ROLE OF NITRIC OXIDE IN CONTEXTUAL FEAR MEMORY  
IN RATS**

А.Х. Винарская, А.Б. Зюзина, П.М. Балабан

A.Kh. Vinarskaya, A.B. Zuzina, P.M. Balaban

*Россия, Москва, Федеральное бюджетное учреждение науки Институт  
высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Russia, Moscow,*

*Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,*

*Russian Academy of Science*

*E-mail: aliusha1976@mail.ru*

Согласно современным представлениям, оксид азота участвует в регуляции долговременной синаптической пластичности и долговременной памяти у беспозвоночных и позвоночных животных. При этом действие оксида азота зависит от протокола формирования долговременных изменений (сильный и слабый протоколы). В данной работе мы исследовали участие оксида азота в процессе реконсолидации (повторной консолидации долговременной памяти при напоминании) слабой условно-рефлекторной обстановочной памяти страха у крыс. Опыты проводили на крысах самцах линий Wistar массой 300–500 г. Мы использовали модифицированную модель обстановочного условно-рефлекторного замирания, в которой сила тока была снижена на порядок по сравнению с типичными значениями (0.05 мА). Такой слабый протокол обучения позволил получить память средней и слабой силы в группе подопытных животных. Через 24 ч после обучения тестировали условно-рефлекторный страх в условном контексте (Т1). Немедленно после теста Т1 животным вводили блокатор NO-синтазы L-NAME. Через 24 ч после введения веществ животных снова помещали в условный контекст на 180 с для тестирования (тест Т2). Введение блокатора NO-синтазы L-NAME в условиях реактивации памяти приводило к достоверному снижению времени замирания на условный контекст у крыс. Недавние исследования показали, что память, нарушенная во время реконсолидации, может быть восстановлена после инъекции ингибиторов гистондеацетилаз. Мы продемонстрировали, что при напоминании (реактивации памяти) в условиях блокады NO-синтазы введение блокатора гистондеацетилаз бутирата натрия предотвращало ухудшение обстановочной памяти. Таким образом, мы показали, что оксид азота вносит вклад в поддержание слабой условно-рефлекторной обстановочной памяти страха у крыс. Кроме того, согласно полученным данным ухудшение памяти, наблюдаемое при блокаде NO-синтазы, может быть компенсировано повышенным уровнем ацетилирования гистонов.

Работа поддержана грантом МОН № 075–15–2020–801.

УДК 612.886:616.858:532.5-022.213

**ПОСТАКТИВАЦИОННЫЙ ФЕНОМЕН У ЧЕЛОВЕКА  
В УСЛОВИЯХ НАЗЕМНОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ  
МОДЕЛИРОВАННОЙ ПРИ ПОМОЩИ "СУХОЙ" ИММЕРСИИ И  
ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ  
AFTERCONTRACTION PHENOMENON IN HUMANS UNDER  
EARTH-BASED MICROGRAVITY MODELED WITH "DRY"  
IMMERSION AND VERTICAL UNLOADING**

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

A.G. Peskova, A. Yu. Meigal, L.I. Gerasimova-Meigal

*Россия, Петрозаводск, ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный университет"*

*Russia, Petrozavodsk, Petrozavodsk State University*

*e-mail: meigal@petsu.ru, peskova@petsu.ru*

Постакивационный эффект (ПАЭ, феномен Конштамма) возникает в виде произвольного мышечного тонуса (МТ) после длительного изометрического сокращения скелетной мышце. Ранее было показано, что ПАЭ дельтовидных мышц (ДМ) усиливается (удлиняется примерно в два раза) после 45-минутной "сухой" иммерсии (СИ) [1], а при вертикальной разгрузке (ВР) может как увеличиться, так и уменьшаться, что противоречит известному гипотоническому эффекту микрогравитации на скелетные мышцы. Нами проведено повторное исследование ПАЭ в ДМ в условиях СИ (n=5, 19–20 лет) и ВР (n=6, 19–20) для уточнения влияния микрогравитации на ПАЭ. С учетом ранее проведенных исследований (n=14), ПАЭ в ДМ после сеанса СИ увеличился в виде удлинения с 60 до 115 с (p=0,02), тогда как амплитуда и средняя частота поверхностной ЭМГ ПАЭ не изменилась. Отдельным результатом является то, что средняя частота ЭМГ ПАЭ была на 7–17 Гц больше таковой при произвольной активности при той же средней амплитуде. При ВР разной степени (1,0, 0,5 и 0G, аппарат "Орто-рент") параметры ПАЭ, как было и ранее показано, не изменились. Таким образом, был верифицирован ранее полученный результат. Нами выдвинута гипотеза о специфическом влиянии биомеханической функции скелетной мышцы в реализации ПАЭ в условиях микрогравитации. В частности, функция ДМ (отведение рук) может считаться антигравитационной, что при вертикальной стойке после СИ важно для функции равновесия. Проводится проверка данного положения при помощи оценки ПАЭ в условиях СИ и ВР в двуглавых мышцах плеча, обладающих специфической функцией уменьшения площади поверхности тела.

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

**Список литературы**

1. Мейгал, А.Ю. Постакивационный эффект дельтовидной мышцы здорового молодого человека после краткосрочной "сухой" иммерсии / А.Ю. Мейгал, Л. И. Герасимова-Мейгал, А.Е. Пескова // Физиология человека – 2021. – Т. 47, № 3. – С. 52–59.

УДК 612.8

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ АКСИАЛЬНОГО ВЕСОВОГО НАГРУЖЕНИЯ  
И ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ  
ИЗМЕНЕНИЙ ВОЗБУДИМОСТИ МОТОНЕЙРОННОГО ПУЛА  
МЫШЦ ГОЛЕНИ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ  
THE EFFECTIVENESS OF AXIAL WEIGHT LOADING AND  
ELECTROMYOSTIMULATION IN PREVENTING CHANGES IN THE  
EXCITABILITY OF THE MOTONEURON POOL OF THE HUMAN SHIN  
MUSCLES UNDER THE CONDITIONS OF SUPPORT UNLOADING**

И. Н. Носикова, А. М. Рябова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская

I.N. Nosikova, A.M. Riabova, V.V. Kitov, E.S. Tomilovskaya

*Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН  
Russia, Moscow, State Scientific Center of the Russian Federation - Institute of  
Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences*

*E-mail: nosikovainna@mail.ru*

Показано, что даже после непродолжительных космических полетов (КП) изменяется активность нервной системы, в частности, тех структур мозга, которые связаны с моторным контролем. Эти изменения, адаптивные по своей сущности, вносят вклад в развитие космической болезни движения и гипогравитационной атаксии, нарушающих двигательные возможности и работоспособность космонавтов. Для уменьшения негативного влияния гипогравитации на двигательную систему на борту МКС используются такие средства «пассивной» профилактики, как костюм аксиального нагружения «Пингвин» и электромиостимуляция (ЭМС). Чтобы оценить эффективность данных средств профилактики, мы провели исследование в условиях 5-суточной «сухой» иммерсии (СИ, широко используемая наземная модель физиологических эффектов гипогравитации). В эксперименте приняли участие 24 добровольца, разделённых на контрольную группу и две экспериментальные: испытуемые, находясь в иммерсионной ванне, ежедневно в течение 4 часов были одеты в костюм «Пингвин» или получали низкоинтенсивную низкочастотную ЭМС нижних конечностей. Эффективность профилактики оценивали по характеристикам вызванных моторных ответов (ВМО) мышц-разгибателей голени, ответы вызывали с помощью трансспинальной магнитной стимуляции. В контрольной группе после СИ наблюдали снижение порогов и достоверное увеличение амплитуд ВМО по сравнению с фоновыми значениями, что свидетельствует о развитии гипогравитационной гиперрефлексии. В обеих экспериментальных группах пороги ВМО изменялись так же, как и в контрольной группе, однако амплитуды ВМО после СИ оставались близки к исходным значениям. Таким образом, наши исследования показали, что аксиальная нагрузка и ЭМС могут уменьшать проявления гипогравитационной гиперрефлексии. Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования (соглашение № 075–15-2022-298 от 18.04.2022 г.)

**ВЛИЯНИЕ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА МОТОРНЫЕ ФУНКЦИИ И  
ПОВЕДЕНИЕ У ДРОЗОФИЛЫ**  
**THE INFLUENCE OF MICROGRAVITY ON MOTOR FUNCTION AND  
BEHAVIOR IN DROSOPHILA**

Ю. В. Брагина<sup>1</sup>, Н.Г. Беседина<sup>1</sup>, Л.В. Даниленкова<sup>1</sup>, Е.А. Камышева<sup>1</sup>,  
О.Н. Ларина<sup>2</sup>, Н.Г. Камышев<sup>1</sup>  
J.V. Bragina<sup>1</sup>, N.G. Besedina<sup>1</sup>, L.V. Danilenkova<sup>1</sup>, E.A. Kamysheva<sup>1</sup>,  
O.N. Larina<sup>2</sup>, N.G. Kamyshev<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН

<sup>1</sup>Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

<sup>2</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS

E-mail: julia\_bragina@infran.ru

Дрозофила более века является классическим объектом генетики, полвека служит специалистам по генетике поведения и последние 25 лет помогает выяснять особенности реализации моторных функций генетикам и физиологам.

Мы исследовали влияние микрогравитации (невесомости) во время полетов на МКС на половое поведение, способность к взбиранию (геотаксис), локомоторную активность и звукопродукцию у самцов дрозофилы. Продолжительность пребывания на МКС составляла 7,5 суток и 12 суток.

После пребывания в условиях микрогравитации происходит снижение интенсивности ухаживания самца дрозофилы за самкой, снижение способности к взбиранию в вертикальной трубке и локомоторной активности по горизонтальной поверхности. Эти изменения поведения сохраняются по крайней мере в течение 10 дней после возвращения на землю. Однако уровень звукопродукции (исполнения самцом песни ухаживания) не отличался от наземного контроля. Следовательно, нарушения поведения и моторных функций не являются следствием генерализованного смещения баланса процессов возбуждения и торможения в сторону торможения в нервной системе мух.

После более продолжительного полета (12 суток) интенсивность работы песенного генератора моторного паттерна (оценивается по величине межимпульсного интервала) оказалась снижена. Косвенная оценка шагательного генератора (скорость локомоции) выявила, что интенсивность его работы зависит от продолжительности воздействия микрогравитации.

Таким образом, воздействие микрогравитации (невесомости) носит специфический характер на разные поведенческие акты и моторные программы у дрозофилы.

Благодарим ЦКП «Биоколлекция» ИФ РАН за помощь в поддержании линий дрозофилы.



УДК 612.812

**РАСШИРЕНИЕ ЗНАНИЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ  
В КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА МКС ПОД  
РУКОВОДСТВОМ И. Б. КОЗЛОВСКОЙ  
EXPANDING THE KNOWLEDGE OF GRAVITATIONAL  
PHYSIOLOGY IN SPACE EXPERIMENTS ON THE ISS UNDER THE  
GUIDANCE OF I.B. KOZLOVSKAYA**

Е. В. Фомина, Н. Ю. Лысова, Д. Р. Бабич, А.В. Шпаков,  
А.О. Савинкина, Н. А. Сенаторова, Е. Н. Ярманова  
E.V. Fomina, N.Yu. Lysova, D.R. Babich, A.V. Shpakov,  
A.O. Savinkina, N.A. Senatorova, E.N. Yarmanova

*Россия, Москва, ГИЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН  
Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, RAS  
E-mail: fomin-fomin@yandex.ru*

Результаты космических эксперимента «Профилактика» и «Профилактика-2» позволили расширить представления о роли опорной афферентации в развитии гипогравитационного двигательного синдрома. Локомоторные физические тренировки в режиме чередования интенсивного бега и ходьбы в ходе длительного космического полета наиболее успешно предотвращают увеличение электромиографической стоимости ходьбы после космического полета. Бег с высокой скоростью обеспечивает величину опорных реакций, сопоставимую с величиной таковых во время ходьбы в условиях Земли.

Время стимуляции рецепторов опоры с интенсивностью больше веса тела за локомоторную тренировку составляет в среднем 3 минуты. Увеличение времени взаимодействия стопы с опорой во время локомоторной тренировки в длительном космическом полете сопровождается уменьшением послеполетных изменений ЭМГ камбаловидной мышцы при выполнении ходьбы.

В ходе космического полета наблюдалось снижение частоты пЭМГ камбаловидной мышцы и снижение энтропии сигнала при выполнении штатного теста МО-3, что свидетельствует о функциональных перестройках, обусловленных сочетанным влиянием пребывания человека в условиях космического полета и эффектов применения средств профилактики негативных влияний невесомости.

Показана возможность использования пассивного средства профилактики КОР-01-Н в течение 3-х суток вместо тренировок на беговой дорожке без снижения уровня физической работоспособности.

Таким образом, в космических экспериментах, начатых под руководством И. Б. Козловской, удалось расширить знания гравитационной физиологии о роли опорной афферентации в развитии гипогравитационного двигательного синдрома и предложить новое пассивное средство профилактики негативных влияний невесомости для кратковременной компенсации дефицита информации от рецепторов опоры в ходе космического полета. Работа поддержана базовым финансированием РАН 63.1. и госкорпорацией Роскосмос.

**ОЦЕНКА ФОРМИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ГИПЕРАЛГЕЗИИ  
В МОДЕЛЯХ НЕЙРОПАТИЧЕСКОЙ БОЛИ У КРЫС  
EVALUATION OF FORMATION OF MECHANICAL HYPERALGESIA  
IN MODELS OF NEUROPATHIC PAIN IN RATS**

И.Ш. Аглиуллов, М.Э. Балтин, А. О. Федянин, Т.В. Балтина  
I.Sh. Agliullov, M.E. Baltin, A.O. Fedyanin, T.V. Baltina  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: iagliullov2014@litsey2.ru*

Была проведена оценка аллодинии стопы крыс в модели контузионной травмы спинного мозга (ТСМ) и в модели компрессионного повреждения седалищного нерва на адекватность воспроизведения болевого синдрома при нейропатической боли. Все эксперименты были выполнены с соблюдением биоэтических норм. Для оценки аллодинии проводили тест на определение механической чувствительности с помощью волосков Фрея.

Результаты показали, что при ТСМ, по сравнению с контрольной группой, порог на механическое раздражение через 2 недели был значительно выше и составил  $400 \pm 105\%$  ( $p < 0,05$ ) у крыс без боли. Через 6 недель после ТСМ порог на механическое раздражение снижался ( $287 \pm 116\%$ ), но был выше, чем до операции. У животных с развивающейся тактильной аллодинией порог достоверно снижался к 6 недели с составил  $47 \pm 10\%$ . Через 2 недели после ТСМ у 9 крыс пороги были выше, чем в контроле, у 8 крыс порог был выше, чем до операции, а у 2 крыс – порог снижался и их рассматривали как животных, с развивающейся тактильной аллодинией (нейропатической болью). У крыс с травмой седалищного нерва через 2 недели у 4 крыс пороги были выше, чем в контроле, у 6 – ниже и их рассматривали как животных с развивающейся тактильной аллодинией. Через 6 недель чувствительность восстанавливалась у 4 крыс без боли, но порог был выше, чем до операции, а у 6 крыс с нейропатической болью – порог снижался. У крыс без боли по сравнению с контрольной группой порог на механическое раздражение через 2 недели был значительно выше и составил  $395 \pm 98\%$  ( $p < 0,05$ ). Через 6 недель после операции порог на механическое раздражение снижался ( $286 \pm 108\%$ ), но был выше, чем до операции. У животных с развивающейся тактильной аллодинией порог достоверно снижался к 6 недели составил  $15 \pm 5\%$  от контроля.

Таким образом, в группе денервации наблюдалось большее количество проявления нейропатической боли, чем при ТСМ. Наши данные демонстрируют денервацию как эффективную модель нейропатической боли. Исследование выполнено по Договору НИР № 10294, заказчик: «Центр нейробиологии и нейрореабилитации имени В. Зельмана, Сколковский институт науки и технологий, 121205, Москва, Россия», за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-75-30024).

УДК 612.881

**ПОДДЕРЖАНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ У ЧЕЛОВЕКА С  
РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ СВОБОДЫ ОТ ВНЕШНИХ СИГНАЛОВ  
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ  
РЕАЛЬНОСТИ**

**MAINTAINING A VERTICAL POSTURE OF A HUMAN WITH A  
DIFFERENT DEGREE OF FREEDOM FROM EXTERNAL SIGNALS  
WHEN USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES**

М.Э. Балтин<sup>1,2</sup>, Р.И. Тукмаков<sup>1</sup>, Л.М. Бикчентаева<sup>1</sup>, В.В. Смирнова<sup>1</sup>,  
О.А. Саченков<sup>1</sup>, Т.В. Балтина<sup>1</sup>

M. E. Baltin<sup>1,2</sup>, R.I. Tukmakov<sup>1</sup>, L.M. Bikchentaeva<sup>1</sup>, V.V. Smirnova<sup>1</sup>,  
O.A. Sachenkov<sup>1</sup>, T.V. Baltina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

<sup>2</sup>*Россия, Казань, Поволжский государственный университет физической  
культуры, спорта и туризма*

<sup>1</sup>*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

<sup>2</sup>*Russia, Kazan, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism  
aban.bog@mail.ru*

У людей с различной степенью свободы от внешних (зрительных) сигналов (полезависимых и полenezависимых) по-разному проявляется воздействие на постральную устойчивость и на возможность ее коррекции. Целью работы являлось определение влияния технологий виртуальной реальности на поддержание вертикальной позы человека с различным когнитивным профилем, применяя оригинальный метод кинематического анализа и стабилотрии.

Для разделения испытуемых на группы полезависимых и полenezависимых был проведен зрительный тест «Включенные фигуры Готтшальдта». Для оценки постральной устойчивости применялись стабилотризатор «Стабилон-01–2» (Россия, Таганрог) и система захвата движения «Vicon MX» (Оксфорд, Великобритания).

В результате анализа данных было показано, что в группах полenezависимых и полезависимых условно здоровых испытуемых стратегии сегментарной стабилизации тела различались, и эти различия усиливались во время просмотра видео в шлеме виртуальной реальности. У полenezависимых испытуемых во время просмотра видео в шлеме виртуальной реальности, увеличивалось смещение всего блока голова-туловище для поддержания вертикальной позы. У полenezависимых испытуемых сегменты тела (голова, плечи, таз) при поддержании равновесия двигались независимо друг от друга, и условия изменения зрительной информации – в шлеме виртуальной реальности и видеоряда на экране телевизора, мало влияли на позу. В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что при подборе реабилитационных стратегий необходимо учитывать когнитивную составляющую поддержания баланса у человека.

**ЧРЕСКОЖНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА КАК МЕТОД  
УЛУЧШЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА  
TRANSCUTANEOUS SPINAL CORD STIMULATION AS A METHOD  
OF IMPROVING POSTURAL STABILITY IN HUMANS**

Л. М. Бикчентаева, Г. Г. Яфарова, Т.В. Балтина

L.M. Bikchentaeva, G.G. Yafarova, T.V. Baltina

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: leysanbm@mail.ru*

Метод чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) успешно применяют для восстановления двигательной функции у пациентов с травмой спинного мозга, однако его влияние на поструральную устойчивость человека исследовано недостаточно. Целью данного исследования была оценка эффективности стимуляции шейного отдела спинного мозга на механизмы поддержания вертикального положения тела человека.

В исследовании приняли участие 6 здоровых испытуемых без неврологических и двигательных нарушений с их информированного добровольного согласия. Была записана стабилеографическая проба в контроле, во время стимуляции и после прекращения стимуляции. Исследование было проведено в 3 этапа: когда испытуемый стоял на твердой поверхности с открытыми глазами, стойка на твердой поверхности с закрытыми глазами, стоя на мягкой поверхности с открытыми глазами. Сила стимуляции составляла 90% от порога возникновения ответов в мышцах верхних конечностей, с частотой 20 Гц и 30 Гц, область стимуляции – между С5-С6 позвонками.

Результаты: на всех трех этапах исследования показатель качество функции равновесия (КФР) увеличивался во время стимуляции. Было получено увеличение мощности зоны очень низкой частоты при стимуляции 20 Гц и 30 Гц в пробе с открытыми глазами, во время стимуляции 30 Гц для фронтальной плоскости в пробе с закрытыми глазами, во время стимуляции 20 Гц для сагиттальной плоскости на мягкой поверхности. Во время стимуляции как с частотой в 20 Гц, так и с частотой в 30 Гц было получено достоверное уменьшение мощности зоны высокой частоты на всех трех этапах исследования. В целом, уменьшение мощности высокочастотной области спектра стабилеограмм наряду с улучшением векторного показателя КФР говорит о положительном влиянии ЧЭССМ шейного отдела спинного мозга на поструральную устойчивость человека как в стандартных условиях, так и при депривации зрения, и в условиях снижения свойств опоры. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № 0671–2020–0059.

УДК 612.741.1

**ФОРМИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО НАВЫКА С УЧЕТОМ  
ЛАТЕРАЛЬНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ ВЕРХНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ  
FORMATION OF A MOTOR SKILL TAKING INTO ACCOUNT THE  
LATERAL DOMINATION OF THE UPPER LIMB**

Янина Евгеньевна Бугаец

Yanina Evgenevna Bugaets

*Россия, Краснодар, Кубанский государственный университет  
физической культуры, спорта и туризма*

*Russia, Krasnodar, Kuban State University of Physical Education,  
Sports and Tourism*

*E-mail: yana\_bugaetz@mail.ru*

Учитывая значимость влияния функциональной асимметрии на формирование двигательных навыков [1], изучали биомеханические параметры движения и электромиограммы мышц кисти в процессе моторного обучения у лиц с разным доминированием верхних конечностей. Предлагали трудную моторную задачу в виде нажатия пальцами клавиш компьютерной клавиатуры в необычной последовательности. Для формирования двигательного навыка лицам с доминированием правой руки требовалось  $192 \pm 13$  повторений при работе ведущей конечностью и  $231 \pm 15$  – неведущей. Количество ошибок, совершаемое за весь период обучения, составляло  $50 \pm 3$  и  $68 \pm 4$ , соответственно. Время, реализации движения, в начале обучения составляло  $8,08 \pm 0,6$  с для ведущей и  $8,41 \pm 0,7$  с для неведущей руки, к его завершению снижалось ( $2,19 \pm 0,3$  с и  $2,75 \pm 0,2$  с). Обнаруженная в начале исследования в обеих конечностях значительная площадь электромиограммы (СЭМГ) и максимальная мощность ее спектра ( $F_{max}$  ЭМГ) к концу обучения характеризовалась уменьшением СЭМГ и незначительным ростом  $F_{max}$  ЭМГ. У леворуких исследуемых отмечалась меньшее количество повторений при работе обеими конечностями ( $176 \pm 11$  и  $218 \pm 13$ , соответственно) и совершаемыми ошибками ( $38 \pm 5$  и  $28 \pm 7$ ). Время реализации движения в начале обучения было больше, чем у правой (10,18 ± 0,5 с и 10,27 ± 0,8 с), и не отличалось от показателей у праворуких к его завершению. Значения СЭМГ мышц были больше у ведущей руки,  $F_{max}$  ЭМГ – неведущей и снижались в процессе обучения.

Таким образом, леворукие исследуемые, по сравнению с праворукими, легче справлялись с решением моторной задачи и характеризовались оптимальными электромиографическими показателями обеих конечностей.

Список литературы

1. Еганов, А.В. Зависимость проявления моторной симметрии-асимметрии парных конечностей от двигательного-координационных способностей занимающихся прикладными видами единоборств / А.В. Еганов, Ю. Г. Мартемьянов, В.В. Янчик, А.О. Халабов // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 2. – С. 168–173.

УДК 612.8.02

**ВЛИЯНИЕ ЧЭССМ НА АКТИВНОСТЬ АФФЕРЕНТОВ Ia И II В СИСТЕМЕ МЫШЦ-АНТАГОНИСТОВ ГОЛЕНИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ЛОКОМОТОРНЫХ ДВИЖЕНИЯХ**  
**THE EFFECT OF tESCS ON THE ACTIVITY OF AFFERENTS Ia AND II IN THE SYSTEM OF ANTAGONIST MUSCLES OF THE LOWER LEG DURING VARIOUS LOCOMOTOR MOVEMENTS**

Д. А. Гладченко, А.А. Челноков, И. В. Алексеева

D.A. Gladchenko, A.A. Chelnokov, I.V. Alekseeva

*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия физической культуры и спорта*

*Russia, Velikiye Luki, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports*

*E-mail: gladchenko84@outlook.com*

Цель - оценить влияние чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) на активность афферентов Ia и II у m.m. tibialis anterior (TA) и gastrocnemius med. (GM) при выполнении различных видов ходьбы.

В исследовании приняли участие семь испытуемых мужского пола в возрасте от 19 до 28 лет. Оценка активности первичных и вторичных афферентов вычислялась с применением ЭМГ записей и математических моделей. ЭМГ исследуемых мышц представляла собой выпрямленный, усредненный и нормализованный сигнал, предварительно обработанный в пакете прикладных программ для решения задач технических вычислений MatLab. Регистрация биопотенциалов мышц выполнялась до и во время 30-секундной электростимуляции спинного мозга в области T11-T12 грудных позвонков при ходьбе по подвижной ленте тредбана со скоростью 3 км/ч и по неподвижной ленте тредбана (проталкивание ленты тредбана усилиями ног). За фоновые значения принимались показатели активности афферентов Ia и II без воздействия ЧЭССМ.

Во время ЧЭССМ в сочетании с ходьбой по подвижной и неподвижной ленте тредбана наблюдалось повышение активности афферентных волокон Ia и II TA и GM по сравнению с фоном. Проталкивание ленты тредбана усилиями ног при электростимуляции спинного мозга увеличивало афферентную активность мышечных веретен TA и GM в сравнении с ходьбой по подвижной ленте тредбана. Активность афферентов II исследуемых мышц при ходьбе по неподвижному тредбану на фоне ЧЭССМ была больше по сравнению с афферентами Ia. Таким образом, при различной работе мышц во время локомоторных движений ЧЭССМ оказывает влияния на функциональную активность афферентов Ia и II в системе мышц-антагонистов голени.

УДК 611.7

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ METHODS FOR ANALYSIS OF THE POSTURAL STABILITY

М. В. Дакинова, Л. М. Бикчентаева, Г. Г. Яфарова, Т.В. Балтина,  
Е. В. Семенова

M.V. Dakinova, L.M. Bikchentaeva, G.G. Yafarova, T.V. Baltina,  
E.V. Semenova

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет  
Russia, Kazan, Kazan Federal University  
E-mail: elena.semionova2011@gmail.com*

При анализе цифровых сигналов стандартным подходом является применение спектрального анализа. Распространенный метод преобразования Фурье имеет ряд ограничений для нестационарных и нелинейных сигналов. Альтернативой этого метода является преобразование Гильберта – Хуанга [1]. Основной идеей метода является построение спектра Гильберта с использованием эмпирической модовой декомпозиции. При таком подходе базовые функции строятся с учетом особенностей анализируемого сигнала [2].

Постуральная устойчивость – это способность поддерживать вертикальное положение внутри границ базы опоры. Существует несколько механизмов поддержания равновесия: вестибулярная, зрительная и сенсорная системы. Стабилограмма фиксирует те колебания, которые возникают при попытках удержания равновесия. Эти колебания могут быть не заметны визуально, но фиксируются прибором [3, 4].

В работе в качестве входных данных были рассмотрены данные стабилограмм человека при попытках удержания равновесия в течение минуты с закрытыми и открытыми глазами. Для данных были построены спектры с применением преобразования Фурье и преобразования Гильберта – Хуанга.

Список литературы

1. Huang, N. E. The Empirical Mode Decomposition and the Hilbert Spectrum for Nonlinear and Nonstationary Time Series Analysis / N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N. C. Yen, C. C. Tung, H. H. Liu // Proceedings of the Royal Society of London. Series A: mathematical, physical, and engineering sciences. 454(1971). 903–995.

2. Микулович, А.В. Анализ нестационарных сигналов на основе преобразования Гильберта–Хуанга/ Ш.Ч. Кан, А. В. Микулович, В.И. Микулович // Информатика. – 2010. – № 2. – С. 25–35.

3. Доценко, В.И. Современные алгоритмы стабилметрической диагностики постуральных нарушений в клинической практике / В. И. Доценко, В. И. Усачев, С. В. Морозова, М.А. Скедина // МС. – 2017. – №8. – С.116-122.

4.Скворцов, Д.В. Стабилметрическое исследование: краткое руководство / Д. В. Скворцов – М.: Маска, 2010–176 с.: ил. ISBN 978–5–91146–505–6.

УДК 612.812

**НОВЫЕ РЕЖИМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ПРОФИЛАКТИКИ  
В ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ  
EFFECTIVENESS OF PREVENTIVE MEASURES IN LONG-TERM  
SPACE FLIGHT**

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

N.A. Senatorova, N.Yu Lysova, E.V. Fomina

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

*Russia, Moscow, State Scientific Center of Russian Federation - Institute  
of Biomedical Problems, RAS*

*E-mail: sennat24@yandex.ru*

**Введение.** В условиях космического полета происходят изменения практически во всех системах организма, влияющих на физическую работоспособность. Целью данной работы являлось определение эффективности применяемых средств профилактики негативных воздействий условий невесомости на основе оценки уровня физической работоспособности.

**Методы.** Для выполнения поставленной задачи в рамках эксперимента «Профилактика-2» космонавты ( $n=11$ , возраст  $44 \pm 7$  года, продолжительность полета от 170 до 355 суток) выполняли ступенчатый локомоторный тест по протоколу МО-3 до и после применения средств профилактики, в частности, тренировок с компенсатором опорной разгрузки (КОР-01-Н) в течение 3-6 суток, на велоэргометре ВБ-3М в течение 3-6 суток, тренировок на бегущей дорожке БД-2 дважды в день в течение 14 дней на заключительном этапе полета. Тест выполнялся в пассивном режиме работы БД-2 (передвижение полотна дорожки усилием ног) с регистрацией данных ЭКГ, скорости локомоций, дистанции, уровня осевой нагрузки. Оценка уровня работоспособности проводилась по расчету пульсовой суммы за период работы и восстановления, нормированная на величину осевой нагрузки и пройденную дистанцию, а также по показателю физиологической стоимости нагрузки.

**Результаты.** Тренировки с КОР-01-Н в течение 3–6 суток на начальном этапе полета ( $n=8$ ,  $p>0,05$ ) и двухразовые тренировки на бегущей дорожке в течение 14 дней на заключительном этапе полета ( $n=5$ ,  $p>0,05$ ) не привели к изменению уровня физической работоспособности и ответа вегетативных систем на физическую нагрузку. Тренировки на ВБ-3М два раза в день способствовали снижению физиологической стоимости нагрузки ( $n=7$ ,  $p=0,003$ ).

**Заключение.** Впервые в космическом эксперименте проведена оценка эффективности нового пассивного средства профилактики КОР-01-Н и показана возможность его использования в течение 3–6 суток без снижения уровня физической работоспособности. Выполнена оценка эффективности двухразовых тренировок на велоэргометре и БД-2.

Работа поддержана базовым финансированием РАН 63.1.



УДК 612.531

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРИЧЕСКОЙ И ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ  
НАГРУЗКИ НА АРХИТЕКТУРУ И ГИПЕРТРОФИЮ МЫШЦ**  
**THE EFFECT OF CONCENTRIC AND ECCENTRIC LOAD ON THE  
MUSCLE ARCHITECTURE AND HYPERTROPHY**

Ксения Владимировна Сергеева

Ksenia Vladimirovna Sergeeva

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

*Russia, Moscow, Russian State University of Physical Culture, Sports,  
Youth and Tourism*

*E-mail: sergeeva\_xenia@mail.ru*

Проведенные ранее исследования показали связь между механическим напряжением, развиваемым сократительным аппаратом, и мышечной гипертрофией, определяя механический фактор одним из наиболее важных стимулов роста мышц [1]. В данной связи особого внимания заслуживает эксцентрический режим мышечного сокращения, во время которого мышца может развивать силу в 1,2–1,8 раз превышающую максимальную изометрическую силу, растягиваясь под воздействием внешнего отягощения [2]. Настоящее исследование посвящено сравнительному анализу результатов влияния «акцентированной эксцентрической тренировки» и традиционной силовой тренировки на архитектурные и морфологические параметры латеральной широкой мышцы бедра (*vastus lateralis*, VL) с участием 30 здоровых мужчин представителей силовых видов спорта. Результаты эксперимента показали, что при равном тренировочном объеме наибольший прирост анатомической площади поперечного сечения (*anatomical cross sectional area*, ACSA), объема мышцы, угла перистости и физиологической площади поперечного сечения (*physiological cross sectional area*, PCSA) VL были получены в группе, применявшей акцентированную эксцентрическую нагрузку. Кроме того, показано, что угол перистости и PCSA увеличились в большей степени, чем ACSA и объем мышцы. Наши данные убедительно указывают на тесную связь между углом перистости и мышечной гипертрофией. Увеличение данного параметра, обусловленное пространственными ограничениями в увеличивающейся мышце, может являться надежным показателем оценки степени гипертрофии мышц.

Список литературы:

1. Ashida, Y. Effects of contraction mode and stimulation frequency on electrical stimulation-induced skeletal muscle hypertrophy / Y. Ashida, K. Himori, D. Tatebayashi [et al.]. // *J. Appl. Physiol.* – 2018. – Vol. 124, No. 2. – P. 341–348.
2. Hahn D. Stretching the limits of maximal voluntary eccentric force production in vivo / D. Hahn // *J. Sport Health Sci.* – 2018. – Vol. 7, No. 3. – P. 275–281.

УДК 612.766.1

**МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДВИЖЕНИЯ ПО ДАННЫМ  
ВИДЕО ФИКСАЦИИ VICON  
METHODS FOR PROCESSING AND ANALYSIS OF MOTION WITH  
VICON MOTION CAPTURE SYSTEM**

В. В. Смирнова, Т. В. Балтина, М.Э. Балтин, О. А. Саченков  
V. V. Smirnova, T.V. Baltina, M.E. Baltin, O. A. Sachenkov  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: yaikovavictoriya@mail.ru*

На сегодняшний день существует множество причин, по которым происходит нарушение двигательных функций человека, в частности, ухудшается нормальная походка. К таким заболеваниям относится инсульт, аналогичные проблемы имеют лица с ограниченными возможностями здоровья с повреждениями спинного мозга в различных областях, больные сколиозом, остеохондрозом, гемипарезом церебрального генеза [1-2] и др. Анализ походки - важный инструмент для планирования клинического лечения. Его активно внедряют в спортивную индустрию для прогнозирования травм. Сейчас походка является одним из главных индикаторов состояния здоровья человека.

Актуальной задачей является получение методики, которая сократит время диагностики заболеваний, а также способствует корректировке применяемой терапии в зависимости от текущего состояния пациента [3]. Представленная ниже методика позволяет получить классификацию пациентов по кинематическим параметрам. Такой подход позволяет выделить нетипичные случаи и впоследствии отделить норму от патологии.

Согласно полученным результатам, средние углы в фазе переноса изменяются пропорционально средним углам в фазе опоры для бедренного и коленного сустава. Эта информация вместе с результатами t-критерия для парных выборок позволяет сделать вывод о достоверности распределения по группам. Фаза опоры занимает около 60% цикла шага, что помогает выровнять тело. Возможно, по этой причине нет статистической разницы между некоторыми группами в фазе опоры.

Список литературы

1. Gage J.R. Gait analysis in cerebral palsy/ J.R. Gage. – London: Mac Keith Press, 1991. – 206 p.
2. Vitenson, S.A. Peculiarities of biomechanical structure of walking of healthy children of different age groups / S.A. Vitenson, K.A. Petrushanskaya, I.A. Matveeva, G.P. Gritsenko, I. A. Sutchenkov // Russian Journal of Biomechanics. – 2013. – V. 17. – P. 69-83.
3. Gawłowska, A. Ground reaction forces during stair climbing in transfemoral amputation – a case study / A. Gawłowska, B. Zagrodny // Russian Journal of Biomechanics. – 2020. – V. 24. – P. 391-400.

УДК 591.17

**МЕХАНИЗМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕЛОВЕКА В СТАТИЧЕСКОМ ТЕСТЕ С  
ПОВОРОТАМИ ГОЛОВЫ**  
**MECHANISMS FOR MAINTAINING POSTURAL STABILITY IN THE  
STATIC TEST WITH HEAD TURNS**

В.К.Цюпа, Л.М.Бикчентаева, Т.В.Балтина, Г.Г.Яфарова  
V.K.Tsyupa, L.M. Bikchentaeva, T.V.Baltina, G.G. Yafarova  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: veronikatsyupa@gmail.com*

Статический позно-тонический рефлекс (рефлекс положения) при повороте головы обеспечивает перераспределение мышечного тонуса в зависимости от положения тела в пространстве и обеспечивает сохранение равновесия тела. У взрослого человека рефлекс положения трудно оценить визуально из-за сильного контроля со стороны надстволовых структур центральной нервной системы. Цель работы – определить изменение подошвенного давления при реализации статического шейно-тонического рефлекса на повороты головы у здоровых испытуемых с применением метода плантографии.

В исследовании приняли участие 31 здоровый субъект в возрасте от 19 до 23 лет. Было проведено плантографическое исследование длительно-стью по 20 секунд в стандартной стойке, а также при поворотах головы направо и налево. Определялось давление левой и правой стопы и рассчитывался коэффициент латеральной асимметрии.

По коэффициенту асимметрии в стандартной стойке (голова прямо) испытуемых разделили на 2 группы: у 19 субъектов преобладало давление правой стопы, у 12 – левой. У испытуемых с правосторонней латерализацией при повороте головы налево выявлялась лишь тенденция к увеличению давления правой конечности, при повороте направо наблюдалось достоверное увеличение давления контралатеральной (левой) ноги в среднем на 10%, притом у 10 испытуемых наблюдалась смена латерализации - осуществлялся перенос давления на левую стопу. У субъектов с преобладанием давления левой стопы поворот головы вправо наблюдалась тенденция к увеличению давления левой стопы; поворот головы налево (в сторону преобладания давления в фоне) приводил к увеличению давления правой конечности в среднем на 7%, контралатеральный переноса веса тела на правую конечность фиксировался у 4 испытуемых из 11.

Таким образом, плантография позволяет оценить реализацию статический позно-тонического рефлекса на повороты головы у человека, при этом необходимо учитывать функциональную латеральную асимметрию ног.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № 0671–2020–0059.

УДК 612.83

**ЭФФЕКТ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
СПИННОГО МОЗГА НА ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ  
РЕЦИПРОКНОГО И ПРЕСИНАПТИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ У  
ЗДОРОВЫХ ИСПЫТУЕМЫХ**

**EFFECT OF TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL SPINAL CORD  
STIMULATION ON THE FUNCTIONAL ACTIVITY OF RECIPROCAL  
AND PRESYNAPTIC INHIBITION IN HEALTHY SUBJECTS**

А.А. Челноков, Д. А. Гладченко, Л. В. Рощина, С. М. Богданов  
A.A. Chelnokov, D.A. Gladchenko, L.V. Roshchina, S.M. Bogdanov  
*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта*  
*Russia, Velikiye Luki, Velikiye Luki State Academy of Physical Culture and Sports*  
*E-mail: and-chelnokov@yandex.ru*

Цель исследования заключалась в изучении влияния 20-минутной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) на проявление реципрокного (РТ) и пресинаптического торможения (ПТ) в системе мышц-антагонистов голени у 10 здоровых мужчин в возрасте 27–35 лет. РТ и ПТ оценивалось по подавлению амплитуды тестирующего Н-рефлекса *m. soleus* в условиях кондиционирующей стимуляции *n. peroneus profundus* и тестирующего раздражения *n. tibialis* с межстимульными интервалами 3 мс и 100 мс, соответственно. Регистрация РТ и ПТ проводилась на протяжении 20-минутной ЧЭССМ в области Т11-Т12 грудных позвонков в покое, в сочетании с произвольным мышечным усилием (5% от МПС) и после воздействия стимуляции.

На протяжении 20-минутной ЧЭССМ в покое выраженность РТ снижалась, инвертируясь на реципрокное облегчение, а ПТ ослабевало только на 20 мин стимуляционного воздействия, причем в постактивационный период активность процессов спинального торможения в системе мышц-антагонистов соответствовала фоновым значениям. Наибольший эффект ЧЭССМ отмечался при выполнении 5% от МПС, который сопровождался усилением активности РТ в течение 10 мин воздействия и 10 мин после окончания стимуляции. Выраженность ПТ во время и после окончания стимуляции спинного мозга оставалась неизменной и соответствовала фоновым значениям. Активность ПТ была выражена в большей степени во время продолжительной стимуляции спинного мозга в состоянии покоя и при выполнении 5% от МПС, а также в постактивационный период.

Выявленные изменения в спинальных тормозных взаимодействиях в системе мышц-антагонистов на основе эффектов ЧЭССМ при выполнении произвольного мышечного напряжения, вероятно, связаны с тем, что в данном случае тормозные интернейрональные сети спинного мозга находятся под воздействием более широкого спектра нисходящих супраспинальных и восходящих периферических влияний по сравнению со стимуляцией спинного мозга в состоянии покоя.

УДК 612.833+591.51

**ВЛИЯНИЕ ТРЕВОЖНО-ПОДОБНОГО СОСТОЯНИЯ НА  
ЛОКОМОЦИЮ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ**  
**INFLUENCE OF THE ANXIETY-SUNDAY STATE ON THE GRAPE  
SNAIL'S LOCOMOTION**

А.И. Чумарина, Д. И. Силантьева  
A.I. Chumarina, D.I. Silantyeva

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: chumarinaadilya@yandex.ru*

Все живые организмы в случае опасности проявляют специфическую поведенческую реакцию в виде страха и тревоги. Страх является стратегией, имеющей значение для выживания организмов, тревожность – неадекватная реакция, протекающая в отсутствии действительно угрожающего стимула и приводящая к возникновению патологических состояний. У человека тревожность проявляется как автоматический и неконтролируемый ответ, имеющий глубокие корни в эволюционном прошлом. За последние несколько лет были тщательно изучены механизмы, лежащие в основе тревожности у различных позвоночных и беспозвоночных животных. Одной из часто встречаемых поведенческих реакций животных является изменение локомоторной активности. Целью данного исследования было изучение локомоторных реакций моллюсков *Helix pomatia* при формировании тревожно-подобного состояния.

Тревожно-подобное состояние формировалось в течение 17 дней. Животному предъявлялись 4 ежедневных электрических стимула в область головы с интервалом 1,5 часа в течение 4 дней. Затем проводился 10 дневный перерыв и повторялась серия электрических стимуляций. Моллюски тестировались до выработки тревожно-подобного состояния, а затем каждый день после процедуры ее формирования.

В нашем исследовании достоверные изменения параметров локомоции наблюдались на 14–16 день эксперимента. Было выявлено, что длина подошвы животного достоверно увеличивалась до  $7,2 \pm 0,2$  см на 14 день и до  $7,1 \pm 0,2$  см, на 15 ый по сравнению с контрольным значением в  $6,5 \pm 0,4$  см. Скорость генерации мышечной волны также увеличивалась, так время прохождения одиночной сократительной волны достоверно уменьшалось на 14 ( $14,1 \pm 1$  сек) и 16 ( $13,2 \pm 0,4$  сек) сутки формирования тревожно-подобного состояния. Так как скорость локомоции определяется длиной шага и частотой генерации мышечных волн [1], то это свидетельствует об ее увеличении. Можно добавить, что поведенческие эффекты интенсивной локомоции у моллюсков сходны с таковыми у человека, и сопровождаются уменьшением защитных реакций и увеличением общей активности

Список литературы

1. Павлова Г. А. Зависимость между формой подошвы и скоростью локомоции *Helix lucorum* и *Helix pomatia* / Г.А.Павлова // Докл.АН. – 1994. – Т.335, №2. – С.258-260.

**Симпозиум: «Сигнализация в скелетных мышцах и нейронах», посвященный 75-летию со дня рождения  
Е. Е. Никольского**



*Евгений Евгеньевич Никольский,  
д. м. н., профессор, академик РАН  
(1947-2018)*

УДК 612.81

**ВКЛАД АКАДЕМИКА Е. Е. НИКОЛЬСКОГО В СТАНОВЛЕНИЕ  
СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О НЕКВАНТОВОМ  
ВЫДЕЛЕНИИ НЕЙРОМЕДИАТОРА  
CONTRIBUTION OF ACADEMICIAN E.E. NIKOLSKY IN THE  
FORMATION OF MODERN CONCEPTS ABOUT THE NON-  
QUANTAL NEUROTRANSMITTER RELEASE**

Артем Иванович Маломуж

Artem Ivanovich Malomouzh

*Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН*

*Russia, Kazan, Kazan institute of biochemistry and biophysics FRC RAS*

*E-mail: artur57@list.ru*

Евгений Евгеньевич Никольский (11.04.1947 — 14.06.2018) является одним из ярких представителей Казанской нейрофизиологической школы, основанной Ф. В. Овсянниковым. Научные исследования, проводимые Е. Е. Никольским, посвящены различным аспектам функционирования периферического синапса: изучение механизмов утомления мышцы, кинетики активации и инактивации холинорецепторов постсинаптической мембраны, свойства и функции пресинаптических холинорецепторов, механизмы синхронного и асинхронного квантового выделения нейромедиатора.

Однако, основную известность Евгению Евгеньевичу приносит цикл работ, посвященных изучению процесса неквантового выделения медиатора. Именно Е. Е. Никольским были получены доказательства того, что механизм данного процесса нейросекреции обладает специфической зависимостью от температуры и концентрации внеклеточных ионов, способен регулироваться широким спектром синаптически активных молекул независимо от процессов квантовой секреции. Им получен ряд данных, демонстрирующих физиологическую роль неквантово выделяемого ацетилхолина в регуляции функциональных свойств мышечных волокон. По теме неквантовой нейросекреции Е. Е. Никольским опубликовано более 40 полновесных статей, индексируемых авторитетными научными базами данных. Строго говоря, именно результаты работ Евгения Евгеньевича позволили к настоящему моменту сформулировать следующее утверждение: неквантовое выделение нейромедиатора - самостоятельный вид нейросекреции, выполняющий вполне определенную физиологическую роль, связанную с контролем функции секретирующей и эффекторной клеток. Как показывают данные различных исследовательских групп, медиатор выделяется неквантово не только в периферической, но и в центральной нервной системе, где он участвует во множестве процессов, происходящих на разных стадиях онтогенеза. Есть все основания полагать, что дальнейшее изучение процесса неквантового выделения нейромедиатора существенно изменит наше представление о механизмах передачи информации в синапсах химического типа.

УДК 612.81

**ВОЗБУДИМОСТЬ НЕЙРОНОВ ТРОЙНИЧНОГО  
ГАНГЛИЯ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕНАТАЛЬНОЙ  
ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИИ**  
**EXCITABILITY OF TRIGEMINAL NEURONS FROM RATS WITH  
PRENATAL HYPERHOMOCYSTEINEMIA**

Гузель Фаритовна Ситдикова

Guzel Faritovna Sitdikova

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: sitdikovaguzel@gmail.com*

Гомоцистеин – серосодержащая аминокислота, являющаяся метаболитом метионина, поступающего с пищей. Ряд наследственных или приобретенных факторов может приводить к повышению уровня гомоцистеина в плазме – гипергомоцистеинемии (гГЦ). Клинические данные указывают, что гГЦ ассоциируется с повышенным риском развития мигрени, однако, экспериментальные данные, подтверждающие такую связь, отсутствуют. Целью работы было проанализировать возбудимость периферического звена системы тройничного нерва у крыс с пренатальной гГЦ. Для моделирования гГЦ самки крысы получали диету с повышенным содержанием метионина во время беременности. Эксперименты проводились на потомстве возраста 10-12 дней или 30-45 дней. Электрическую активность афферентов тройничного нерва регистрировали с помощью внеклеточного электрода в препарате полочерпа крысы. С использованием электрофизиологических и флуоресцентных методов анализировали электрические свойства мембраны, а также изменение уровня кальция в изолированных нейронах тройничного ганглия. Кроме того, оценивали уровень дегрануляции тучных клеток в твердой мозговой оболочке крыс с гГЦ. В результате исследований было показано, что частота потенциалов действия (ПД) тройничного нерва у крыс с гГЦ возрастало при аппликации более низких концентраций КСI по сравнению с контролем. Анализ свойств нейронов тройничного ганглия показал, что мембранный потенциал, порог генерации и амплитудно-временные параметры ПД у крыс с гГЦ не отличались от контроля, однако, снижалась пороговая величина тока (реобазы), вызывающая ПД. Кроме того, возрастало число ПД, генерируемых в ответ на аппликацию тока в 2-х реобазы. В нейронах крыс с гГЦ параметры Ca<sup>2+</sup>-сигналов вызванных аппликацией НМДА не отличался от контроля, однако, значительно возрастали амплитуда и площадь АТФ – вызванных ответов. Кроме того, наблюдалось усиление дегрануляции тучных клеток в условиях гГЦ. Таким образом, в условиях гГЦ повышается возбудимость нейронов тройничного ганглия, что может лежать в основе более высокого риска возникновения головной боли при мигрени при повышении уровня гомоцистеина. Работа поддержана грантом РНФ 20-15-00100.



УДК 612.833+591.51

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕМОТОРНЫХ  
ИНТЕРНЕЙРОНОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ УСЛОВНОГО  
РЕФЛЕКСА НА ОБСТАНОВКУ И ЕЕ РЕКОНСОЛИДАЦИИ**  
**ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF PREMOTOR  
INTERNEURONS DURING THE FORMATION OF A CONDITIONAL  
REFLEX TO THE ENVIRONMENT AND ITS RECONSOLIDATION**

Халил Латыпович Гайнутдинов

Khalil Latypovich Gainutdinov

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: kh\_gainutdinov@mail.ru*

Анализ клеточных механизмов, определяющих длительные модификации поведения, представляется принципиальным, так как биофизические и биохимические характеристики нервных клеток являются важным фактором, определяющим формирование долговременной памяти [1]. Целый ряд экспериментальных работ, свидетельствующих о мембранных коррелятах обучения, показывают корреляцию поведенческих результатов обучения с электрическими характеристиками нейронов. Ранее нами были показаны мембранные корреляты (изменение мембранного и порогового потенциалов командных нейронов) для условных оборонительных рефлексов. При изучении реконсолидации долговременной контекстуальной памяти у виноградной улитки используют обучение условному оборонительному рефлексу на обстановку - УОР [2]. Чтобы получить ответ мы провели исследование изменений электрических характеристик премоторных интернейронов LPa3 и RPa3 после выработки условного обстановочного рефлекса.

Было показано, что выработка УОР у улитки сопровождается снижением величин мембранного и порогового потенциалов нейронов LPa3 и RPa3. Не было обнаружено дальнейших достоверных изменений мембранного потенциала у улиток после напоминания как с последующей инъекцией блокатора белкового синтеза анизомицина, так и физиологического раствора. Пороговый потенциал этих нейронов снижается после обучения и сохраняется далее неизменным после напоминания.

Список литературы

1. Муранова, Л.Н. Изменение мембранного и порогового потенциалов командных нейронов виноградной улитки при выработке условного оборонительного рефлекса на обстановку / Л. Н. Муранова, В. В. Андрианов, Т.Х. Богодвид, И. Б. Дерябина, С.А. Лазутин, Х.Л. Гайнутдинов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2019. – Т. 168, № 12. – С. 664–667.

2. Deryabina, I.B. Effects of thryptophan hydroxylase blockade by p-chlorophenylalanine on contextual memory reconsolidation after training of different intensity. Int. J. Mol. Sci. / I.B. Deryabina, L.N. Muranova, V.V. Andrianov, T.Kh. Bogodvid, Kh.L. Gainutdinov // Int. J. Mol. Sci. – 2020. – V. 21. – Article 2087.

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА И СТРИАТУМА У ГРЫЗУНОВ В УСЛОВИЯХ СИМУЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ****FUNCTIONAL STATE OF HIPPOCAMPAL AND STRIATAL NEURONS IN RODENTS UNDER SIMULATED MICROGRAVITY**

М. В. Глазова<sup>1</sup>, Е. А. Олейник<sup>1</sup>, А. А. Наумова<sup>1</sup>, С. А. Тыганов<sup>2</sup>, Б. С. Шенкман<sup>2</sup>  
M. V. Glazova<sup>1</sup>, A. A. Naumova<sup>1</sup>, E. A. Oleinik<sup>1</sup>, S. A. Tyganov<sup>2</sup>, B. S. Shenkman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Санкт-Петербург, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова РАН;*

<sup>2</sup>*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН*

<sup>1</sup>*Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: mglazova@iephb.ru*

Гиппокамп является частью лимбической системы, которая участвует в формировании поведенческих реакций, формирования памяти, пространственной ориентации, когнитивных процессах и поддержании гомеостаза путем регуляции вегетативных функций. С другой стороны известно, что дорсальный стриатум представляет собой центральное звено контроля двигательной активности и формирования двигательных навыков. При этом гиппокамп и дорсальный стриатум динамически взаимодействуют, переводя декларативную память в руководство текущими действиями и, соответственно, к гибкому навигационному поведению. В рамках нашего исследования мы оценили динамику изменений функционального состояния нейронов гиппокампа и стриатума в условиях симулированной микрогравитации (антиортостатическое вывешивание) различной продолжительности. Полученные результаты показали динамические изменения глутаматергической системы гиппокампа: от первоначального ингибирования на первых днях вывешивания, до значительной активации к 14-му дню. При этом на первых днях вывешивания мы наблюдали активацию Akt-зависимых механизмов выживаемости нейронов. Однако в процессе вывешивания в гиппокампе происходила активация аутофагии и апоптоза, что было особенно выражено через 7 суток вывешивания. На более длительных сроках процессы аутофагии и апоптоза затухают, что может свидетельствовать об активации адаптационных механизмов. Мы также провели анализ уровня нейрогенеза в гиппокампе и показали снижение уровня пролиферации и нейрональной дифференцировки, зависящие от длительности вывешивания. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что снижение числа пролиферирующих клеток и нейрональных прогениторов связано с активацией процессов апоптоза или аутофагии в гиппокампе, а также с нарушением работы глутаматергической системы. С другой стороны, в дорсальном стриатуме мы также наблюдали снижение дофаминергической иннервации, что может быть напрямую связано с ингибированием глутаматергической

системы гиппокампа. При этом результаты показали повышение уровня экспрессии дофаминовых рецепторов D2 (D2R), которые участвуют в активации непрямого пути и последующем торможении двигательной активности. Мы предположили, что активация непрямого пути индуцируется отсутствием нормальной локомоции задних конечностей

Таким образом, мы показали негативное влияние симулированной микрогравитации на функциональное состояние нейронов гиппокампа и стриатума, что может быть опосредовано комплексом факторов, возникающих при вывешивании, таких как перераспределение жидкости, двигательной разгрузкой и стрессом. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 20-015-00062 и государственного задания.

УДК 612.83: 616–009.6

**ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА АФФЕРЕНТАЦИИ НА ЭКСПРЕССИЮ  
КАЛЬБИДИНА В СПИНАЛЬНЫХ МОТОНЕЙРОНАХ  
EFFECT OF AFFERENTATION DEFICIENCY ON CALBINDIN  
EXPRESSION IN SPINAL MOTORNEURONS**

В. В. Порсева, Н. Д. Преображенский, П.М. Маслюков  
V. V. Porseva, N. D. Preobrazhensky, P. M. Maslyukov  
*Россия, Ярославль, Ярославский государственный медицинский  
университет  
Russia, Yaroslavl, Yaroslavl State Medical University  
E-mail: vvporseva@mail.ru*

Возникающий в условиях микрогравитации дефицит экстеро- и проприоцептивного притоков приводит к частичной или полной сенсорной депривации двигательной функции [1]. В условиях длительного космического полета в мотонейронах грудных сегментов спинного мозга (СМ) мышцей развиваются реактивные изменения, одним из которых является повышение содержания кальций-связывающих белков [2]. Цель настоящей работы – выявить изменения экспрессии кальбиндина 28 кДа (КАБ) в мотонейронах Т3-5 сегментов СМ на фоне дефицита афферентации, вызванной капсаицином.

Особенности экспрессии КАБ изучали иммуногистохимическим методом у самок мышей C57/BL6 в возрасте 4–5 месяцев на серийных поперечных срезах СМ, толщиной 14 мкм. Деафферентацию моделировали путем подкожного введения капсаицина однократно в дозе 50 мг/кг, забор материала осуществляли на 30 день в эксперименте (n=4) одновременно с контролем (n=4).

В контроле мотонейроны с КАБ представлены единичными клетками на каждом третьем-четвертом срезе СМ. В опытной группе мотонейроны с КАБ выявлялись на каждом срезе СМ, их доля составила 12.4±4.3% от всей популяции мотонейронов пластинки IX. Средняя площадь сечения мотонейронов с КАБ опытной группы превышала показатель группы контроля на 18.2%. Таким образом, изменения структурных характеристик мотонейронов с КАБ после введения капсаицина при отсутствии их деструк-

ции следует отнести к реактивным, что свидетельствует о функциональной адаптации мотонейронов СМ к меняющимся афферентным влияниям.

Список литературы

1. Shenkman, B.S. Tonic activity and gravitational control of the postural muscle / B.S. Shenkman, T.M. Mirzoev, I.B. Kozlovskay // Human Physiology. – 2021. – V.7, No 44. – P. 744-756.

2. Porseva, V.V. Calbindin-D28k immunoreactivity in the mice thoracic spinal cord after space flight / V.V. Porseva, V.V. Shilkin, I.B. Krasnov, P.M Masliukov // International Journal of Astrobiology. – 2015. – V.4, No14. – P. 555-562.

УДК 612.741.91

## **MITOCHONDRIA AND SKELETAL MUSCLE FIBERS: ONLY POWERHOUSE OR ALSO COMMAND CENTER?**

Carlo Reggiani

*Dept of Biomedical Sciences, University of Padova, Italy*

Skeletal muscles have a highly variable energy need, very low at rest, very high during explosive or intense activity, also high but at sustainable level during long lasting contractile activity. The energy supply for long lasting activity is provided by mitochondria which can generate ATP from pyruvate and fatty acid via citric acid cycle and respiratory chain.

The regulation of mitochondrial ATP production is based on a feed forward mechanism guided by calcium uptake. Calcium released by SR not only triggers contraction but also activate three mitochondrial dehydrogenases. In addition, a feed back mechanism based on ADP/ATP ratio controls ATP production.

Beside this major and essential function, other roles have been attributed to mitochondria. They are still debated and can be briefly summarized here:

1) As in other cell types excessive calcium uptake by mitochondria (calcium overload) might trigger apoptosis in skeletal muscle fibers. This has been demonstrated in dystrophic muscles, but it is still under discussion whether apoptosis and myonuclear elimination occurs in muscle atrophy.

2) In many cell types mitochondria have proved to be able to modulate cytosolic calcium level and therefore a number of functions which are calcium dependent, for example neurotransmitter release or secretion. It is unclear whether this occurs in skeletal muscle fibers.

3) In the last few years, mitochondria have been linked also to control of fiber size. Evidence for this has been collected from experiments on genetic manipulation of mitochondrial dynamics (fusion, fission, etc) and of calcium uptake. It is, however, unclear whether i) mitochondria are directly responsible for regulation of fiber size or ii) fiber size and mitochondria are independently affected by the same intracellular signalling pathways or iii) changes in fiber size are related to the energy status of the muscle fibers, possibly controlled by mitochondria.

УДК 612.741.91

**ВВЕДЕНИЕ  $\beta$ -GPA ПРЕДОТВРАЩАЕТ СНИЖЕНИЕ РЯДА  
ПАРАМЕТРОВ БИОГЕНЕЗА МИТОХОНДРИЙ И РИБОСОМ НА  
ФОНЕ 7-СУТОЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ  
ADMINISTRATION OF  $\beta$ -GPA PREVENTS DECREASE OF  
SEVERAL PARAMETERS OF MITOCHONDRIAL AND RIBOSOMAL  
BIOGENESIS AFTER 7 DAYS OF FUNCTIONAL UNLOADING**

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

K.A. Sharlo, I.D. Lvova, B.S. Shenkman

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

*Russia, Moscow, FSC RF - Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: sharlokris@gmail.com*

Целью данной работы являлось выявление роли накопления макроэргических фосфатов в развитии повышенной утомляемости скелетных мышц крыс и соответствующих изменениях молекулярных регуляторных путей после 7 суток функциональной разгрузки задних конечностей крыс. В качестве фармакологического агента, предотвращающего накопление макроэргических фосфатов в мышце, использовали  $\beta$ -GPA ( $\beta$ -гуанидинпропионовую кислоту).

24 крысы линии Wistar были случайным образом разделены на следующие экспериментальные группы: С – виварный контроль с внутривентральным введением физраствора, 7Н – 7-суточная функциональная разгрузка с введением физраствора, 7НВ – 7-суточная функциональная разгрузка с введением  $\beta$ -GPA (400 мг/кг). Функциональная разгрузка моделировалась по методу вывешивания задних конечностей крыс.

После 7 суток вывешивания в группе 7Н было обнаружено повышение утомляемости камбаловидной мышцы животных, что сопровождалось снижением доли «медленных» скелетных волокон, числа копий митохондриальной ДНК, снижением содержания мРНК и белка PGC1 $\alpha$ , снижением экспрессии митокина MOTS-C, а также снижением содержания рРНК 18 и 28S. Все эти эффекты предотвращались в группе 7НВ.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что накопление макроэргических фосфатов на ранних сроках вывешивания является причиной развития повышенной утомляемости мышц и снижения содержания митохондриальной ДНК и белков, а также вносит вклад в снижение содержания рибосомальной РНК в данных условиях.

Работа поддержана грантом РФФ №21–75–00063.

**РОЛЬ ТРАНСКРИПЦИОННЫХ ФАКТОРОВ СЕМЕЙСТВ CREB/  
ATF/AP-1 И MYC В РЕГУЛЯЦИИ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО  
БИОГЕНЕЗА В ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ МИОТУБАХ В БАЗАЛЬНОМ  
СОСТОЯНИИ**  
**ROLE OF EARLY RESPONSE GENES RELATED TO THE CREB/ATF/  
AP-1 AND MYC FAMILIES IN REGULATION OF MITOCHONDRIAL  
BIOGENESIS IN PRIMARY HUMAN MYOTUBES**

Т. Ф. Вепхвадзе<sup>1,2</sup>, П.А. Махновский<sup>1</sup>, Д. В. Попов<sup>1,2</sup>  
T. F. Vepkhvadze<sup>1,2</sup>, P.A. Makhnovskii<sup>1</sup>, D.V. Popov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН

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

<sup>1</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems of the RAS

<sup>2</sup>Russia, Moscow, Lomonosov Moscow State University

E-mail: anegina13@gmail.com

Увеличение двигательной активности активирует биогенез митохондрий в скелетной мышце и позитивно влияет на углеводно-жировой обмен на уровне организма. Однократная физическая нагрузка вызывает значительные изменения транскриптома, что связано с быстрой активацией множества транскрипционных факторов, в частности, CREB/ATF/AP-1 и MYC. Цель работы – исследовать роль генов раннего ответа, кодирующих транскрипционные факторы семейств CREB/ATF/AP-1 и MYC, в регуляции биогенеза митохондрий в модели первичных миотуб человека.

Миобласты были получены из проб *m. vastus lateralis* молодых мужчин; после дифференцировки в миотубы экспрессию генов-мишеней подавляли с помощью siRNA (Lipofectamine RNAiMAX). Анализ белок-белковых взаимодействий выявил, что транскрипционные факторы семейств CREB/ATF/AP-1 и MYC, образуют гетеродимеры. Поэтому проводили нокдаун одновременно для двух генов, белковые продукты которых потенциально образуют гетеродимеры: MYC-MAX, CREB1-ATF4, JUNB-JUND, FOS-JUN. С помощью qPCR оценивали экспрессию генов-мишеней, генов ключевых транскрипционных регуляторов митохондриального биогенеза и углеводно-жирового обмена (PPARGC1A, TFAM, NR4A3), а также генов, кодирующих белки окислительного фосфорилирования, входящих в состав дыхательных комплексов I–V (NDUFB8, SDHB, UQCRC2, MT-CO1, ATP5A1).

Одновременный нокдаун пары генов транскрипционных факторов CREB1-ATF4 и JUNB-JUND оказал небольшое негативное влияние на экспрессию мРНК белков митохондриальных дыхательных ферментов в базальном состоянии. Мы предполагаем, что этот эффект будет более выражен (и будет обнаружен для других пар транскрипционных факторов) при исследовании ответов миотуб на электростимуляцию (клеточная модель регулярных аэробных физических нагрузок), что является следующим этапом нашей работы.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20–015–00415.

**АКТИВАЦИЯ КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО КАЛИЕВОГО КАНАЛА  
УЛУЧШАЕТ ФУНКЦИЮ МИТОХОНДРИЙ, НО НЕ ВЛИЯЕТ  
НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ ПРИ ДИСТРОФИИ ДЮШЕННА  
ACTIVATION OF THE CALCIUM-DEPENDENT POTASSIUM  
CHANNEL IMPROVES MITOCHONDRIAL FUNCTION, BUT  
DOES NOT AFFECT THE INTENSITY OF SKELETAL MUSCLE  
DESTRUCTION IN DUSCHENNE DYSTROPHY**

М.В. Дубинин<sup>1</sup>, В.С. Старинец<sup>1,2</sup>, Н.В. Белослудцева<sup>2</sup>,  
Ю.А. Челядникова<sup>1</sup>, И.Б. Михеева<sup>2</sup>, К.Н. Белослудцев<sup>1</sup>  
M.V. Dubinin<sup>1</sup>, V.S. Starinets<sup>1</sup>, N.V. Belosludtseva<sup>2</sup>,  
Yu.A. Chelyadnikova<sup>1</sup>, I.B. Mikheeva<sup>2</sup>, K.N. Belosludtsev<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Россия, Пушкино, ИТЭБ РАН*

<sup>1</sup>*Russia, Yoshkar-Ola, Mari State University*

<sup>2</sup>*Russia, Pushchino, ITEB RAS*

*E-mail: dubinin1989@gmail.com*

Митохондриальная дисфункция является одним из факторов, способствующих быстрому прогрессированию мышечной дистрофии Дюшенна (МДД) – наследственного заболевания, вызванного мутациями в гене белка дистрофина. При МДД митохондрии характеризуются снижением интенсивности синтеза АТФ и эффективности транспорта и аккумуляции ионов кальция и калия. В работе нами оценено влияние NS1619 (активатор Ca<sup>2+</sup>-активируемого K<sup>+</sup> канала ВКСа) *in vivo* на развитие МДД и сопутствующей этой патологии дисфункции митохондрий скелетной мускулатуры модельных дистрофин-дефицитных mdx мышей. Нами установлено, что введение NS1619 способствует восстановлению уровня экспрессии гена ВКСа в скелетных мышцах mdx мышей до уровня животных дикого типа. Это сопровождалось увеличением скорости транспорта ионов K<sup>+</sup> и содержания этого иона в митохондриях скелетных мышц mdx мышей. Введение NS1619 также привело к достоверному снижению интенсивности перекисного окисления липидов (оценивалось по содержанию малонового диальдегида) в митохондриях скелетных мышц, а также увеличению кальций-аккумулирующей способности органелл по сравнению с контрольными дистрофин-дефицитными животными. Кроме того, нами отмечена нормализация ультраструктуры и размера митохондрий в скелетной мускулатуре mdx мышей, получавших NS1619. Наряду с этим нами не отмечено влияния такой терапии на уровень ферментов-маркеров воспалительного процесса (креатинкиназа, АСТ, ЛДГ) в сыворотке, интенсивность фиброза и мышечную силу mdx мышей. Таким образом, активация ВКСа несколько улучшает митохондриальную функцию, но не оказывает влияния на интенсивность деструктивных процессов в скелетной мускулатуре при дистрофии Дюшенна.

Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 20–75–10006.

УДК 615.036

**АЛИСПОРИВИР ОСЛАБЛЯЕТ МИТОХОНДРИАЛЬНУЮ  
ДИСФУНКЦИЮ В КЛЕТКАХ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПРИ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ У МЫШЕЙ  
ALISPORIVIR ALLEVIATES MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION  
IN SKELETAL MUSCLE CELLS IN EXPERIMENTAL DIABETES  
MELLITUS IN MICE**

К.Н. Белослудцев<sup>1,2</sup>, В.С. Старинец<sup>1,2</sup>, М.В. Дубинин<sup>1</sup>, Н.В. Белослудцева<sup>2</sup>  
K.N. Belosludtsev<sup>1,2</sup>, V.S. Starinets<sup>1,2</sup>, M.V. Dubinin<sup>1</sup>, N.V. Belosludtseva<sup>1</sup>

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

<sup>1</sup>*Россия, Пуццо, ИТЭБ РАН*

<sup>1</sup>*Russia, Yoshkar-Ola, Mari State University*

<sup>1</sup>*Russia, Pushchino, ITEB RAS*

*E-mail: bekonik@gmail.com*

Сахарный диабет – одно из самых распространенных метаболических заболеваний, связанных либо с нарушением секреции инсулина (сахарный диабет I типа), либо с инсулинорезистентностью органов и тканей организма человека и животных (сахарный диабет II типа). Считается, что митохондриальная дисфункция является одним из процессов, вовлеченных в развитие сахарного диабета на клеточном уровне. Установлено, что сахарный диабет или гипергликемия приводят к усиленной генерации активных форм кислорода митохондриями, нарушению процессов окислительного фосфорилирования и падения мембранного потенциала. Вместе с тем роль такого патологического процесса как индукция митохондриальной поры (МРТ поры) в развитии сахарного диабета до конца не установлена. Целью настоящей работы являлось изучение антидиабетического потенциала нового неиммуносупрессорного ингибитора МРТ поры алиспоривира и его возможного протекторного действия на митохондриальную дисфункцию в скелетной мускулатуре мышей с экспериментальным сахарным диабетом.

Нами установлено, что внутривнутрибрюшинное введение алиспоривира (2.5 мг/кг в течение 3 недель) мышам с индуцированным сахарным диабетом диабетическим животным приводит к достоверному увеличению скорости утилизации глюкозы из крови при проведении глюкозо-толерантного теста. Продемонстрировано, что введение диабетическим животным алиспоривира приводило к нормализации ультраструктуры митохондрий скелетной мускулатуры, что сопровождалось восстановлением функциональных митохондриальных параметров: увеличение параметра дыхательного контроля, снижение концентрации малонового диальдегида в митохондриях и увеличение резистентности к МРТ поре. Таким образом, алиспоривир способен оказывать антидиабетическое действие и снижать последствия митохондриальной дисфункции при экспериментальном сахарном диабете у мышей.

Работа выполнена при поддержке РФФ, проект № 20–15–00120.



УДК 612.74

**МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ БИОГЕНЕЗА  
РИБОСОМ В ПОСТУРАЛЬНОЙ МЫШЦЕ КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ  
МОДЕЛИРУЕМОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ**  
**MOLECULAR MECHANISMS REGULATING RIBOSOME  
BIOGENESIS IN RAT POSTURAL MUSCLE UNDER SIMULATED  
MICROGRAVITY**

Тимур Махмашарифович Мирзоев  
Timur Makhmasharifovich Mirzoev  
*Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН*  
*Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS*  
*E-mail: tmirzoev@yandex.ru*

Длительное пребывание человека в условиях реальной или моделируемой микрогравитации неизбежно приводит к выраженной атрофии постуральных («антигравитационных») мышц и, в особенности, камбаловидной мышцы (*m. soleus*). Мышечная атрофия такого рода во многом связана со значительным снижением интенсивности синтеза мышечных белков. Одним из ключевых факторов, определяющим интенсивность белкового синтеза в клетке, является наличие необходимого количества доступных рибосом, что, в свою очередь, зависит от синтеза рибосом *de novo*. Однако внутриклеточные сигнальные пути, контролирующие биогенез рибосом в скелетных мышцах в условиях гравитационной разгрузки, являются малоисследованными. В докладе будут представлены новые данные лаборатории миологии ГНЦ РФ – ИМБП РАН о динамике биогенеза рибосом и возможных сигнальных путях регуляции этого процесса в *m. soleus* лабораторных крыс в условиях моделируемой микрогравитации. Моделирование микрогравитации осуществлялось методом антиортостатического вывешивания задних конечностей грызунов. В качестве ингибиторов внутриклеточных регуляторов биогенеза рибосом – протеинкиназ *mTORC1* и *GSK-3* – использовались, соответственно, рапамицин и *AR-A014418*. Ключевые маркеры биогенеза рибосом оценивались методом гель-электрофореза, иммуноблоттинга и ПЦР. Интенсивность синтеза белка определялась методом *SUnSET*. Гравитационная разгрузка привела к достоверному снижению биогенеза рибосом в *m. soleus* крыс после 1, 3, 7 и 14 суток воздействия. Ингибирование *GSK-3* на фоне 7-суточной гравитационной разгрузки предотвратило снижение экспрессии *mPНК с-Мус*, экспрессии *45S пре-rPНК* и содержания *18S rPНК* и *28S rPНК*, что сопровождалось частичным предотвращением снижения белкового синтеза в *m. soleus* крысы. Введение рапамицина на фоне 7-суточного вывешивания не оказало влияния на ключевые маркеры биогенеза рибосом в *m. soleus* крысы. Таким образом, вызванное разгрузкой подавление белкового синтеза сопровождалось снижением биогенеза рибосом, при этом повышенная активность *GSK-3* вносила вклад в регуляцию этих процессов в постуральной *m. soleus*. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 17–75–20152).

УДК 612.744.2

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА, СОДЕРЖАНИЕ  
МИОКИНОВ И ОДНОВАЛЕНТНЫХ КАТИОНОВ НАТРИЯ И  
КАЛИЯ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ МЫШЕЙ**  
**INFLUENCE OF PHYSICAL EXERCISE ON THE INDICATORS  
OF ENERGY METABOLISM, THE CONTENT OF MYOKINES AND  
UNIVALENT CATIONS OF SODIUM AND POTASSIUM IN THE  
SKELETAL MUSCLES OF MICE**

А.Н. Захарова<sup>1</sup>, К.Г. Милованова<sup>1</sup>, О.В. Коллантай<sup>1</sup>, А.А. Орлова<sup>1</sup>,  
Е.Ю. Дьякова<sup>1</sup>, А.В. Кабачкова<sup>1</sup>, А.В. Чибалин<sup>1</sup>, Л.В. Капилевич<sup>1,2</sup>  
A.N. Zakharova<sup>1</sup>, K.G. Milovanova<sup>1</sup>, O.V. Kollantay<sup>1</sup>, A.A. Orlova<sup>1</sup>,  
E.Yu. Dyakova<sup>1</sup>, A.V. Kabachkova<sup>1</sup>, A.V. Chibalin<sup>1</sup>, L.V. Kapilevich<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Томск, Национальный исследовательский  
Томский государственный университет,

<sup>2</sup>Россия, Томск, Сибирский государственный медицинский университет

<sup>1</sup>Russia, Tomsk, National Research Tomsk State University,

<sup>2</sup>Russia, Tomsk, Siberian State Medical University

E-mail: kapil@yandex.ru

Содержание миокинов в мышечной ткани в ответ на нагрузку зависит от предварительной тренировки. Как динамические, так и статические нагрузки по-разному влияют на содержание миокинов в мышцах нетренированных и предварительно тренированных экспериментальных животных. Обнаруженные различия могут быть основаны на ряде механизмов. Клеточный состав скелетных мышц и фенотипические характеристики мышечных волокон, изменяясь в результате регулярных тренировок, могут модифицировать процессы продукции миокинов. Однако обнаруженное влияние физической нагрузки на изменении концентрации миокинов, показатели метаболизма (NDUFB8, SDHB, UQCRC2, MTCO1, ATP5F1A), диссипацию трансмембранных градиентов одновалентных катионов позволяет предположить, что определенную роль в этом могут играть Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-зависимые механизмы запуска транскрипции генов, а также перечисленные выше факторы.

Модификация этих механизмов под влиянием физических нагрузок различного характера и интенсивности представляет значительный интерес, поскольку является перспективным способом воздействия на метаболические процессы как на клеточном, так и на системном уровне [1,2].

Список литературы

1. Mika, A. Effect of Exercise on Fatty Acid Metabolism and Adipokine Secretion in Adipose Tissue / A. Mika, F. Macaluso, R. Barone, V. Di Felice, T. Sledzinski // Front. Physiol. – 2019. – V. 10:26. doi:10.3389/fphys.2019.00026.

2. Suzuki, K. Characterization of Exercise-Induced Cytokine Release, the Impacts on the Body, the Mechanisms and Modulations / K. Suzuki // Int. J. Sports Exerc. Med. – 2019. – V.5:122. doi:10.23937/2469-5718/1510122.

**МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ СВИНЦОВОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НА  
МИОЗИН В ЖЕЛУДОЧКАХ И ПРЕДСЕРДИЯХ КРЫСЫ**  
**MECHANISMS OF THE INFLUENCE OF LEAD INTOXICATION ON  
MYOSIN IN RAT VENTRICLES AND ATRIA**

О. П. Герцен, С. Р. Набиев, Л. В. Никитина

O.P. Gerzen, S.R. Nabiev, L.V. Nikitina

*Россия, Екатеринбург, Институт иммунологии и физиологии УрО РАН*

*Russia, Ekaterinburg, Institute of Immunology and Physiology*

*E-mail: o.p.gerzen@gmail.com*

По данным ВОЗ сердечно-сосудистые болезни являются основной причиной смертности во всем мире, и воздействие токсичных веществ способствуют возникновению или обострению этих патологий. Свинец является наиболее распространенным ксенобиотиком в окружающей среде [1]. Известно негативное влияние свинца на функцию сердечной мышцы, но выяснение молекулярных механизмов остаётся актуальной научной проблемой. Цель – изучить влияние свинцовой интоксикации на механические и структурные характеристики миозина разных отделов сердца.

Аутбредным крысам-самцам внутрибрюшинно вводили сублетальные дозы ацетата свинца [2,3]. Состав изоформ тяжелых (МНС) и легких (МЛС) цепей миозина миокарда крыс определяли методом гель-электрофореза. Определение уровня фосфорилирования легкой регуляторной цепи (RLC) миозина проводили с помощью набора ProQ Diamond phosphoprotein Blot Stain Kit. Методом *in vitro motility assay* определяли скорость движения тонких филаментов по миозину, выделенному из сердца крыс при разных концентрациях кальция в растворе [4].

Под влиянием свинцовой интоксикации происходило снижение максимальной скорости скольжения филаментов по миозину и фракции подвижных филаментов во всех отделах сердца, наблюдался сдвиг в соотношении МНС в сторону более медленных  $\beta$ -цепей в желудочках и снижение уровня фосфорилирования RLC в предсердиях.

Список литературы

1. Landrigan, P.J. The Lancet Commission on pollution and health / P.J. Landrigan, R. Fuller, N. J. R. Acosta [et al.] // *Lancet*. – 2018. – Vol. 391, № 10119. – P. 462–512.
2. Protsenko Y.L. Effects of subchronic lead intoxication of rats on the myocardium contractility / Y.L. Protsenko, B. A Katsnelson, S. V. Klinova [et al.] // *Food Chem. Toxicol.* – 2018. – Vol. 120. – P. 378–389.
3. Katsnelson, B.A. Force-velocity characteristics of isolated myocardium preparations from rats exposed to subchronic intoxication with lead and cadmium acting separately or in combination / B.A. Katsnelson, S. V. Klinova, O. P. Gerzen [et al.] // *Food Chem. Toxicol.* Elsevier Ltd. – 2020. – Vol. 144. – P. 111641.
4. Nikitina L.V. Study of the interaction between rabbit cardiac contractile and regulatory proteins. An *in vitro motility assay* / L.V. Nikitina, G.V. Kopylova, D.V. Shchepkin, L. B. Katsnelson // *Biochem.* – 2008. – Vol. 73, № 2. – P. 178–184.

## **METABOLIC DYSFUNCTION AND EXERCISE PRECONDITIONING IN DISUSE MUSCLE ATROPHY**

L. Brocca, M.A. Pellegrino, R. Bottinelli

*Department of Molecular Medicine, University of Pavia, Pavia, Italy  
roberto.bottinelli@unipv.it*

Disuse induced loss of muscle mass is a frequent phenomenon and a very relevant clinical problem. It exposes subjects to falls and fractures and favour further deconditioning. It is related to metabolic alterations, such as insulin resistance, and to low grade chronic inflammation which are among the major risk factors of chronic diseases. It worsens the prognosis of many chronic diseases 1, which benefit from exercise training.

We studied structural, functional and proteomic adaptations of skeletal muscle and the underlying cellular and molecular mechanisms induced by spaceflight in humans and by simulated microgravity both in humans, bed rest (BR) and unilateral lower limb suspension (ULLS), and in mice, hindlimb unloading (HU). As expected, in both human and mice models we found muscle atrophy and a slow to fast myosin isoform shift. Moreover, a downregulation of most myofibrillar proteins was observed by 2D proteomic and of myosin by quantitative one-dimensional electrophoresis.

To address the mechanisms of such adaptations, we studied intracellular signalling pathways controlling muscle mass and metabolism. In human bed rest and mice HU, we observed: upregulation of NRF2, a transcription factor sensing reactive oxygen species (ROS) in the cell; adaptations of major ROS buffering systems (e.g., SOD, catalase, peroxiredoxins, Hsp); protein oxidation. Such findings were consistent with a potential role of redox imbalance in causing muscle wasting as suggested by several previous findings. To test such hypothesis, we administered trolox, a potent antioxidant, to HU mice. Importantly, NRF2 was not up-regulated and no protein oxidation was found, indicating that redox imbalance was prevented by trolox. However, expressions of MuRF-1 and atrogin-1, major ubiquitin ligases of the ubiquitin proteasome system, were still up-regulated and muscle atrophy was not prevented by trolox. Therefore, redox imbalance was not likely to cause muscle atrophy, at least in mice.

Importantly, in human BR and ULLS and in mice HU, proteomic analysis indicated downregulation of both aerobic and anaerobic metabolic enzymes, i.e., a general derangement of energy metabolism. In human BR and mice HU, PGC1 $\alpha$ , an activator of transcription controlling mitochondrial dynamics and biogenesis and inhibiting the ubiquitin proteasome system, was downregulated and expression of proteins involved in mitochondrial dynamics was altered. On such ground, we hypothesized that a metabolic program of muscle atrophy could be activated in disuse. To test such hypothesis, we subjected transgenic mice selectively overexpressing PGC1 $\alpha$  in muscle to HU. In both soleus and

gastrocnemius muscles of such mice, no upregulation of atrogenes expression was observed following HU and muscle atrophy was almost completely prevented confirming a major role of a metabolic program in disuse muscle atrophy.

Exercise is an attractive tool to prevent muscle wasting as it is known to cause mitochondrial adaptations and to enhance PCG1 $\alpha$  expression. Few, but encouraging evidences on the use of exercise as a tool to prevent disuse atrophy were published. The mechanism of exercise-induced protection on muscle atrophy appears not clearly defined yet. We will present novel data on the mechanisms underlying prevention of muscle atrophy by exercise preconditioning.

Acknowledgements: Funding by ASI, MARS-PRE Project, PRIN Project 2017CBF8NJ.

УДК 612.74

**РОЛЬ АДРЕНЭРГИЧЕСКИХ P2Y РЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ  
АТРОФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ КРЫС  
ПРИ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ  
THE ROLE OF ADRENERGIC P2Y RECEPTORS IN THE  
REGULATION OF ATROPHIC PROCESSES IN RAT SKELETAL  
MUSCLES DURING THEIR FUNCTIONAL UNLOADING**

Т. Л. Немировская, К. А. Зарипова, С. П. Белова

T. L. Nemirovskaya, K.A. Zaripova, S.P. Belova

*Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН*

*Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS*

*E-mail: nemirovskaya@bk.ru*

Скелетная мышца чрезвычайно пластична. Снижение сократительной активности, или её полное прекращение приводит к снижению веса мышц. Атрофия обусловлена снижением белкового синтеза и резким увеличением белкового распада. Негативные изменения в маркерах сигнальных путей мышц начинают проявляться уже через несколько часов воздействия функциональной разгрузки. Например, экспрессия основных мышечных E3-лигаз, участвующих в процессе деградации белка (MuRF1 и MAFbx), достоверно повышается через 24 часа разгрузки мышц и достигает пика к 3-м суткам. Именно поэтому мы исследовали триггерные механизмы, запускающие белковую деградацию при 3-суточном воздействии на мышцу. Мы предположили, что одним из таких механизмов может быть накопление АТФ в мышце при разгрузке, обнаруженное ранее нами и другими авторами. Показано, что паннексиновые каналы пропускают АТФ из цитоплазмы во внеклеточное пространство. В 2021 г мы подтвердили предположение о том, что внеклеточный АТФ при функциональной разгрузке может являться одним из основных сигналов в скелетных мышцах для регу-

лирования различных процессов, среди которых - экспрессия генов. Мы показали, что Pax1-опосредованный транспорт АТФ влияет на экспрессию мышечно-специфичных E3 убиквитинлигаз MuRF1 и MAFbx, и регулирует сигнальные пути, контролирующие процессы трансляции и элонгации белка при функциональной разгрузке мышц. В представленной работе мы проверили предположение о возможном вовлечении пуриnergических рецепторов P2Y2 в эти процессы. В литературе имеются данные о том, что внеклеточный АТФ может восприниматься как P2Y2, так и P2Y1 рецепторами. Для проверки нашей гипотезы об участии этих пуриnergических рецепторов в процессах атрофии мышц мы блокировали P2Y1 и P2Y2 рецепторы (чувствительные к адениловым нуклеотидам) при 3-дневном вывешивании крыс специфическим ингибитором AR-C 118925XX. Такой подход раньше не применялся. Мы впервые показали, что при разгрузке мышц активация специфических транскрипционных программ запускается в том числе с помощью передачи АТФ-опосредованных сигналов и пуриnergические рецепторы принимают в этом участие.

Впервые было обнаружено, что при 3-дневной функциональной разгрузке:

1. Ингибирование обоих типов пуриnergических рецепторов (как P2Y1, так и P2Y2) в *m. soleus* предотвращает накопление АТФ, увеличение содержания IP3 рецепторов, и снижение уровня фосфорилирования GSK-3 $\beta$ ;

2. Ингибирование рецепторов P2Y1 препятствует повышению фосфорилирования p38 MAPK в *m. soleus* и замедляет в ней экспрессию мРНК E3-лигазы MuRF1;

3. Ингибирование P2Y2 рецепторов предотвращает атрофию *m. soleus*, препятствует снижению в ней уровня фосфорилирования ERK1/2 MAPK, замедляет экспрессию мРНК E3-лигазы MAFbx, убиквитина и рецепторов IL6, способствует повышению уровня фосфорилирования AMPK, что влияет на уровень фосфорилирования p70S6K.

Мы не обнаружили влияния ингибирования пуриnergических рецепторов P2Y на важнейшие маркёры mTORC1 зависимого анаболического сигнального пути: рибосомальный белок S6, p-4E-BP, p-eEF2.

Можно предположить, что предотвращение атрофии *m. soleus* при вывешивании крыс с ингибированием рецепторов P2Y2 в большей степени связано с ингибированием катаболических процессов и влиянием на энергетический гомеостаз, чем с изменением анаболического сигналинга.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №20-015-00138.

УДК 612.741.9

**КОМПАРТМЕНТАЛИЗАЦИЯ И ТРАНСПОРТ СФИНГОЛИПИДОВ  
В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ  
РАЗГРУЗКЕ**  
**COMPARTMENTALIZATION AND TRANSPORT OF  
SPHINGOLIPIDS IN SKELETAL MUSCLES DURING FUNCTIONAL  
UNLOADING**

И.Г. Брындина, В.А. Протопопов, В.В. Скурыгин, Д. Н. Бурганова,  
А. В. Алексеева

I.G. Bryndina, V.A. Protopopov, V.V. Skurygin, D.N. Burganova,  
A.V. Alekseeva

*Россия, Ижевск, Ижевская государственная медицинская академия*  
*Russia, Izhevsk, Izhevsk State Medical Academy*  
*E-mail: i\_bryndina@mail.ru*

Ранее нами показано повышение уровня церамида (Cer) и ферментов, участвующих в его образовании (aSMase, nSMase), при функциональной разгрузке скелетных мышц [1, 2]. Известно, что эффективный транспорт сфинголипидов от мест их синтеза к другим внутриклеточным компартментам является ключевым в их метаболизме и биологической роли. Цель исследования - оценка экспрессии сфинголипидных транспортеров (PT-ПЦР, ИГХ), а также уровня Cer, aSMase, nSMase в клеточной мембране и митохондриях разгруженных мышц (ИГХ, ВБ). В экспериментах на крысах-самцах установлено, что 12-часовое и 14-дневное антиортостатическое вывешивание (АОВ) сопровождается повышением уровней сфингомиелиназ и Cer как в сарколемме, так и в митохондриях мышечных волокон, а также снижением экспрессии CERT1 (транспортер Cer) и CPTP (транспортер Cer-1-P). Экспрессия SPNS2 (транспортер Sph-1-P) и FAPP2 (транспортер GluCer) на ранних этапах разгрузки изменялась разнонаправленно (снижение и повышение соответственно), а на 14 день практически не отличалась от контроля.

Работа поддержана грантом РФФ №16–15–10220.

Список литературы

1. Брындина, И.Г. Метаболизм сфинголипидов в скелетных мышцах передних и задних конечностей мышей при антиортостатическом вывешивании разной длительности / И.Г. Брындина, М.Н. Шалагина, С. В. Овечкин, А. А. Яковлев // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. – 2017. – Т. 51, № 7. – С. 94–98.
2. Petrov A.M. Changes in membrane ceramide pools in rat soleus muscle in response to short-term disuse / A.M. Petrov, M.N. Shalagina, V.A. Protopopov, V.G. Sergeev, S.V. Ovechkin, N.G. Ovchinina, A.V. Sekunov, A.I. Zefirov, G.F. Zakirjanova, I.G. Bryndina // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2019. – V.20, No19. – P. 4860.

**ВЛИЯНИЕ ТРЕХДНЕВНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА  
ТРАНСКРИПТОМНЫЙ ПРОФИЛЬ M. SOLEUS У ЧЕЛОВЕКА  
EFFECT OF 3-DAYS "DRY" IMMERSION ON TRANSCRIPTOMIC  
PROFILE OF M. SOLEUS IN HUMANS**

Д. В. Попов<sup>1</sup>, П.А. Махновский<sup>1</sup>, Е. С. Мотанова<sup>1</sup> Г.Р. Газизова<sup>2</sup>,  
В.Г. Згода<sup>3</sup>, Т.Ф. Вепхвадзе<sup>1</sup>, Е.М. Леднев<sup>1</sup>, О. И. Орлов<sup>1</sup>,  
Е.С. Томиловская<sup>1</sup>

D.V. Popov<sup>1</sup>, P.A. Makhnovsky<sup>1</sup>, E.S. Motanova<sup>1</sup>, G.R. Gazizova<sup>2</sup>,  
V.G. Zgoda<sup>3</sup>, T.F. Vepkhvadze<sup>1</sup>, E.M. Lednev<sup>1</sup>, O.I. Orlov<sup>1</sup>,  
E.S. Tomilovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН

<sup>2</sup>Россия, Казань, Казанский (Приволжский) Федеральный Университет

<sup>3</sup>Россия, Москва, НИИ биомедицинской химии имени В.Н.Ореховича

<sup>1</sup>Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS

<sup>2</sup>Russia, Kazan, Kazan Federal University

<sup>3</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Chemistry

E-mail: danil-popov@yandex.ru

Длительное пребывание в «сухой» иммерсии оказывает негативное влияние на поздние скелетные мышцы: активируется протеолиз, подавляется синтез белка и биогенез митохондрий. Это приводит к снижению их работоспособности, скоростно-силовых характеристик и к нарушению углеводно-жирового обмена. Однако до сих пор не известно, как быстро развиваются эти изменения. Цель исследования – оценить влияние трехсуточной «сухой» иммерсии на изменение транскриптомного и протеомного профиля m. soleus (основной поздней скелетной мышцы).

Шесть женщин репродуктивного возраста (25–40 лет) в течение 3 суток находились в «сухой» иммерсии. Пробы из m. soleus брали до и после иммерсии для оценки изменений транскриптомного профиля (РНК секвенирование), содержания высокопредставленных белков (протеомный масс-спектрометрический анализ) и скорость дыхания митохондрий. Иммерсия не повлияла на содержание высокопредставленных мышечных белков (саркомерные и митохондриальные белки, белки внеклеточного матрикса и др.), но изменило экспрессию ~1700 генов. Гены, увеличившие экспрессию (~1000), были ассоциированы, преимущественно, с провоспалительным ответом и ремоделированием внеклеточного матрикса. Снижение генной экспрессии было связано с регуляторами кальциевого обмена, углеводно-жирового метаболизма, инсулиновой сигнализацией и окислительно-восстановительными реакциями. Одновременно наблюдалось снижение скорости АДФ-стимулированного дыхания митохондрий (на 25–30%). Таким образом, уже три дня пребывания в «сухой» иммерсии выраженно изменяют экспрессию генов-регуляторов воспалительного ответа и углеводно-жирового обмена. Резкое снижение функциональных возможностей митохондрий, происходящее без изменения содержания белков дыхательных ферментов, по-видимому, связано с нарушением регуляции дыхания. Работа поддержана грантом РФФ 19-15-00435.



УДК 612.74

**МЕХАНИЗМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТСТАВЛЕННОЙ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МОТОНЕЙРОНОВ  
В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ  
КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ**  
**MECHANISMS FOR THE OCCURRENCE OF DELAYED ELECTRICAL  
ACTIVITY OF MOTOR NEURONS UNDER CONDITIONS OF  
FUNCTIONAL UNLOADING OF THE RAT SOLEUS MUSCLE**

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

V.E. Kalashnikov<sup>1</sup>, S.A. Tyganov<sup>1</sup>, O.V. Turtikova<sup>1</sup>, E.P. Kalashnikova<sup>1</sup>,  
M.V. Glazova<sup>2</sup>, T.M. Mirzoev<sup>1</sup>, B.S. Shenkman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН

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

<sup>1</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS

<sup>2</sup>Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and  
Biochemistry RAS

E-mail: vitaliy.kalasnikov@ya.ru

В работе исследовались механизмы возникновения отставленной тонической активности камбаловидной мышцы крысы на фоне 7-суточной моделируемой гравитационной разгрузки с использованием классической модели антиортостатического вывешивания лабораторных грызунов Ильина-Новикова в модификации Morey-Holton.

Регистрация электрической активности в камбаловидной мышце исследуемых животных производилась при помощи электродов, вживлённых непосредственно в m. soleus. Половине животных производились ежедневные внутривентральные инъекции прохлорперазина (5 мг/кг два раза в день в физиологическом растворе, содержащем 0,1 % ДМСО). По окончании эксперимента камбаловидная мышца извлекалась из животного для измерения уровня экспрессии и фосфорилирования мембранных котранспортеров ионов калия и натрия методом Вестерн-блоттинга.

Гравитационная разгрузка в течение 7 суток привела к снижению уровня экспрессии калий-хлоридного котранспортера KCC2 на 25%, и увеличению экспрессии натрий-калий-хлоридного котранспортера nKCC1 на 40%.

Интегральная электрическая активность в m. soleus на первые сутки вывешивания снизилась до 20% от уровня контрольных животных. В дальнейшем в группе вывешивания без введения прохлорперазина наблюдался рост ЭМГ-активности, к шестым суткам достигающей 50% от уровня контрольных животных. В группе с введением прохлорперазина уровень ЭМГ-активности в течение 7 суток вывешивания не поднимался выше 20% от контроля, достоверно отличаясь от группы чистого вывешивания начиная с 3 суток.

Работа поддержана грантом РФФ № 22–15–00151.

УДК 612.74

**ВКЛАД ИЗМЕНЕНИЙ ГЕННОЙ ЭКСПРЕССИИ И УРОВНЯ  
ФОСФОРИЛОВАНИЯ ТИТИНА В УМЕНЬШЕНИЕ  
СОДЕРЖАНИЯ ЭТОГО БЕЛКА В УСЛОВИЯХ  
ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ**  
**THE CONTRIBUTION OF CHANGES IN GENE EXPRESSION AND  
THE LEVEL OF TITIN PHOSPHORYLATION TO THE DECREASE  
IN THE CONTENT OF THIS PROTEIN UNDER CONDITIONS OF  
GRAVITATIONAL UNLOADING**

И.М. Вихлянцев<sup>1</sup>, А.Д. Уланова<sup>1</sup>, Ю.В. Грицына<sup>1</sup>, Т.Л. Немировская<sup>2</sup>,  
Б.С. Шенкман<sup>2</sup>  
I.M. Vikhlyantsev<sup>1</sup>, A.D. Ulanova<sup>1</sup>, Y.V. Gritsyna<sup>1</sup>, T.L. Nemirovskaya<sup>2</sup>,  
B.S. Shenkman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Пуцино, Институт теоретической и экспериментальной  
биофизики РАН*

<sup>2</sup>*Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН*

<sup>1</sup>*Russia, Pushchino, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics RAS*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, SSC RF, Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: ivanvikhlyantsev@gmail.com*

Атрофия скелетных мышц в условиях гравитационной разгрузки сопровождается уменьшением содержания титина (тайтина) – гигантского эластичного белка, отвечающего за поддержание высокоупорядоченной саркомерной структуры, регулирующего актин-миозиновое взаимодействие и участвующего, как механосенсор, в регуляции процессов внутриклеточной сигнализации. Уменьшение содержания титина является следствием его повышенного протеолиза кальций-активируемыми ферментами – кальпаинами [1], активность которых возрастает в мышце уже в течение первых суток гравитационной разгрузки. Показано также замедление белкового синтеза после третьих суток гравитационной разгрузки [2]. Эти данные позволяют предположить, что вклад в уменьшение содержания титина в условиях безопорности могут вносить и нарушения процесса синтеза этого белка, в частности уменьшение содержания мРНК. В связи с этим, одна из задач работы заключалась в исследовании изменений содержания мРНК титина в гравитационно-зависимой мышце soleus крыс при устранении опорной нагрузки. Вторая задача заключалась в исследовании изменений уровня фосфорилирования титина в m. soleus крыс. Ранее показано, что развитие атрофии скелетных мышц крыс после продолжительной хронической алкогольной интоксикации сопровождалось не только повышенным протеолизом титина, но и увеличением уровня фосфорилиро-

вания этого белка [3]. Эти авторы высказали предположение, что гиперфосфорилирование титина способствует увеличению его чувствительности к протеолизу. Цель нашего исследования заключалась в проверке предположения, что развитие индуцируемой гравитационной разгрузкой атрофии *m. soleus* будет сопровождаться уменьшением содержания мРНК титина и увеличением уровня фосфорилирования этого белка. В экспериментах использовали самцов крыс Вистар массой  $210 \pm 10$  г. Гравитационную разгрузку моделировали в течение 3-х и 7-ми суток по стандартной методике Ильина-Новикова в модификации Morey-Holton (по 7 животных в каждой из контрольных групп и групп вывешивания). После 3-суточной гравитационной разгрузки развитие атрофии *m. soleus* (уменьшение на 13.8% ( $p < 0.05$ ) соотношения массы мышцы и массы тела животного) не сопровождалось изменениями содержания и уровня фосфорилирования титина. При этом наблюдалось увеличение в 1.81 раза ( $p < 0.05$ ) содержания мРНК титина. После 7-суточной гравитационной разгрузки развитие атрофии *m. soleus* (уменьшение на 24.7% ( $p < 0.01$ ) соотношения массы мышцы и массы тела животного) сопровождалось: уменьшением в 1.62 раза ( $p < 0.01$ ) содержания титина-1 (T1, полноразмерных молекул титина, перекрывающих расстояние от M-линии до Z-диска); увеличением в 2.1 раза ( $p < 0.01$ ) содержания титина-2 (протеолитических T2-фрагментов, расположенных вдоль миозиновых нитей в A-диске); уменьшением в 4 раза ( $p < 0.01$ ) содержания мРНК титина и увеличением в 1.2 раза ( $p < 0.05$ ) уровня фосфорилирования T2. Выводы: (1) пониженная экспрессия гена титина вносит вклад в уменьшение содержания этого белка в *m. soleus* крысы после 7-суточной гравитационной разгрузки; (2) гиперфосфорилирование T2 может повышать вероятность доступности протеаз к титину вследствие увеличения межфилламентного расстояния в A-диске саркомера. По нашим данным, гистондеацетилазы 1,4,5, а также NO вовлечены в регуляцию экспрессии гена титина (TTN) [4,5]. Молекулярные механизмы гиперфосфорилирования титина в условиях гравитационной разгрузки не ясны. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 18-15-00062.

Список литературы:

1. Shenkman, B.S. Calpain-dependent regulation of the skeletal muscle atrophy following unloading / B.S. Shenkman, S. P Belova, Y. N. Lomonosova [et al.] // Arch Biochem Biophys. – 2015. – V.584. – P. 36-41.
2. Shenkman, B. S. How Postural Muscle Senses Disuse? Early Signs and Signals / B. S. Shenkman // Int J Mol Sci. – 2020. – V. 21, No14. – P. 5037.
3. Gritsyna, Yu.V. Increased Autolysis of  $\mu$ -Calpain in Skeletal Muscles of Chronic Alcohol-Fed Rats / Yu.V. Gritsyna, N. N. Salmov, A. G. Bobylev [et al.]// Alcohol Clin. Exp. Res. – 2017. – V. 41, No10. – P. 1686–1694.
4. Ulanova, A. Effect of L-Arginine on Titin Expression in Rat Soleus

Muscle After Hindlimb Unloading / A. Ulanova, Yu. Gritsyna, N. Salmov [et al.]  
// Front Physiol. – 2019. – V.10:1221.

5. Gritsyna, Yu.V. Inhibition of Histone Deacetylases 4 and 5 Reduces Titin Proteolysis and Prevents Reduction of TTN Gene Expression in Atrophied Rat Soleus Muscle after Seven-Day Hindlimb Unloading / Yu.V. Gritsyna, A. D. Ulanova, S. S. Popova [et al.]// Dokl Biochem Biophys. – 2020. – V.495, No1. – P. 338-341.

УДК 612.74

**SERCA IMPAIRMENT IN MODELS OF MUSCLE WASTING:  
TAKING THE BAD WITH THE GOOD**

J.L. Braun, M.S. Geromella, R.E.G. Cleverdon, R.W. Baranowski, B. Hockey,  
V.A. Fajardo

*Department of Kinesiology, Brock University, St. Catharines, ON, L2S 3A1  
vfajardo@brocku.ca*

The sarco(endo)plasmic reticulum Ca<sup>2+</sup>-ATPase (SERCA) pump catalyzes the active transport of Ca<sup>2+</sup> into the sarcoplasmic reticulum (SR) thereby regulating muscle relaxation. Furthermore, by filling the SR with Ca<sup>2+</sup>, the SERCA pumps play an indirect yet important role in regulating muscle contractility. Impairments to SERCA function can lead to Ca<sup>2+</sup> overload in the muscle cell, which can then contribute to muscle weakness and atrophy across several various models of muscle wasting. However, while excessive Ca<sup>2+</sup> levels in muscle result in detrimental processes such as proteolysis, apoptosis, and oxidative stress; Ca<sup>2+</sup> itself is a very important signalling molecule that can otherwise activate muscle growth, regeneration, and the oxidative myogenic program. Here, we will present work demonstrating the effects of muscle wasting on SERCA function in muscle, discuss potential cellular mechanisms, and highlight the good and the bad that comes with SERCA dysfunction. We will also present data from studies aimed at enhancing beneficial Ca<sup>2+</sup> signalling pathways in models of muscle wasting including muscular dystrophy and tenotomy.

Acknowledgements: Funding support from NSERC Discovery Grant, CIHR Canada Research Chair (Tier 2), Canadian Space Agency Grant.

Стендовая сессия

УДК 612.816.7:591.175

**АКТИВАЦИЯ TRPV1 КАНАЛОВ УСИЛИВАЕТ  
СОКРАТИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ СКЕЛЕТНОЙ  
МУСКУЛАТУРЫ МЫШИ**

**ACTIVATION OF TRPV1 CHANNELS ENHANCE THE  
CONTRACTILITY OF MOUSE SKELETAL MUSCLE**

А.Ю. Архипов<sup>1</sup>, Н.С. Федоров<sup>2</sup>, Д.В. Самигуллин<sup>1,3</sup>, А.И. Маломуж<sup>1</sup>  
A.Y. Arkhipov<sup>1</sup>, N.S. Fedorov<sup>2</sup>, D.V. Samigullin<sup>1,3</sup>, A.I. Malomuzh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ  
КазНЦ РАН

<sup>2</sup>Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

<sup>3</sup>Россия, Казань, Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А. Н. Туполева

<sup>1</sup>Russia, Kazan, Kazan institute of biochemistry and biophysics FRC RAS

<sup>2</sup>Russia, Kazan, Kazan Federal University

<sup>3</sup>Russia, Kazan, Kazan national research technical university named after  
A. N. Tupolev

E-mail: senjaarh@rambler.ru

Не так давно было обнаружено, что TRPV1 канал экспрессируется, как в саркоплазматическом ретикулуме скелетных мышц грызунов, где отвечает за высвобождение Ca<sup>2+</sup> в саркоплазму, так и в области нервного окончания, где его активация приводит к Ca<sup>2+</sup>-зависимому угнетению квантового высвобождения ацетилхолина из двигательной нервной терминали. Исходя из этого целью исследования было установить, как экзогенная активация TRPV1 каналов влияет на силу сокращения нервно мышечного препарата. В качестве объекта исследования выступала мышца Levator Auris Longus мыши. Оценка силы сокращения осуществлялась при помощи тензометрической установки. В ходе работы было установлено, что активация TRPV1 каналов капсаицином (1 мкМ) приводила к увеличению амплитуды зубчатого и гладкого тетануса на 126±9, 118±7 и 113±7 % (P<0.05, n=6) при стимуляции двигательного нерва на частотах 30, 50 и 70 Гц соответственно. Данный эффект сохранялся при прямой стимуляции мышечных волокон в присутствии тубокурарина (20 мкМ). При предварительной аппликации специфического конкурентного антагониста TRPV1 каналов SB 366791 (5мкМ) эффект активации ваниллоидных каналов, как на прямую стимуляцию мышцы, так и на стимуляцию двигательного нерва устранялся. Подобным образом эффект активации TRPV1 каналов при прямой стимуляции мышцы устранялся в условиях ингибированного кальмодулина антагонистом R24571 (10 мкМ). Опираясь на полученные данные, можно заключить, что экзогенная активация TRPV1 каналов в мышечных волокнах приводит к увеличению силы сокращения мышцы. Этот эффект обусловлен изменением активности кальций-связывающего белка кальмодулина.

УДК 612.74

**ЭКСПРЕССИЯ КЛЮЧЕВЫХ БЕЛКОВ, ОТВЕЧАЮЩИХ  
ЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МИТОХОНДРИЙ,  
В ПОСТУРАЛЬНОЙ И ЛОКОМОТОРНОЙ МЫШЦЕ ПРИ  
ОГРАНИЧЕНИИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ  
EXPRESSION OF KEY PROTEINS RESPONSIBLE FOR  
MITOCHONDRIA FUNCTIONAL STATE IN POSTURAL AND  
LOCOMOTOR MUSCLE UNDER RESTRICTED ACTIVITY**

С. П. Белова, Б.С. Шенкман

S.P. Belova, B.S. Shenkman

*Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН*

*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: Swetbell@mail.ru*

В связи с урбанизацией, тяжелой эпидемиологической обстановкой и заболеваниями у современного человека снижается уровень ежедневной физической активности. Это отражается на функциональном состоянии скелетных мышц. Скелетные мышцы образованы «медленными» (I тип) и «быстрыми» (II тип) волокнами, которые располагаются мозаичным образом и различаются функциональными свойствами. Мышцы с преобладанием I типа волокон активны при работе низкой интенсивности и большой продолжительности, например при поддержании позы (постуральные мышцы). Быстрые мышцы участвуют в действиях высокой интенсивности и короткой продолжительности (локомоторные мышцы). При ограничении двигательной активности сохраняется необходимость в поддержании позы, следовательно, медленные мышцы не должны инактивироваться полностью, в то время как работа быстрых локомоторных мышц минимальна. Атрофические процессы скелетных мышц часто сопровождаются изменениями в функционировании митохондрий уже на ранних этапах. Цель работы – исследование экспрессии ключевых белков, отвечающих за функциональное состояние митохондрий, в постуральной и локомоторной мышце при ограничении двигательной активности. Для этого был проведен эксперимент с моделированием ограничения двигательной активности (A. Ishihara) продолжительностью 7 и 21 день на крысах. Выводы: 1. Ограничение двигательной активности приводит к увеличению маркеров окислительного повреждения сократительных белков как в постуральной, так и в локомоторной мышцах. Этот процесс может ассоциироваться со снижением экспрессии комплекса IV ЭТЦ. 2. Из исследованного набора генов митохондриальной динамики ограничение двигательной активности снижало экспрессию DRP1 в локомоторной m.EDL на раннем этапе. 3. Ключевой регулятор митохондриального биогенеза оставался сниженным при ограничении двигательной активности в m.soleus, где также снижалась экспрессия и генов-мишеней – NRF1 и NRF2. 4. Экспрессия ключевого маркера аутофагии – ULK1 была увеличена только в m.soleus. Работа поддержана грантом РФФИ и Правительства Москвы № 21–315–70033.

УДК 612.822.3

**ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АМПА- ОПОСРЕДОВАННЫХ  
ТОКОВ НЕЙРОНОВ ГИППОКАМПА КРЫС С ПРЕНАТАЛЬНОЙ  
ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИЕЙ**

**CHANGING OF AMPA-MEDIATED CURRENTS IN THE  
HIPPOCAMPUS NEURONS OF RATS WITH PRENATAL  
HYPERHOMOCYSTEINEMIA**

Э. Гагаулина, А. Яковлев

E. Gataulina, A. Yakovlev

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: maileen2013@yandex.ru*

Гомоцистеин – серосодержащая аминокислота, образующаяся из метионина, является фактором риска развития целого ряда патологий. Повышение уровня гомоцистеина во время беременности (пренатальная гипергомоцистеинемия, ГГц) приводит к различным осложнениям беременности, как следствие, развитию ранних и отсроченных постнатальных патологий. Известно, что ГЦ и его производные являются агонистом глутаматных рецепторов. Целью исследования было анализ АМПА-опосредованных токов пирамидальных нейронах гиппокампа крыс с пренатальной ГГц. Эксперименты проводились на горизонтальных срезах гиппокампа крысят (P3–7, где P0–день рождения). Для создания хронической модели пренатальной ГГц использовалась пищевая метиониновой нагрузка (7.7 г/кг корма) в течение всей беременности самок крыс. АМПА- опосредованные токи нейронов регистрировали в режиме «целая клетка» с фиксацией потенциала на -70 мВ в присутствии селективных ингибиторов ГАМК и НМДА- рецепторов. Анализ спонтанных возбуждающих постсинаптических токов, вызванных активацией АМПА-рецепторов (спВПСП), показал, что в нейронах крыс с пренатальной ГГц наблюдается достоверное усиление как амплитуды, так и частоты спВПСП. Анализ распределения амплитуд спВПСП выявил увеличение количества высокоамплитудных событий в срезах крыс с пренатальной ГГЦ. В следующей серии экспериментов оценивали АМПА-токи нейронов, вызванные локальной аппликацией глутамата в присутствии селективных ингибиторов ГАМК и НМДА- рецепторов. Было установлено, что в срезах крыс с пренатальной ГГц происходило изменение амплитудно-временных параметров АМПА-токов, наблюдалось достоверное увеличение амплитуды и уменьшение времени спада АМПА-токов по сравнению с контролем. Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что в условиях хронического действия высоких концентрации гомоцистеина происходит изменение свойств АМПА рецепторов. Можно предположить, что эти связаны, как с более ранним переключением субъединичного состава АМРА-каналов, так и с увеличением количества рецепторов на постсинаптической мембране нейронов.

Работа поддержана грантом РФФ 20-15-00100.

**ЭФФЕКТ СТИМУЛЯЦИИ  $\alpha 2$ -АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ  
НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
КАРДИОМИОЦИТОВ НОВОРОЖДЕННЫХ КРЫС  
EFFECT OF  $\alpha 2$ -ADRENERGIC RECEPTOR STIMULATION ON  
ELECTRICAL ACTIVITY PARAMETERS OF THE NEWBORN RAT  
CARDIOMYOCYTES**

Алина Маратовна Галиева

Alina Maratovna Galieva

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

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: galieva\_alina94@mail.ru*

Адренергические рецепторы (АР) представляют собой класс рецепторов, связанных с G-белком, которые опосредуют физиологические действия эндогенных катехоламинов норэпинефрина и адреналина. Существует 9 различных (АР), которые сгруппированы в три основных класса.  $\alpha 2$ -АР модулируют широкий спектр физиологических функций, включая частоту сердечных сокращений, кровяное давление, регуляцию уровня глюкозы в крови и т.д. Известно, что все три подтипа  $\alpha 2$ -АР связываются в первую очередь с семейством белков Gi/o и ингибируют активность аденилатциклазы [1]. Также  $\alpha 2$ -АР могут связываться с Gs [2]. Целью исследования стало изучение влияния стимуляции  $\alpha 2$ -АР на электрическую активность сердца новорожденных крысят.

Исследование проведено на 1-недельных белых беспородных крысах. Наркотизированным животным вскрывали грудную клетку, изготавливали многоклеточный препарат с ушком правого предсердия сердца. Электрическую активность кардиомиоцитов изучали с использованием внутриклеточного микроэлектродного отведения при навязанном ритме с частотой 5 Гц. Раствор агониста  $\alpha 2$ -АР клонидина гидрохлорида (10–5 М) подавался в течение 20 мин.

У новорожденных животных клонидин гидрохлорид в изученной концентрации не вызывал достоверных изменений значения мембранного потенциала, длительности фазы деполяризации и амплитуды потенциала действия. Однако увеличивал длительность фазы реполяризации на уровне 90% ( $p < 0,05$ ), 50% ( $p < 0,05$ ), 20% ( $p < 0,05$ ). Было выявлено, что аппликация клонидина гидрохлорида в концентрации 10-5М оказывает положительное влияние на амплитудно-временные показатели электрической активности кардиомиоцитов сердца 1-недельных крысят. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21–15–00121, <https://rscf.ru/project/21-15-00121/>.

Список литературы

1. Wade, S. M. Gi activator region of  $\alpha 2A$ -adrenergic receptors: Distinct basic residues mediate Gi versus Gs activation / S. M. Wade, W. K. Lim, K.-L. Lan, D. A. Chung, M. Nanamori, R. R. Neubig // Mol. Pharmacol. – 1999. – V. 56. – P. 1005–1013.

2. Qu, L. Structural basis of the diversity of adrenergic receptors / L. Qu, Q. Zhou, Y. Xu, Y. Guo // Cell Rep. – 2019. – V.29, No10. – P. 2929–2935.e4.



**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПУЛОВ СИНАПТИЧЕСКИХ  
ВЕЗИКУЛ В НЕРВНО-МЫШЕЧНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ  
ORGANIZATION OF SYNAPTIC VESICLE POOLS AT THE MICE  
MOTOR NERVE TERMINALS**

Ч.Р. Гафурова<sup>1,2</sup>, А.Н. Ценцевичский<sup>2</sup>, А.М. Петров<sup>1,2</sup>

C.R. Gafurova<sup>1,2</sup>, A.N. Tsentsevitsky<sup>2</sup>, A.M. Petrov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет

<sup>2</sup>Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН

<sup>1</sup>Russia, Kazan, Kazan State Medical University

<sup>2</sup>Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics KazSC RAS

E-mail: gafurova7090@gmail.com

Синаптические везикулы, содержащие нейротрансмиттер, обеспечивают передачу сигнала в химических синапсах. Исследования на нервно-мышечном синапсе лягушки показали наличие трех последовательно функционирующих пулов везикул: готовый к слиянию, рециркулирующий и резервный. Данную концепцию применяют для описания организации популяции синаптических везикул в других видах синапсов. Однако отдельные типы синапсов имеют особенности, связанные с паттерном их активности.

С целью изучить особенности организации везикулярных пулов в нервно-мышечном синапсе мыши мы провели исследование, используя флуоресцентные FM-красители и электрофизиологический микроэлектродный при высоко- и низкочастотной стимуляции.

В отличие от нервно-мышечных синапсов лягушки, где при высокочастотной стимуляции происходит последовательная смена рециркулирующего пула на резервный, в мышечных нервно-мышечных синапсах происходит параллельное вовлечение в экзоцитоз двух пулов везикул. “House-keeping” пул с одинаковой степенью поддерживает нейротрансмиттерную передачу как при низкочастотной, так и при высокочастотной стимуляции. Повышение активности ведет к вовлечению в экзоцитоз дополнительного (“подключаемого”) пула к постоянно циркулирующим везикулам. Этот пул не высвобождается при низкочастотной стимуляции. К тому же данные пулы имеют различия в механизмах циркуляции везикул: везикулы house-keeping пула имеют одинаковую вероятность высвобождения независимо от того, в какой период стимуляции произошло их формирование эндцитозом. Экзоцитоз везикул подключаемого пула зависит от очередности, в которой они были образованы в предыдущий раунд активности, а именно, везикулы сформированные в начальный период активности, при последующей стимуляции высвобождаются с меньшей скоростью.

Наличие пула, который высвобождается в ответ только на высокочастотную стимуляцию, позволяет эффективно поддерживать синаптическую передачу, вне зависимости от предыдущего периода низкочастотной активности. Работа поддержана грантом РФФ №21–14–00044.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ ГАМК-ТРАНСПОРТЕРОВ В КЛЕТОЧНОЙ КУЛЬТУРЕ МИОЦИТОВ КРЫСЫ И ВЛИЯНИЯ ИХ БЛОКАТОРОВ НА МИОГЕНЕЗ IN VITRO**

**DETERMINATION OF THE TYPES OF GABA TRANSPORTERS IN RAT MYOCYTE CELL CULTURE AND THE EFFECT OF THEIR BLOCKERS ON MYOGENESIS IN VITRO**

К.Р. Гилиждинова<sup>1</sup>, Г.В. Сибгатуллина<sup>2</sup>, А.И. Маломуж<sup>2</sup>  
K.R. Gilizhdinova<sup>1</sup>, G.V. Sibgatullina<sup>2</sup>, A.I. Malomouzh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

<sup>1</sup>Russia, Kazan, Kazan Federal University

<sup>2</sup>Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ  
КазНЦ РАН

<sup>2</sup>Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan  
Scientific Center, Russian Academy of Sciences

E-mail: libera350@gmail.com

Транспортеры гамма-аминомасляной кислоты (ГАМК) являются неотъемлемым звеном в межклеточной сигнализации, опосредуемой данной аминокислотой. Поскольку ранее были выявлены рецепторы к ГАМК и молекулы аминокислоты в развивающихся миоцитах [1], то встал вопрос о наличии и функции ГАМК транспортеров в данных клетках. Для получения ответа на этот вопрос проводили иммуногистохимический анализ наличия ГАМК транспортеров (GAT-1, GAT-2, GAT-3) в культуре миоцитов крысы, а также оценивали влияние блокаторов ГАМК транспортеров (нипекотиновой кислоты и бета-аланина) на процесс слияния культивируемых миоцитов в миотрубки. В ходе иммуногистохимического исследования в культурах миоцитов было выявлено наличие только GAT-2 транспортеров. Добавление бета-аланина не приводило к значимому изменению процесса слияния миоцитов, тогда как аппликация нипекотиновой кислоты вызывало дозо-зависимое угнетение данного процесса. Эти данные подтверждают наличие у миоцитов GAT-2 транспортеров, поскольку известно, что нипекотиновая кислота обладает более высокой степенью сродства к GAT-2 по сравнению с бета-аланином [2]. Таким образом, установлено, что в культурах миоцитов присутствуют GAT-2 транспортеры, которые могут участвовать, в частности, в регуляции процесса слияния миоцитов в миотрубки.

Список литературы

1. Sibgatullina, G.V. GABA in developing rat skeletal muscle and motor neurons / G.V.Sibgatullina, A.I. Malomouzh // *Protoplasma*. – 2020. – V.257, No3. – P. 1009-1015.

2. Clark, J.A. Functional expression and CNS distribution of a  $\beta$ -alanine-sensitive neuronal GABA transporter / J. A. Clark, A. Y. Deutch, P. Z. Gallipoli, S. G. Amara // *Neuron*. – 1992. – V. 9, No 2. – С. 337-348.

**ИЗМЕНЕНИЯ АНАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В  
КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ  
3-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ**  
**CHANGES IN ANABOLIC PROCESSES IN THE HUMAN SOLEUS  
MUSCLE UNDER CONDITIONS OF SIMULATED MICROGRAVITY**

Е.А. Голубева<sup>2</sup>, С.А. Тыганов<sup>1</sup>, Е.С. Томиловская<sup>1</sup>, Б.С. Шенкман<sup>1</sup>  
E.A. Golubeva<sup>2</sup>, S.A. Tyganov<sup>1</sup>, E.S. Tomilovskaya<sup>1</sup>, B.S. Shenkman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГИЦ РФ – ИМБП РАН,

<sup>2</sup>ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова

<sup>1</sup>Russia, Moscow, FSC RF – Institute of Biomedical Problems RAS,

<sup>2</sup>FSAEI of Higher Education I.M. Sechenov

E-mail: golubevaelise@gmail.com

Функциональная разгрузка приводит к снижению массы постуральных мышц и развитию их атрофии. Данная проблема говорит о необходимости изучения процессов биосинтеза белка и соответствующих сигнальных путей в условиях микрогравитации. Методом моделирования условий невесомости являлась «сухая» иммерсия (СИ). При погружении в СИ все тело испытуемого подвергалось равномерному воздействию выталкивающей силы воды, при этом устранялись опорные реакции, что обеспечивало близость биомеханических условий среды к таковой в невесомости. Эксперименты в СИ проводились с участием здоровых испытуемых-добровольцев. После иммерсии с помощью биопсии были взяты образцы мышечной ткани. Целью данного исследования являлось изучение маркеров эффективности трансляции в камбаловидной мышце человека на фоне 3-суточной СИ. После 3-суточной СИ произошло изменение ряда ключевых сигнальных анаболических регуляторов: достоверное снижение ингибирующего фосфорилирования киназы гликоген синтазы (GSK3beta) на 66%, что привело к росту фосфорилирования субстрата GSK3beta – гликоген синтазы. Мы также наблюдали рост фосфорилирования фактора элонгации трансляции eEF2 на 209%. При этом наблюдался достоверный рост фосфорилирования рибосомальной киназы (p70S6K) на 46% и 4е-связывающего фактора (4E-BP1) на 73%. Таким образом, изменение фосфорилирования ряда маркеров эффективности трансляции белка (GSK3beta, eEF2) на фоне 3-суточной СИ соответствует изменениям на более поздних сроках иммерсии. При этом рибосомальная p70S6K и 4E-BP1 отвечают на разгрузку парадоксальным образом, поскольку увеличение их фосфорилирования обычно свидетельствует о повышении уровня синтеза белка. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что 3-суточная иммерсия приводит к повышению активности маркеров эффективности трансляции (p70S6k, 4E-BP1) при увеличении активности эндогенного ингибитора синтеза белка (GSK3beta) и усилении ингибирования процесса элонгации. Исследование проведено в рамках финансирования НЦМУ Павловский центр «Интегративная физиология – персонифицированной медицине, высокотехнологичному здравоохранению и технологиям стрессоустойчивости» (соглашение №075–15-2022-298 от 18.04.2022 г.).

УДК 612.81

**УЧАСТИЕ ПОТЕНЦИАЛЗАВИСИМЫХ КАЛЬЦИЕВЫХ  
КАНАЛОВ В РЕГУЛЯЦИИ ВОЗБУДИМОСТИ  
ТРИГЕМИНАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ КРЫС С ПРЕНАТАЛЬНОЙ  
ГИПЕРГОМОЦИСТЕИНЕМИЕЙ  
THE ROLE OF VOLTAGE-GATED CALCIUM CHANNELS IN  
REGULATION OF THE EXITABILITY OF TRIGEMINAL NEURONS  
OF RATS WITH HYPERHOMOCYSTEINEMIA**

Е. В. Ермакова, Г. Ф. Ситдикова

E.V. Ermakova, G.F. Sitdikova

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: EliVErmakova@kpfu.ru*

Мигрень – это патологическое состояние, проявляющееся интенсивными головными болями. Показано, что тригеминальная (ТГ) система имеет решающий вклад в формировании ноцицептивного сигнала при мигрени. Клинические данные указывают на связь частоты развития и/или тяжести приступов мигрени с повышением уровня гомоцистеина (ГЦ) в плазме – гипергомоцистеинемией (гГЦ). Потенциал-зависимые  $Ca^{2+}$  каналы играют значительную роль в регуляции возбудимости периферического звена ТГ системы и их активность/экспрессия может меняться при действии ГЦ. Целью работы было изучение  $Ca^{2+}$ -каналов Т-типа (низкопороговые, LVA) и L-типа (высокопороговые, HVA) в нейронах тройничного ганглия в условиях гГЦ.

Эксперименты проводились на первичной культуре изолированных ТГ нейронов крыс с пренатальной гГЦ возраста P7-14. Запись  $Ca^{2+}$  токов проводилась с помощью методики patch-clamp в конфигурации whole-cell. Для сравнения плотности токов через потенциалзависимые кальциевые каналы Т-типа и L-типа клетки удерживались при потенциале мембраны -90 мВ, затем записывались токи, возникающие в ответ на серии деполяризующих ступеней. Дополнительно использовался протокол линейного нарастания напряжения (ramp).

Показано, что средняя плотность токов через низко- и высокопороговые кальциевые каналы снижалась в нейронах крыс с пренатальной гГЦ по сравнению с контролем, что может быть связано с длительным воздействием окислительного стресса. Однако, процент нейронов, демонстрирующих только низкопороговые  $Ca^{2+}$ -токи, увеличивался с 5% в группе контроля до 9% в группе гГЦ.

Таким образом, в условиях гГЦ увеличивается процент нейронов, демонстрирующих только низкопороговые  $Ca^{2+}$  токи, что может быть связано с повышением экспрессии кальциевых каналов Т-типа, что будет вносить вклад в повышение возбудимости ТГ-нейронов в условиях пренатальной гГЦ. Работа поддержана грантом РФФ 20-15-00100.

УДК 612.816

**МЕТАБОЛИЗМ АТФ И РОЛЬ ЭКТОНУКЛЕОТИДАЗ В  
СИНАПТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ**  
**ATP METABOLISM AND THE ROLE OF ECTONUCLEOTIDASES IN  
SYNAPTIC TRANSMISSION**

Д. В. Ефимова, А.Е. Хайруллин

D.V. Efimova, A.E. Khairullin

*Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет*

*Russia, Kazan, Kazan State Medical University*

*E-mail: khajrulli@ya.ru*

АТФ как посредник в нервно-мышечном синапсе может высвободиться путем квантовой и неквантовой секреции из мотонейронов центральной и периферической нервной системы вместе с основным нейромедиатором – ацетилхолином. Последовательное гидролитическое дефосфорилирование АТФ до аденозина в синаптической щели — это каскад реакций, катализируемый эктонуклеотидазами. Большой интерес представляет изучение вклада этих ферментов в сложный сигнальный каскад, так как известно об их двойной функции: лимитирование действия АТФ как нейромедиатора и участие в образовании других нейромодуляторов (АДФ, АМФ и аденозина), причем известно, что АТФ и ее метаболиты могут вызывать совершенно различные физиологические эффекты [1].

Концентрация пуринов вне клетки зависит от баланса между их высвобождением из клеток, поглощением и внеклеточным метаболизмом. После выхода АТФ во внеклеточное пространство происходит дефосфорилирование данной молекулы различными сывороточными и мембранными ферментами, например, эктонуклеотидазами. Активность этих ферментов обнаружена у всех исследованных живых организмов: растений, бактерий, животных и человека.

Все известные эктоферменты, контролирующие концентрацию нуклеотидов, принадлежат к нескольким семействам, различающимся по происхождению и механизму действия. Причем один и тот же нуклеотид может быть гидролизован различными ферментными видами, что зависит от их тканевой и клеточной экспрессии.

Данные ферменты в первую очередь важны для клеток, секретирующих АТФ, таких как пуриnergические нейроны, тромбоциты и эндотелиальные клетки или клетки, активирующихся АТФ, например, гладкомышечные клетки.

Роль энзиматического лимитирования АТФ и продукция её метаболитов, обеспечивает стабилизацию эффективной холинергической нервно-мышечной передачи в норме и патологии.

Список литературы

1. Ziganshin, A.U. Modulatory roles of ATP and adenosine in cholinergic neuromuscular transmission / A.U. Ziganshin, A.E. Khairullin, C.H.V. Hoyle, S.N. Grishin // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, №17. – P. 1-15.

УДК 612.74

**ВЛИЯНИЕ МЕТФОРМИНА НА Ca-ЗАВИСИМЫЕ  
СИГНАЛЬНЫЕ ПУТИ И ЭКСПРЕССИЮ E3-ЛИГАЗ  
ПРИ 3-ДНЕВНОЙ РАЗГРУЗКЕ МЫШЦ У КРЫС  
ROLE OF METFORMIN IN THE REGULATION OF Ca-DEPENDENT  
SIGNALING PATHWAYS AND E3-LIGASES EXPRESSION IN RAT'S  
SOLEUS UPON 3-DAYS UNLOADING**

К. А. Зарипова, С. П. Белова, К.А. Шарло, Б.С. Шенкман,  
Т.Л. Немировская

К.А. Zaripova, S.P. Belova, K.A. Sharlo, B.S. Shenkman, T.L. Nemirovskaya  
*Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН*  
*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS*  
*E-mail: katsu.no.himitsu@gmail.com*

Проверяли гипотезу о возможности регулировать кальций-зависимые сигнальные пути и экспрессию E3-лигаз в скелетной мышце при её разгрузке через управление фосфорилированием АМПК. 32 самца крыс линии Wistar были распределены на 4 группы по 8 крыс в каждой: виварный контроль с введением плацебо (С), контроль с введением метформина (300 мг/кг, через зонд) (СМ), вывешивание с введением плацебо (НС), вывешивание с введением метформина (НСМ). Эксперимент проводили 3 дня, для анализа брали *m.soleus*. Относительно группы С, в группе НС: уровень рАМПК был снижен на 46%, а содержание АТФ повышено на 49% ( $p < 0,05$ ); повышен уровень рСаМК II, а также уровни экспрессии мРНК CaN, SERCA2a и Calpain 1 (на 483%, 87%, 41% и 62% соответственно,  $p < 0,05$ ). Также в группе НС были повышены уровни экспрессии E3-лигаз MuRF1, MAFbx и убиквитина (на 167%, 146% и 191% соответственно,  $p < 0,05$ ) относительно гр.С. Введение метформина при вывешивании предотвращает все описанные изменения.

Вывод:

- Введение метформина при 3-дневной функциональной разгрузке крыс:
- 1) предотвращает снижение в ней уровня рАМПК и повышения АТФ;
  - 2) влияет на регуляцию кальций-зависимых сигнальных путей, через экспрессию и уровень фосфорилирования таких его маркёров, как СаМК, CaN, SERCA2a и Calpain-1;
  - 3) частично предотвращает повышение экспрессии ключевых маркёров убиквитин-протеасомного пути MuRF1 и MAFbx, а также убиквитина.
- Работа выполнена при финансировании гранта РФФ № 21–15–00228

**ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ИЗОПРОТЕРЕНОЛА НА  
СОКРАТИМОСТЬ МИОКАРДА КРЫС, РАСТУЩИХ ПРИ  
ОГРАНИЧЕНИИ ПОДВИЖНОСТИ**  
**ISOPROTERENOL EFFECT FEATURES ON MYOCARDIAL  
CONTRACTILITY IN RATS GROWING WITH LIMITED MOBILITY**

Раиля Ирековна Зарипова  
Railya Irecovna Zaripova

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: ratno1992@mail.ru*

Исследованы механизмы влияния ограничения двигательной активности на сердечно-сосудистую систему [1,2]. Длительное ограничение подвижности вызывает существенные изменения сократительной функции сердца [2]. Целью данного исследования является определение влияния изопротеренола на сократимость миокарда крыс, растущих при ограничении подвижности.

Ограничение двигательной активности достигалось помещением крыс в клетки-пеналы: первые двое суток время ограничения подвижности составляло 1 час, а затем увеличивалось на 2 часа каждые 2 дня. Определение реакции сократительной функции миокарда на действие стойкого агониста  $\beta$ -адренорецепторов – изопротеренола в диапазоне концентраций 10–6–10–8 проводили на установке "PowerLab" ("ADInstruments"). Оценивали процент изменения силы изометрического сокращения полосок миокарда на воздействие фармакологического агента от исходных показателей. В контрольной группе изопротеренол во всех исследуемых концентрациях вызывает повышение силы сокращения полосок миокарда желудочков. В опытной группе малые дозы агониста, в отличие от контрольной группы, привели к снижению сократимости полосок миокарда. Концентрация 10–6М вызвала увеличение силы сокращения полосок миокарда желудочков на  $30,5 \pm 2,4\%$  ( $p < 0,05$ ), как и в контрольной группе. Таким образом, положительный сократительный эффект изопротеренола в концентрациях 10–8М и 10–7М не сохраняется в условиях роста крыс при ограничении подвижности. Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

Список литературы

1. Козловская И. Б., А.В. Киренская. Механизмы нарушений характеристик точностных движений при длительной гипокинезии // Росс. Физиол. журнал им. И. М. Сеченова. – 2003. – Т. 89, № 3. – С. 247–258.

2. Zaripova R.I. Effect of NO Synthase Blockade on Myocardial Contractility of Hypokinetic Rats during Stimulation of  $\beta$ -Adrenoreceptors / R. I. Zaripova, N.I. Ziyatdinova, T.L. Zefirov // Bull. of Exper. Biol. and Medicine. – 2016. – V.161, Issue 2. – P. 215-217.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЫШЕЧНОГО ТОНУСА С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПАЙКОВОЙ НЕЙРОСЕТИ  
MUSCUL TONE MODELING USING A SPIKE NEURAL NETWORK**

А. Д. Иванова, О. А. Саченков

A. D. Ivanova, O.A. Sachenkov

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: ivanovaanastasya0449@gmail.com*

В работе описано решение задачи управления. В качестве объекта управления была выбрана модель мышечного волокна под действием внешней силы. Задача нейронной сети – найти вид функции управления, чтобы обеспечить сохранение мышц заданного удлинения.

В качестве математической модели мышцы была выбрана трехэлементная модель Хилла [1]. Сокращение мышцы запускает демпфирующий элемент, поэтому управление будет подаваться на него [2]. Изменение длины мышцы инициализирует воздействие на входные сигналы нейрона [3, 4].

В работе численно исследовалось влияние силы воздействия на сократительный элемент мышечного волокна на поведение динамической системы. В результате расчетов было найдено критическое значение, которое можно понимать как параметр бифуркации системы.

Список литературы

1. McCrea, D.A. Organization of mammalian locomotor rhythm and pattern generation / D.A. McCrea, I.A. Rybak // Brain Research Reviews. – 2008. – V. 57, No1. – P. 134-146.

2. Frigon, A. The neural control of interlimb coordination during mammalian locomotion / A. Frigon // Neurophysiol. –2017. – V.117, No6. – P. 2224–2241.

3. Харин, Н.В. Применение нейронной сети для стабилизации маятника / Н. В. Харин, А. Д. Иванова, О. А. Саченков // Труды Математического центра имени Н. И. Лобачевского. – 2020. – Т. 59. – С.131-134.

4. Харин, Н.В. Применение нейронных сетей для задач стабилизации динамических систем маятника / Н. В. Харин, А. Д. Иванова, Е.Е. Туфанова, О. А. Саченков // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2021) Сборник трудов по материалам VII Международной конференции и молодежной школы. – Самара: Изд-во. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2021. – С. 34272.



УДК 612.81

**ВЛИЯНИЕ ГОМОЦИСТЕИНА НА ГЛУТАМАТ- И АТФ-  
ВЫЗВАННЫЕ КАЛЬЦИЕВЫЕ ОТВЕТЫ В НЕЙРОНАХ  
ТРОЙНИЧНОГО ГАНГЛИЯ КРЫСЫ**  
**THE EFFECTS OF HOMOCYSTEINE ON GLUTAMATE- AND  
ATP-INDUCED CALCIUM TRANSIENTS IN RAT TRIGEMINAL  
GANGLION NEURONS**

А.А. Кабирова, Е.В. Ермакова, Г.Ф. Ситдикова  
А.А. Kabirova, E.V. Ermakova, G.F. Sitdikova  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: kbrvls@gmail.com*

Мигрень – головная боль, с которой сталкивается 10% населения мира, фактором риска развития которой является повышенный уровень гомоцистеина. Головная боль инициируется на периферии тройничного нерва, однако влияние гомоцистеина на периферию нерва остаются не изучены. Известно, что гомоцистеин является агонистом глутаматных НМДА-рецепторов, а АТФ имеет возбуждающее действие на периферическое звено тройничного нерва, в связи с чем целью исследования явился анализ эффектов гомоцистеина на глутамат- и АТФ-вызванные кальциевые ответы в изолированных нейронах тройничного ганглия после 24-часовой инкубации в гомоцистеине (100 мкМ). Для визуализации изменения параметров кальциевых сигналов использовался метод кальциевого имиджинга с применением маркера Fluo-3 АМ (2 мкМ). В эксперименте производились аппликации НМДА (100 мкМ, 20 с), АТФ (100 мкМ, 2 с), L-гомоцистеина (100 мкМ, 2 с), гомоцистеиновой кислоты (100 мкМ, 2 с), капсаицина (1 мкМ, 2 с) и КС1 (50 мМ, 2 с).

24-часовая инкубация нейронов тройничного ганглия в среде, содержащей гомоцистеин, привела к увеличению процента ответивших нейронов на НМДА (17%, 5/29 клеток), гомоцистеин (34%, 10/29) и гомоцистеиновую кислоту (34%, 10/29) по сравнению с контролем (НМДА 14%, 75/553; гомоцистеин 19%, 19/101; гомоцистеиновая кислота 11%, 11/101). Процент клеток, отвечающих на АТФ (59%, 17/29) и капсаицин (24%, 7/29), уменьшился по сравнению с контролем. Анализ амплитудно-временных параметров кальциевых сигналов выявил увеличение амплитуды, полуширины и площади ответа на аппликации НМДА и гомоцистеиновой кислоты, а также амплитуды и площади ответа при аппликации АТФ и снижение параметров ответа на капсаицин. Таким образом, гомоцистеин приводит к усилению кальциевых ответов при активации глутаматных НМДА- и P2X-рецепторов нейронов тройничного ганглия, что может лежать в основе повышения возбудимости в условиях гипергомоцистеинемии. Работа поддержана грантом РФФИ 20-15-00100.

УДК 612.833+591.51

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ АНТОГОНИСТА РЕЦЕПТОРОВ  
ГЛУТАМАТА NMDA МК-801 НА ОБУЧЕНИЕ АВЕРЗИИ К ПИЩЕ У  
ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ**

**STUDY OF THE EFFECTS OF NMDA RECEPTOR ANTOGONIST  
NMDA MK-801 ON FOOD AVERSION LEARNING IN THE  
TERRESTRIAL SNAIL**

А. Ф. Кашапова, Л. Н. Муранова

A.F. Kashapova, L.N. Muranova

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: kashapova.aisylu11@mail.ru*

Все исследователи поведения согласны, что для углубления наших представлений о процессах памяти и обучения требуется изучение клеточных и молекулярных механизмов этих процессов [1,2]. Особое внимание среди нейромедиаторных систем, входящие в эти процессы вызывает глутамат. Обнаружено, что рецепторы NMDA глутамата вовлечены в механизмы консолидации и реконсолидации, например аверсивно-вкусовой памяти [3]. Для исследования роли глутамата в механизмах формирования условного рефлекса аверзии к пище, нами был проведен эксперимент на улитках вида *Helix lucorum*. Изучалось влияние блокады NMDA рецептора с использованием МК-801 на формирование условного рефлекса аверзии к пище, второй группе вводился физиологический раствор (ФР), третья группа была контрольной. Улитки, которым вводили ФР, начали формировать условный рефлекс с шестой сессии. Группа МК-801 начала выработку условного рефлекса с пятой сессии, ей потребовалось меньше сочетаний условного и безусловного стимула, чтобы достичь полного отказа от огурца. В обеих группах латентность захвата УС была значительно больше, чем латентность захвата дифференцирующего стимула. Полученные результаты показали, что блокирование NMDA рецептора ускоряет обучение условному рефлексу аверзии к пище у улитки. Частота отказа от огурца сильно возросла, латентность отказа от пищи после обучения была больше, чем до него.

Список литературы

1. Hawkins, R.D. Molecular mechanisms of memory storage in *Aplysia* / R.D. Hawkins, E.R. Kandel, C.H. Bailey // *Biol. Bull.* – 2006. – V. 210. – P. 174–191.
2. Balaban, P.M. Cellular mechanisms of behavioral plasticity in terrestrial snail / P.M. Balaban // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2002. – V. 26, No 5. – P. 597–630.
3. Cui, Z. Requirement of NMDA receptor reactivation for consolidation and storage of nondeclarative taste memory revealed by inducible NR1 knockout // *Eur J. Neurosci.* – 2005. – V.22, No3. – P.755-763.

УДК: 612.64

**ВЛИЯНИЕ МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА КОГНИТИВНЫЕ  
ФУНКЦИИ И УРОВЕНЬ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА  
У МЫШЕЙ С ДИСБИОЗОМ**  
**EFFECTS OF BUTYRIC ACID ON COGNITIVE FUNCTION  
AND OXIDATIVE STRESS IN MICE WITH DYSBIOSIS**

А.И. Муллакаева, А.Ф. Салихзянова, Д.Р. Яруллина, О.В. Яковлева  
A.I. Mullakaeva, A.F. Salikhzyanova, D.R. Yarullina, O.V. Yakovleva

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: adelya.may.of@gmail.com*

**Введение:** Синдром раздраженного кишечника – это распространенное функциональное заболевание ЖКТ, при котором боль в животе связана с нарушением моторики толстой кишки и висцеральной гиперчувствительностью. Известно, что оксидативный стресс оказывает сильное влияние на развитие многих заболеваний, в том числе связанных с ЖКТ.

**Цель:** выявить изменения когнитивных функций у мышей с дисбиозом, вызванным антибиотиками, и при введении препарата масляной кислоты.

**Материалы и методы:** Эксперименты были проведены на белых мышах в возрасте от 20 дней. Животных разделили на три группы: контрольная группа (К) получала инъекции физиологического раствора; АБ группа получала инъекции коктейля из антибиотиков; АБ+МК группа получала инъекции коктейля из антибиотиков и оральное введение препарата, содержащего масляную кислоту (препарат Закофальк в концентрации 0,7 мг на 1 мл NaCl).

Для анализа непространственной памяти использовался тест «Новый объект». Для исследования рабочей, пространственной памяти грызунов использовали тест «Т-образный лабиринт».

**Результаты:** По результатам тестов на поведение у мышей с дисбиозом наблюдается нарушение пространственной памяти, снижение показателей рабочей памяти и способности к обучению относительно двух других экспериментальных групп. Биохимические анализы мышей, получавших инъекции коктейля антибиотиков, показали повышение уровня малонового диальдегида, снижение уровня глутатиона, активности глутатионпероксидазы, концентрации ионов сероводорода и активности ферментов синтеза сероводорода в тканях мозга. Введение препарата с масляной кислотой нивелировало эти изменения.

**Выводы:** Масляная кислота предотвращает негативное воздействие дисбиоза, вызванного антибиотиками.

УДК 612.816:577.175.822

**МУСКАРИНОВЫЕ ХОЛИНОРЕЦЕПТОРЫ M5 ПОДТИПА  
МОДУЛИРУЮТ КИНЕТИКУ НЕЙРОСЕКРЕЦИИ В МОТОРНЫХ  
СИНАПСАХ МЫШИ**

**M5 CHOLINORECEPTORS MODULATE THE TIMING OF  
NEUROSECRETION IN MICE NERVE-MUSCLE CONTACTS**

А. А. Хамидуллина<sup>1</sup>, И.В. Ковязина<sup>1,2</sup>

A.A Khamidullina<sup>1</sup>, I.V. Kovyazina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Казань, Казанский Государственный медицинский университет*

<sup>2</sup>*Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН*

<sup>1</sup>*Russia, Kazan, Kazan State Medical University, Russia, Kazan,*

<sup>2</sup>*Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics FRC Kazan Scientific Center of RAS*

*E-mail: irina.kovyazina@list.ru*

Мускариновые холинорецепторы (мХР) M5 подтипа контролируют ряд важных физиологических процессов, а их лиганды рассматриваются как потенциальные фармакологические агенты для лечения некоторых заболеваний. Однако роль M5 мХР в скелетных мышцах остается неясной, отчасти из-за отсутствия селективных лигандов. Сравнительно недавно были синтезированы M5-селективные аллостерические модуляторы, в частности соед. VU-0238429, проявляющее избирательное потенцирующее действие на этот подтип мХР. Ранее, на диафрагме мыши было показано, что соед. VU-0238429 увеличивает квантовый выброс ацетилхолина и время роста потенциалов концевой пластинки (ПКП), что косвенно указывает на возможность модуляции кинетики нейросекреции. Используя экстраклеточное микроэлектродное отведение «одноквантовых» ПКП в условиях сниженного (до 0.5 мМ) уровня Ca<sup>2+</sup> и парной стимуляции нерва (интервал - 14 мс) изучали распределение истинных синаптических задержек между пиком пресинаптического спайка и началом ПКП. Вероятность секреция в ответ на 2-й стимул была на 27% выше, а выделение отдельных квантов медиатора – менее синхронным. В присутствии соед. VU-0238429 интенсивность секреции не менялась, но увеличивалась минимальная синаптическая задержка, отражающая время секреции самых «быстрых» квантов (на 33%). Кроме того, то в присутствии соед. VU-0238429 различие в синхронности секреции между 1-м и 2-м ответами было менее выраженным. Таки образом, мХР M5 подтипа модулируют процесс нейросекреции в моторных синапсах что необходимо учитывать при разработке лекарственных препаратов, мишенью которых являются M5 рецепторы. Поддержано грантом РФФИ № 20–04–00571.

УДК 611.73

## **ТРАНСКРИПТОМНЫЙ АНАЛИЗ САТЕЛЛИТНЫХ КЛЕТОК МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ**

### **TRANSCRIPTOME ANALYSIS OF SKELETAL MUSCLE PROGENITOR CELLS DURING HINDLIMB SUSPENSION**

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

M.Y. Komarova<sup>1,2</sup>, N.A. Vilchinskaia<sup>2</sup>, B.S. Shenkman<sup>2</sup>, R.I. Dmitrieva<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем*

<sup>1</sup>*Russia, Saint Petersburg, Almazov National Medical Research Centre*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, SSC RF - Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: komarovamy96@yandex.ru*

Известно, что функциональная разгрузка скелетных мышц, приводит к развитию мышечной атрофии [1]. Однако влияние разгрузки на сателлитные клетки до сих пор мало изучено. В этой работе мы использовали модель гравитационной разгрузки (HS) для выявления изменений в функциональных свойствах сателлитных клеток и оценки их регенеративного потенциала.

Функциональную разгрузку задних конечностей крыс проводили в течение 1, 3, 7 и 14 суток. Далее из *m. soleus* были выделены сателлитные клетки. Затем из клеток была выделена РНК и проведен транскриптомный анализ.

С помощью FGSEA анализа мы обнаружили, что на ранних этапах вывешивания (после первых суток) наблюдается снижение миогенного потенциала. Но начиная с 3-х суток HS наблюдается повышение миогенного потенциала сателлитных клеток, но, по-видимому, эта активация является острой реакцией на внешний сигнал, которая исчезает к 14-м суткам HS. Затем мы определили дифференциально экспрессирующиеся гены (DEG) между парами образцов: HS vs Contr. Значительная часть генов с повышенной экспрессией в образцах HS3 и HS7 принадлежит путям, которые регулируют различные ветви дифференцировки стволовых клеток мышечной ткани, в то время как в образцах HS1 и HS14 – эти сигнальные пути подавлены.

Анализ динамики транскриптома в течение двух недель функциональной разгрузки показывает наличие двух фаз изменения активности сателлитных клеток: до 7-х суток выявляется существенное повышение миогенного потенциала и активация путей, стимулирующих миогенную дифференцировку, после чего миогенный потенциал возвращается до уровня раннего этапа разгрузки. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 20–75–10080.

Список литературы:

1. Bodine, S. C. Disuse-induced muscle wasting / S. C. Bodine // *Int. J. Biochem. Cell Biol.* – 2013. – V.45. – P.2200–2208.

**ПОСТНАТАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ПРЯМОГО ТОРМОЖЕНИЯ В  
ГРАНУЛЯРНЫХ КЛЕТКАХ ЗУБЧАТОЙ ФАССИИ  
POSTNATAL DEVELOPMENT OF THE FEEDFORWARD  
INHIBITION IN DENTATE GRANULAR CELLS**

А.В. Лукоянова, Э.Р. Юзекаева, Р.Н. Хазипов  
A.V. Lukoyanova, E.R. Juzekaeva, R.N. Khazipov  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: anyfrolova@gmail.com*

Гранулярные клетки зубчатой фассии (ЗФ) получают основные возбуждающие стимулы от нейронов слоя L2 энторинальной коры (ЭК) через перфорантный путь. У взрослых этот возбуждающий стимул от ЭК быстро ограничивается прямым торможением, которое обеспечивает «окно возможностей» длиной всего несколько миллисекунд для интеграции возбуждающих стимулов, тем самым поддерживая разреженное кодирование. Однако онтогенез прямого торможения в ЗФ через перфорантный путь остается в значительной степени неизвестным. Мы исследовали изменения прямого торможения гранулярных клеток ЗФ в процессе развития, используя записи пэтч-кламп в конфигурации «целая клетка» энторинально-гиппокампальных срезов мышей в течение первого постнатального месяца. Постсинаптические ответы вызывали электрической стимуляцией слоя L2 или перфорантного пути и разделяли методом фиксации потенциала при помощи пипеточного раствора с низким содержанием хлорида. Ответы обычно характеризовались последовательностью возбуждающих постсинаптических токов (ВПСТ) и тормозных постсинаптических токов (ТПСТ). Временное «окно возможностей» определялось как временная задержка между началом ВПСТ и ТПСТ. В среднем начало нарастания глутаматергического синаптического тока после стимула у животных в течение первой постнатальной недели ( $n = 5$ ) составляло  $4.7 \pm 0.6$  мс, а ГАМКергического –  $44.3 \pm 14.8$  мс (временная задержка  $39.6 \pm 15.1$  мс). У животных в течение второй постнатальной недели ( $n = 6$ ) временные параметры составили  $4.5 \pm 0.7$  мс и  $12.1 \pm 0.9$  мс для глутамата и ГАМК соответственно, временная задержка –  $7.6 \pm 1.1$  мс. В результате, у между первой и второй постнатальной неделей временное «окно возможностей» сокращается на  $32 \pm 14$  мс ( $p < 0.05$ ). Таким образом, прямое торможение по перфорантному пути энторинальная кора – ЗФ начинает происходить с задержкой в процессе развития, что образует временное «окно возможностей». Мы предполагаем, что из-за замедленного развития прямого торможения неонатальные гранулярные клетки действуют как интеграторы множественных стимулов во время управляемых энторинальной корой ранних острых волн, в отличие от разреженного кодирования у взрослых.

УДК 612.741.91

**ВВЕДЕНИЕ В-GPA ПРЕДОТВРАЩАЕТ СНИЖЕНИЕ РЯДА  
ПАРАМЕТРОВ МИТОХОНДРИАЛЬНОГО БИОГЕНЕЗА ПОСЛЕ 1  
СУТОК ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ**  
**ADMINISTRATION OF В-GPA PREVENTS DECREASE OF SEVERAL  
PARAMETERS OF MITOCHONDRIAL BIOGENESIS AFTER 1 DAY  
OF FUNCTIONAL UNLOADING**

И.Д. Львова, К.А. Шарло, Н.А. Вильчинская, Б.С. Шенкман

I.D. Lvova, K.A. Sharlo, N.A. Vilchinskaya, B.S. Shenkman

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

*Russia, Moscow, FSC RF - Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: irrrral@yandex.ru*

Целью данной работы являлось выявление роли накопления макроэргических фосфатов в снижении экспрессии ряда параметров биогенеза и слияния (fusion) митохондрий на 1 сутках функциональной разгрузки задних конечностей крыс.

32 крысы линии Wistar были случайным образом разделены на следующие экспериментальные группы: С – виварный контроль с внутрибрюшинным введением физраствора, 1Н – 1-суточная функциональная разгрузка с введением физраствора, СВ – виварный контроль с введением  $\beta$ -GPA и 1НВ – 1-суточная функциональная разгрузка с введением  $\beta$ -GPA. Функциональная разгрузка моделировалась по методу Ильина-Новикова в модификации Morey-Holton. Бета-гуанидинпропионовую кислоту ( $\beta$ -GPA), вводили внутрибрюшинно в дозировке 400 мг/кг. Экспрессию мРНК оценивали с помощью RT-PCR.

Было показано, что уже на ранних сроках функциональной разгрузки происходит инактивация транскрипции мРНК ряда компонентов биогенеза и слияния (fusion) митохондрий. Экспрессия мРНК фактора биогенеза митохондрий PGC1 $\alpha$ , его мишеней TFAM и митофузина-1 достоверно снижена в группе 1Н в сравнении с группой контроля. Экспрессия мРНК ядерного респираторного фактора NRF2 $\alpha$  в группе 1Н снижена частично. В группе 1НВ экспрессия мРНК PGC1 $\alpha$ , NRF2 $\alpha$  и митофузина-1 данное снижение предотвращалось. Снижение экспрессии мРНК TFAM в группе 1НВ было предотвращено лишь частично.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что данное снижение экспрессии мРНК ряда параметров биогенеза и слияния (fusion) митохондрий вызвано накоплением макроэргических фосфатов, которое предотвращалось в группе с введением  $\beta$ -GPA.

Работа поддержана грантом РФФ №21–75–00063.

**МОРФОЛОГИЯ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА СПИННОГО МОЗГА  
КРЫС НЕ ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ ПОСЛЕ НЕДЕЛЬНОЙ  
РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ 7 СУТОК ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ  
MORPHOLOGY OF THE LUMBAR ENLARGEMENT OF A  
RAT SPINAL CORD DOES NOT RECOVER AFTER A WEEKLY  
READAPTATION FOLLOWING 7 DAYS OF HINDLIMB UNLOADING**

С.Р. Мустакимов<sup>1</sup>, С.А. Ялтаева<sup>1</sup>, Л.Ф. Нуруллин<sup>1,2</sup>, О.В. Тяпкина<sup>1,2</sup>  
S.R. Mustakimov<sup>1</sup>, S.A. Yaltaeva<sup>1</sup>, L. F. Nurullin<sup>1,2</sup>, O.V. Tyapkina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет  
<sup>2</sup>Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное  
структурное подразделение ФГБУН «Федеральный исследовательский  
центр «Казанский научный центр Российской академии наук»

<sup>1</sup>Russia, Kazan, Kazan State Medical University

<sup>2</sup>Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan  
Scientific Center of RAS  
E-mail: saitar00@mail.ru

В условиях длительной моделируемой и реальной невесомости снижение мышечной активности приводит к морфо-функциональным изменениям как в мышцах, так и в спинном мозге, что составляет основу гипогравитационного двигательного синдрома. Морфология спинного мозга на ранних этапах реадaptации к нормальным условиям функциональной нагрузки остается малоизученной.

Целью настоящей работы явилось сравнение изменений площадей поперечного сечения (белого и серого вещества) поясничного отдела спинного мозга и размеров тел мотонейронов у крыс после 7 суток опорной разгрузки задних конечностей и у крыс после недельной реадaptации после 7-суточной разгрузки. Эксперименты проведены на половозрелых крысах-самцах линии Вистар массой  $289 \pm 57$  г, разделенных на три группы: «Контроль» (в стандартных клетках); «АОВ 7 суток» (антиортостатическое вывешивание задних конечностей 7 суток по Морей-Холтон); «Реадaptация 7 суток» (после 7 суток АОВ крысы восстанавливались в течение недели в обычных условиях вивария). Криостатические поперечные срезы (20 мкм) окрашивали метиленовым синим. У крыс группы «АОВ 7 суток» уменьшались средние значения общей площади и площадей, занятых белым и серым веществами. Размеры тел мотонейронов сместились в сторону меньших значений. У крыс «Реадaptация 7 суток» общая площадь и площади серого и белого веществ остались такими же, как и у крыс после 7 суток «АОВ», а размеры тел «больших» и «средних» мотонейронов сместились в сторону увеличения. Таким образом, у крыс после 7 суток опорной разгрузки задних конечностей с последующей недельной реадaptацией объем поясничного утолщения спинного мозга оставался уменьшенным, а размеры тел крупных и средних мотонейронов увеличенными. Исследование проведено в рамках Госзадания.



УДК 616.127

**ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯЦИИ  $\alpha$ 1-АР НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ  
АКТИВНОСТЬ КАРДИОМИОЦИТОВ 3-НЕДЕЛЬНЫХ КРЫС  
EFFECT OF  $\alpha$ 1-ADRENERGIC STIMULATION ON THE ELECTRICAL  
ACTIVITY OF CARDIOMYOCYTES IN 3-WEEK-OLD RATS**

Нур Мансур

Nour Mansour

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

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: nourm94@mail.ru*

Альфа1-адренорецепторы играют ключевую роль в регуляции симпатической нервной системы вместе  $\beta$  и  $\alpha$ 2-АР. Три отдельных гена, продукты которых называются  $\alpha$ 1A-,  $\alpha$ 1B- и  $\alpha$ 1D-адренорецепторами, кодируют эти рецепторы. Однако, специфические функции, регулируемые каждым подтипом, до сих пор остаются предметом дискуссий. Целью данного исследования является изучение влияния стимуляции альфа1-адренорецепторов на электрическую активность рабочего миокарда 3 недельных крыс.

Исследование проведено на белых беспородных крысах 3-недельного возраста. Исследования проводились на микроэлектродной установке. Готовили препарат предсердного миокарда с сохраненным синусным узлом и спонтанной активностью. Препарат погружали в специальный резервуар, куда подавался термостатируемый рабочий раствор «Тироде». Обработка результатов проводилась программой Elph 3.0. Статистическая обработка проводилась с помощью парного t-критерия Стьюдента. Влияние агониста  $\alpha$ 1-адренорецепторов метоксамина исследовалось в концентрации 10-8М.

При аппликации метоксамина наблюдалось уменьшение длительности потенциала действия на уровне дпд20%, 50% и 90% реполяризации на 16%, 14% и на 13% ( $p < 0.05$ ), соответственно. При этом изменение длительности фазы деполяризации, амплитуды ПД, МПП и овершута не наблюдалось. Метоксамин у 3-недельных животных вызывал увеличение частоты генерации потенциала действия на 24% ( $p < 0.05$ ). При введении агониста  $\alpha$ 1-адренорецепторов в концентрации 10-8М наблюдалось изменение значений общей длины цикла потенциала действия на 17% ( $p < 0.05$ ).

Таким образом, проведенные исследования показали, стимуляция  $\alpha$ 1-адренорецепторов оказывает влияние на электрическую активность сердца крыс 3-недельного возраста, изменяя длительность реполяризации.

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

УДК 612.741.9

**РОЛЬ ЦЕРАМИДА И КИСЛОЙ СФИНГОМИЕЛИНАЗЫ  
В РАЗВИТИИ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА ПРИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ  
THE ROLE OF CERAMIDE AND ACIDIC SPHINGOMYELINASE  
IN THE DEVELOPMENT OF OXIDATIVE STRESS DURING  
FUNCTIONAL UNLOADING OF SKELETAL MUSCLES**

В.А. Протопопов, А.В. Секунов, Д.В. Омелюхина, Е.А. Волкова,  
З.Ф. Гараева, И.Г. Брындина

V.A. Protopopov, A.V. Sekunov, D.V. Omelyukhina, E.A. Volkova,  
Z.F. Garaeva, I.G. Bryndina

*Россия, Ижевск, Ижевская государственная медицинская академия  
Russia, Izhevsk, Izhevsk State Medical Academy  
E-mail: i\_bryndina@mail.ru*

Известно, что функциональная разгрузка скелетных мышц может сопровождаться увеличением уровня церамида и оксидативных процессов [1, 2]. Однако роль церамида в развитии окислительного стресса на данный момент изучена недостаточно. Целью данного исследования явилось изучение уровня церамида (Cer), кислой сфингомиелиназы (aSMase) и активных форм кислорода (ROS) при 12-часовом и 14-дневном антиортостатическом вывешивании (АОВ) на фоне блокатора aSMase амитриптилина методом флуоресцентной микроскопии. Было найдено увеличение уровня Cer и aSMase в камбаловидных мышцах белых крыс-самцов на фоне как 12-часового, так и 14-дневного АОВ, однако уровень ROS был достоверно увеличен только при 14-дневном эксперименте. Амитриптин снижал уровень Cer, aSMase и ROS на всех сроках функциональной разгрузки. Данные изменения могут свидетельствовать об участии aSMase и Cer в развитии оксидативных процессов при разгрузке скелетных мышц.

Работа поддержана грантом РНФ №16–15–10220.

Список литературы

1. Bryndina, I.G. Clomipramine counteracts lipid raft disturbance due to short-term muscle disuse / Bryndina I.G., Shalagina M.N., Sekunov A.V., Zefirov A.L., Petrov A.M. // *Neuroscience Letters*. – 2018. – V. 664. – P.1-6.
2. Powers S.K. Oxidative stress and disuse muscle atrophy / S.K. Powers, A.N. Kavazis, J.M. McClung // *Journal of Applied Physiology*. – 2007. – V.102, No 6. – P. 2389–2397.

**ИЗУЧЕНИЕ ПУТЕЙ ИНТЕРНАЛИЗАЦИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ  
НАНОЧАСТИЦ В КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ МОТОНЕЙРОНЫ  
INVESTIGATION THE INTERNALIZATION PATHWAYS OF  
FERROMAGNETIC NANOPARTICLES INTO MOTONEURONS**

И.Ф. Рамазанова<sup>1</sup>, Г.В. Сибгатуллина<sup>1</sup>, С.В. Федоренко<sup>2</sup>, Д.В. Самигуллин<sup>1</sup>

I.F. Ramazanova<sup>1</sup>, G.V. Sibgatullina<sup>1</sup>, S.V. Fedorenko<sup>2</sup>, D.V. Samigullin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики  
ФИЦ КазНЦ РАН*

<sup>2</sup>*Россия, Казань, Институт органической и физической химии  
им. А.Е. Арбузова*

<sup>1</sup>*Russia, Kazan, Kazan institute of biochemistry and biophysics FRC RAS*

<sup>2</sup>*Russia, Kazan, Institute of Organic and Physical Chemistry named after A.E. Arbuzov  
E-mail: iliza.ramazanova@mail.ru*

Магнитные наночастицы (МНЧ) в последнее время начали активно применяться в биомедицине. Существует ряд работ, описывающих возможные пути попадания МНЧ внутрь клеток, среди которых авторы выделяют макропиноцитоз и клатрин-зависимый эндоцитоз. Однако процесс интернализации МНЧ до сих пор остается до конца не изученным. В связи с этим определение способов проникновения МНЧ в клетки является актуальной задачей. В данной работе были проведены исследования влияния блокатора динамин-зависимого эндоцитоза – динасора – на загрузку новых МНЧ, модифицированных аминокислотами, в культуру клеток мотонейронов.

В исследовании использовались МНЧ, синтезированные в ИОФХ им. А.Е. Арбузова. МНЧ покрыты оболочкой из диоксида кремния с добавлением флуоресцентных комплексов рутения, модификация аминокислотами обеспечивает лучшую интернализацию в клетки. Первичная культура мотонейронов была получена из спинного мозга новорожденных крысят Вистар. Посадка осуществлялась путем внесения необходимого количества суспензии клеток на обработанное поли-L-лизинном покрывное стекло, с дальнейшим внесением питательной среды DMEM. Добавление динасора (Dynasore D7693-5MG, 40 мкМ) осуществляли на четвертые сутки после посева на 30 мин. Загрузку клеток МНЧ (20 мкг/мл) осуществляли в течение 1 ч спустя 30 мин после добавления динасора. В дальнейшем полученные образцы сравнивали с контрольным вариантом без динасора, с добавлением DMSO (2 мкл/2 мл) на 30 мин и МНЧ на 1 ч спустя 30 мин после добавления DMSO. Анализ проводили с помощью конфокального лазерного микроскопа Leica TCS SP5. Процент загруженных МНЧ мотонейронов в контрольном образце составил 98%, в образце с добавлением динасора – 48%.

Таким образом, было выявлено, что добавление динасора на 30 мин снижает количество загруженных МНЧ мотонейронов на 50%, что может свидетельствовать о динамин-зависимом эндоцитарном пути попадания МНЧ в клетки.

Работа поддержана грантом РФФИ № 22–25–00731.

УДК 591.112

**ВЛИЯНИЕ ХЛОРПОМАЗИНА НА РАЗМЕРЫ ИНФАРКТА  
МИОКАРДА У КРЫС И НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭПИКАРДИАЛЬНЫХ КАРДИОМИОЦИТОВ  
ПОСЛЕ ИШЕМИИ-РЕПЕРFUЗИИ**  
**EFFECT OF CHLORPOMAZINE ON THE SIZE OF MYOCARDIAL  
INFARCTION IN RATS AND ON THE ELECTROPHYSIOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF EPICARDIAL CARDIOMYOCYTES AFTER  
ISCHEMIA-REPERFUSION**

Андрей Валентинович Степанов

Andrei Valentinovich Stepanov

*Россия, Санкт-Петербург, ИЭФБ им. И. М. Сеченова РАН*

*Russia, St Petersburg, IEPHB RAS*

*E-mail: botanik2407@gmail.com*

С использованием планиметрического метода было выполнено исследование размеров инфаркта миокарда и электрофизиологическое исследование через 2 недели после экспериментально вызванной кратковременной ишемии-реперфузии (ИР) четырёх изолированных сердец крыс и четырёх крыс, которым перед началом ИР был введен блокатор эндоцитоза хлорпромазин (экспериментальные группы 1 и 2 соответственно). С использованием метода внеклеточной микроэлектродной регистрации было проведено электрофизиологическое картирование эпикарда их левого желудочка (ЛЖ) в условиях ретроградной перфузии по методу Лангендорфа.

В представленных экспериментах было показано, что зона некроза составляла  $30,4 \pm 1,0\%$  от общей площади ЛЖ в первой группе крыс. Во второй группе наблюдалось уменьшение зоны некроза более чем на 20%. Как было показано нами ранее, в эпикарде ЛЖ здоровых крыс регистрировались преимущественно двухпиковые внеклеточные ПД (вПД), отражающие последовательную активацию натриевого (первичных пик) и кальциевого токов (вторичный пик) на поверхности кардиомиоцитов. В перинфарктной зоне изолированных сердец крыс 1-й группы наблюдалось существенное ремоделирование электрогенеза внеклеточно регистрируемых потенциалов действия (ПД) эпикардиальных кардиомиоцитов. В отличие как от здоровых и ложнопериоперированных крыс, так и от неповреждённых зон ЛЖ оперированных животных 1 группы, такое ремоделирование проявлялось в виде аномальных внеклеточных ПД, которые имели существенно измененные профили первичного и вторичного пиков. В частности, двухпиковые вПД характеризовались слабо выраженными по амплитуде вторичными пиками. Кроме того, после ИР наблюдается увеличение доли регистрируемых однопиковых ответов до 23%. У крыс группы 2 наблюдалось существенное ослабление ремоделирования вПД. Таким образом, хлорпромазин может обладать кардиопротекторным действием в условиях ишемии-реперфузии.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20–34–90010.

УДК 616.127

**ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ  $\alpha 2$  -АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В  
КОРОНАРНОМ КРОВООБРАЩЕНИИ ИЗОЛИРОВАННОГО  
СЕРДЦА ВЗРОСЛЫХ КРЫС ПОСЛЕ ОГРАНИЧЕНИЯ  
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ**  
**A2-ADRENORECEPTORS STIMULATION EFFECT IN THE  
CORONARY CIRCULATION OF THE ISOLATED HEART OF RATS  
AFTER MOTOR ACTIVITY RESTRICTION.**

Миляуша Ильдусовна Сунгатуллина  
Milyausha Ildosovna Sungatullina  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: violet-diva@mail.ru*

Ограничение двигательной активности приводит к изменениям сократительной функции, ослаблению мышц сердца, также ослаблению венозных и артериальных сосудов [1]. В литературе много противоречивых данных о регуляции коронарного кровоснабжения  $\alpha 2$ -адренорецепторами (АР). Вероятно, это связано с наличием в коронарных сосудах несколько типов  $\alpha 2$ -АР: эндотелиальных, стимуляция которых ведет к расширению сосудов и гладкомышечных, стимуляция данных адренорецепторов вызывает сужение сосудов. Целью исследования изучение коронарного кровообращения изолированного сердца после гипокинезии под действием агониста  $\alpha 2$ -АР.

Данная работа проводилась на взрослых белых лабораторных крысах. Ограничение двигательной активности, осуществлялось путем помещения животных в клетки-пеналы в условиях нарастающей гипокинезии в течение 30 суток. В качестве агониста  $\alpha 2$ -АР использовался клонидин гидрохлорид в концентрациях 10-9-10-6 М. Регистрировалось изменение коронарного потока на установке Лангендорфа PowerLab 8/35 при помощи программы LabChart Pro (ADInstruments). Статистическая обработка осуществлялась в программе Excel, достоверность была определена с помощью t-критерия Стьюдента.

Исследования показали, что агонист  $\alpha 2$ -АР клонидин в концентрации 10-8 М, 10-7М, 10-6 М уменьшает коронарный поток изолированного сердца взрослых крыс, с ограничением двигательной активности. Клонидин в концентрации 10-9М увеличивает коронарный поток изолированного сердца, что, возможно, данные противоречивые эффекты связаны с возбуждением двух типов адренорецепторов.

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

Список литературы.

1. Евсеева М. Е. Стрессорная перестройка миокарда: динамика структурных изменений при различных видах стресса / М. Е. Евсеева // Бюлл. эксперим. биол. и медицины. – 2000. – Т.10, №130. – С.378-381.

**УЧАСТИЕ ГАМК<sub>A</sub> РЕЦЕПТОРОВ В ПРОЦЕССАХ ДЕЛЕНИЯ И  
СЛИЯНИЯ МИОЦИТОВ IN VITRO**  
**INVOLVEMENT OF GABA<sub>A</sub> RECEPTORS IN MYOCYTES  
DIVISION AND FUSION PROCESSES IN VITRO**

А.Р. Такмакова<sup>1</sup>, Г.В. Сибгатуллина<sup>2</sup>, А.И. Маломуж<sup>2</sup>

A.R. Tokmakova<sup>1</sup>, G.V. Sibgatullina<sup>2</sup>, A.I. Malomouzh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

<sup>2</sup>*Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ  
КазНЦ РАН*

<sup>1</sup>*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

<sup>2</sup>*Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan  
Scientific Center, Russian Academy of Sciences*

*E-mail: anna.tok@gmail.com*

Одним из важнейших звеньев межклеточной сигнализации, опосредуемой гамма-аминомасляной кислотой (ГАМК), являются ионотропные ГАМК<sub>A</sub> рецепторы. Ранее молекулы ГАМК были обнаружены в культивируемых миоцитах и миотрубках крыс [1]. Было предположено, что аминокислота может участвовать в регуляции процессов миогенеза через ГАМК<sub>A</sub> рецепторы. Для проверки этой гипотезы проводили иммуноцитохимический анализ наличия рецепторов в культуре миоцитов, а также оценивали влияние блокатора ГАМК<sub>A</sub> рецепторов габазина на процесс слияния культивируемых миоцитов в миотрубки. В ходе иммуноцитохимического исследования в миотрубках, образуемых *in vitro*, наличие рецепторов было подтверждено. Добавление габазина не приводило к значимому изменению процесса слияния миоцитов, тогда как комплексное добавление ГАМК и габазина снижало эффективность образования миоцитов. При этом добавление только ГАМК также снижало индекс слияния. Анализ индекса деления миоцитов также выявил совпадение эффектов экзогенной ГАМК и комплексного добавления ГАМК и габазина – эти воздействия приводили к увеличению частоты деления клеток. Аппликация только габазина на деления влияния не оказывала.

Таким образом, установлено, что в культурах миоцитов ГАМК<sub>A</sub> рецепторы присутствуют, но их участие в регуляции процессов деления и слияния миоцитов подтверждено не было.

Список литературы

1. Sibgatullina, G.V. GABA in developing rat skeletal muscle and motor neurons / G.V.Sibgatullina, A.I. Malomouzh // *Protoplasma*. – 2020. – V.257, No3. – P. 1009-1015.

УДК 612.746

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ  
ПАЦИЕНТОВ С МИОПАТИЕЙ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ  
MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE SOLEUS MUSCLE OF  
PATIENTS WITH CRITICAL ILLNESS MYOPATHY**

О. Туртикова<sup>1</sup>, С. Тыганов<sup>1</sup>, В. Калашников<sup>1</sup>, Е. Скитева<sup>1,2</sup>,

С. Кондратьев<sup>2</sup>, Ю. Забродская<sup>2</sup>, Б. Шенкман<sup>1</sup>

O. Turtikova<sup>1</sup>, S. Tyganov<sup>1</sup>, V. Kalashnikov<sup>1</sup>, E. Skiteva<sup>1,2</sup>, S. Kondratyev<sup>2</sup>,

Y. Zabrodsкая<sup>2</sup>, B. Shenkman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГИЦРФ – Институт медико-биологических проблем РАН;

<sup>2</sup>Россия, Санкт-Петербург, РНХИ им. проф. А. Л. Поленова

<sup>1</sup>Russia, Moscow, FSC RF – Institute of Biomedical Problems RAS; Russia,

<sup>2</sup>Saint Petersburg, Polenov Neurosurgical Institute

E-mail: olga\_tur@list.ru

Одним из серьезных осложнений, сопутствующих пребыванию пациентов в палате интенсивной терапии является миопатия/полинейропатия критических состояний. При этом клинические проявления острой миопатии выражены от незначительных функциональных нарушений до грубой миопатии и от нормальной гистологической картины до поражения мышц с атрофией и некрозом. Для оценки тяжести и динамики состояния пациента необходимо тщательное обследование больного (Саковец Т.Г., Ситдикова А. И. и др.; 2016). В связи с этим целью настоящего исследования являлся морфологический анализ биоптатов камбаловидной мышцы пациентов палаты интенсивной терапии (6 пациентов с хроническим нарушением сознания отделения анестезиологии и реанимации РНХИ им. проф. А. Л. Поленова) и сравнение их с образцами, взятыми у здоровых людей. Исследовали площадь и процентный состав волокон, содержащих быстрые и медленные изоформы тяжелых цепей миозина. Также выявляли эмбриональные миозины, которые у здоровых взрослых людей не экспрессируются и могут быть расценены как маркер денервационных изменений (Carrago et al., 1985). У 2-х из 6 пациентов наблюдалась очень высокая степень экспрессии эмбриональных миозинов (5–10% от площади среза), у 4-х – умеренная или слабая, в контроле ЭМ обнаружены не были. У 4 из 5 пациентов визуально были выявлены волокна с измененной гистологической картиной десмина – белка промежуточных филаментов; у всех больных – нарушение структуры дистрофинового слоя мышечных волокон и ламинина. Площадь среза, занимаемая коллагеновыми фибриллами, была на 82% выше у пациентов по сравнению с контролем; содержание гликогена было снижено на 32%, содержание липидов – повышено на 31%. Таким образом, миопатия критических состояний приводит к существенным структурным отклонениям камбаловидной мышцы от контроля. Работа поддержана грантом РФ №22–25–00615.

**ВЛИЯНИЕ МИОПАТИИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ НА  
ЦИТОСКЕЛЕТ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ**  
**AN INFLUENCE OF CRITICAL ILLNESS MYOPATHY ON THE  
CYTOSKELETON OF THE SOLEUS MUSCLE**

С. Тыганов<sup>1</sup>, К. Зарипова<sup>1</sup>, Е. Скитева<sup>1</sup>, С. Кондратьев<sup>2</sup>, Ю. Забродская<sup>2</sup>,  
О. Туртикова<sup>1</sup>, В. Шенкман<sup>1</sup>  
S. Tyganov<sup>1</sup>, K. Zaripova<sup>1</sup>, E. Skiteva<sup>1</sup>, S. Kondratyev<sup>2</sup>, Y. Zabrodskaya<sup>2</sup>,  
O. Turtikova<sup>1</sup>, V. Shenkman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН

<sup>2</sup>Россия, Санкт-Петербург, РНХИ им. проф. А. Л. Поленова

<sup>1</sup>Russia, Moscow, FSC RF - Institute of Biomedical Problems RAS

<sup>2</sup>Russia, St. Petersburg, Polenov Neurosurgical Institute

E-mail: sentackle@yandex.ru

Пациенты в вегетативном состоянии находятся в крайней степени беспомощности на фоне относительной стабильности витальных функций. Даже когда основные нарушения, являющиеся обычным предметом интенсивной терапии нормализованы и стабилизированы, больной длительной время нуждается в интенсивном уходе и наблюдении (Кондратьева Е. А., Яковенко И. В., 2014). Одним из ключевых последствий пребывания пациентов в палате интенсивной терапии является миопатия критических состояний. В связи с чем, целью данной работы являлось изучение экспрессии различных цитоскелетных белков, белков внеклеточного матрикса и миозинов в камбаловидной мышце пациентов палаты интенсивной терапии. В исследование были включены 6 пациентов с хроническим нарушением сознания, лечившиеся в отделении анестезиологии и реанимации РНХИ им. проф. А. Л. Поленова. Гистохимическое окрашивание коллагена показало достоверное увеличение его содержания в биоптатах камбаловидной мышцы на 62% по сравнению с контролем. Мы также наблюдали достоверный рост экспрессии коллагена 1 и 3 типов на 492 и 184% соответственно. Изучение экспрессии миотилина, миомерозина, тропомиозина 2, талина 2, телониона, филамина С, десмина показало достоверное снижение мРНК этих цитоскелетных белков. При этом содержание мРНК других цитоскелетных белков (талин 1, небулин, виментин, ламинин), наоборот, повысилось. Для тяжелых цепей миозинов мы наблюдали достоверное снижение экспрессии МНС1 на 88% и МНСII $\alpha$  на 71%, при росте экспрессии МНСII $\beta$  на 545%. Таким образом, миопатия критических состояний приводит к существенным изменениям в экспрессии белков внутриклеточного цитоскелета и матрикса камбаловидной мышцы, отличающимися от изменений после атрофии, вызванной другими причинами (например разгрузкой). Работа под-держана грантом РФ № 22–25–00615.



**РОЛЬ АТФ В СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧЕ**  
**ROLE OF ATP IN SYNAPTIC TRANSMISSION**

А.Е. Хайруллин, Д.В. Ефимова, С.Н. Гришин

A.E. Khairullin, D.V. Efimova, S.N. Grishin

*Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет*

*Russia, Kazan, Kazan State Medical University*

*E-mail: khajrulli@ya.ru*

Ацетилхолин (АСh) является основным нейромедиатором нейромоторного звена соматической нервной системы. Однако эмбриональные клетки скелетных мышц позвоночных первоначально экспрессируют рецепторы к аденозин-5'-трифосфату (АТФ), аденозину, глутамату, ГАМК и глицину, а также к АСh. В процессе развития начинает преобладать экспрессия рецепторов к АСh, хотя опосредованная пуринорецепторами синаптическая модуляция остается функционально значимой [1].

Пуринергическая сигнальная система представлена пуриновыми и пиримидиновыми нуклеотидами и нуклеозидами, которые оказывают воздействие через семейства аденозиновых (A1, A2A, A2B и A3), P2X(1-7) и P2Y(1,2,4,6,11-14) - рецепторов. Идентификация задействованных подтипов пуриновых рецепторов и их фармакологических характеристика являются начальными этапами изучения эффекторных механизмов синаптической регуляции пуринами в функционировании различных скелетных мышц.

Синаптическая модулирующая функция молекулы АТФ была обнаружена только в конце прошлого века, и первоначально ей придавалось значение только как предшественнику аденозина в синаптической щели. Попыткам доказать синаптические эффекты АТФ препятствовал общепризнанный факт быстрого разрушения АТФ эктонуклеотидазами до более мелких нуклеотидов и, в конечном счете, до аденозина. Первые доказательства участия АТФ в процессах возбуждения в ЦНС были опубликованы в начале 90-х годов прошлого века.

Дальнейшие исследования эмбриональных и развивающихся синапсов показали, что АТФ, так же, как и аденозин, модулирует синаптическую передачу. В настоящее время установлено, что АТФ, не подвергаясь деградации, может активно регулировать эффективность нервно-мышечной передачи, модулируя квантовое и неквантовое высвобождение основного передатчика, которым является АСh.

Регуляция деградации АТФ и аденозина считается новым механизмом регуляции активности скелетных мышц, хотя это требует дальнейшего изучения.

**Список литературы**

1. Ziganshin, A.U. Modulatory roles of ATP and adenosine in cholinergic neuromuscular transmission / A.U. Ziganshin, A.E. Khairullin, S.H.V. Hoyle, S.N. Grishin // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, №17. – P. 1-15.

УДК 612.816:612.822.2

**УЧАСТИЕ АДРЕНОРЕЦЕПТОРОВ В РЕГУЛЯЦИИ  
СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ  
СОЕДИНЕНИИ**  
**PARTICIPATION OF ADRENORECEPTORS IN THE SYNAPTIC  
TRANSMISSION REGULATION AT NEUROMUSCULAR JUNCTION**

В.Ф. Хузахметова, Э.А. Бухараева  
V. F. Khuzakhmetova, E. A. Bukharaeva  
*Россия, Казань, КИББ ФИЦ КазНЦ РАН*  
*Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan*  
*Scientific Center of RAS*  
*E-mail: venerik87@mail.ru*

Модуляторы адренорецепторов (активаторы и блокаторы) широко применяются в клинике для лечения сердечно-сосудистых и легочных заболеваний. В последние годы они стали предлагаться для преодоления ряда нейродегенеративных патологий. В недавних исследованиях [1] современными иммунофлуоресцентными методами доказана тесная локализация симпатических варикозов в непосредственной близости к нервно-мышечным синапсам. Однако вопрос о механизмах влияния симпатической иннервации на холинергическую нервно-мышечную передачу остается до конца нераскрытым. Проведенные нами исследования на нервно-мышечных синапсах скелетной мускулатуры мыши и крысы показали, что адреналин, норадреналин и агонисты  $\alpha 2$  и  $\beta 2$  адренорецепторов изменяют количество освобождаемых в ответ на нервный стимул квантов нейромедиатора и степень синхронности их выделения, таким образом влияя на степень надежности синаптической передачи [2,3]. Полученные данные необходимы для последующей разработки эффективных и хорошо переносимых симпатомиметиков для лечения нейродегенеративных заболеваний, которые сопровождаются синаптическими дефектами.

Поддержано грантом РФФ 18-15-00046.

Список литературы

1. Delbono, O., Rodrigues, A.C.Z., Bonilla, H.J., Messi, M.L. The emerging role of the sympathetic nervous system in skeletal muscle motor innervation and sarcopenia / O. Delbono, A.C.Z. Rodrigues, H.J. Bonilla, M.L. Messi // *Age Res. Rev.* – 2021. – V. 67: 101305.
2. Tsentsevitsky, A., Nurullin, L., Tyapkina, O., Bukharaeva, E. Sympathomimetics regulate quantal acetylcholine release at neuromuscular junctions through various types of adrenoreceptors / A. Tsentsevitsky, L. Nurullin, O. Tyapkina, E. Bukharaeva // *Mol. Cell. Neurosci.* – 2020. – V.108. – 103550.
3. Khuzakhmetova V., Bukharaeva E. Adrenaline facilitates synaptic transmission by synchronizing release of acetylcholine quanta from motor nerve endings/ V. Khuzakhmetova, E. Bukharaeva // *Cell. Mol. Neurobiol.* – 2021. – V.41, №2. – P. 395–401.

**ВЛИЯНИЕ РИБОНУКЛЕАЗЫ НА СОКРАТИМОСТЬ  
ТОЛСТОЙ КИШКИ МЫШИ**  
**EFFECTS OF RIBONUCLEASE ON COLONIC CONTRACTILITY  
OF A MOUSE**

И.Ф. Шайдулло<sup>1</sup>, Л.Ф. Гафарова<sup>2</sup>, О.Н. Ильинская<sup>1</sup>, Г.Ф. Ситдикова<sup>1</sup>

I.F. Shaidullo<sup>1</sup>, L.F. Gavarova<sup>2</sup>, O.N. Ilinskaya<sup>1</sup>, G.F. Sitdikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

<sup>2</sup>*Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан*

<sup>1</sup>*Kazan (Volga-Region) Federal University*

<sup>2</sup>*Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan*

*E-mail: ilnarshaidullo<sup>1</sup>@gmail.com*

Рибонуклеазы (РНКазаы) играют важную роль в регуляции жизнедеятельности клеток. Катализируют деградацию РНК, РНКазаы опосредованно участвуют во многих клеточных процессах, таких как экспрессия генов, пролиферация, дифференцировка клеток, иммунный ответ. Установлена способность РНКаза ингибировать рост опухолевых клеток и репродукцию вирусов, однако их влияние на сократительную активность кишечника остается неизвестной.

Сила сокращения сегментов проксимального толстой кишки мыши длиной 5 мм регистрировалась в изометрических условиях. В течение всего эксперимента препарат омывался аэрированным раствором Кребса. Гомогенные препараты РНКазаы *Bacillus pumilus* (биназы) были получены с использованием описанной ранее трехэтапной процедуры.

Для раздражения препарата использовали карбахоллин в концентрации 1 мкМ, неселективный агонист холинорецепторов, который вызывал длительное сокращение сегмента кишки, средняя амплитуда которых составила  $2.17 \pm 0.14$  г ( $n=5$ ). Аппликацию бактериальной РНКазаы осуществляли в концентрациях 100 нМ, 1 мкМ, 10 мкМ, 50 мкМ и 100 мкМ, которые кумулятивно добавляли в ванну каждые 5 минут. В условиях кумулятивной аппликации эффекты РНКазаы на тоническое напряжение препарата, амплитуду и частоту спонтанных сокращений достоверно не проявлялись ( $n=5$ ,  $p>0.05$ ). При этом амплитуда карбахоллин-вызванных ответов на фоне РНКазаы в концентрации 10 мкМ не изменялась ( $n=5$ ,  $p>0.05$ ).

Таким образом, показано, что биназа не влияет на параметры сократимости толстой кишки, что позволяет предположить, что использование бактериальной РНКазаы в качестве потенциального препарата противоопухолевой и противовирусной терапии не будет оказывать негативного влияния на моторику.

Исследование выполнено в рамках Программы стратегического академического лидерства (Приоритет-2030) и поддержано грантом РФФ № 22–25–20045.

УДК 612.833+591.51

**ЭФФЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ МК-801 НА ВЫРАБОТКУ УСЛОВНОГО  
РЕФЛЕКСА АВЕРЗИИ НА ПИЩУ У HELIX  
EFFECTS OF МК-801 ON THE DEVELOPMENT OF THE FOOD  
AVERSION REFLEX IN HELIX**

А. Шихаб, Д. И. Силантьева, Х.Л. Гайнутдинов  
A. Chihab, D.I. Silantyeva, Kh.L. Gainutdinov  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: kh\_gainutdinov@mail.ru*

Среди исследователей поведения существует полное согласие в том, что углубление наших представлений о процессах памяти и обучения должно проистекать из знаний о клеточных и молекулярных механизмах этих процессов. Одним из медиаторов, обеспечивающих взаимодействие между нейронами, является глутамат - основной возбуждающий медиатор у позвоночных. Глутамат связывается с несколькими типами рецепторов, к которым относится и NMDA-рецептор. Показано, что и у беспозвоночных существуют рецепторы, функционально подобные NMDA-рецепторам позвоночных. Поэтому мы провели исследование эффекта действия блокатора NMDA-рецепторов МК-801 на формирование условного оборонительного рефлекса аверзии к пище у виноградных улиток *Helix pomatia*.

У улиток вырабатывался условный оборонительный рефлекс аверзии к пище [1]. В качестве условного стимула использовали кусок огурца, расположенный на расстоянии 5 мм от нижних омматофоров животного. Электрическая стимуляция (1-10мА, 0,5 с), использовавшаяся в качестве безусловного стимула, осуществлялась с помощью макроэлектрода, прикладываемого к поверхности ноги животного [1]. Пища предъявлялась животному на 120 сек, если улитка отказывалась брать кусок огурца в течение этого периода времени, такой ответ засчитывали как отказ от пищи. МК-801 был разбавлен в физиологическом растворе для виноградных улиток в концентрации 0,25 мг/кг веса животного, его вводили каждый день в течение всего времени обучения за 30 минут до сеанса обучения по 0,1 мл через кожу в нечувствительную область под мантийным валиком. Найдено, что при инъекции МК-801, частота отказа от вида пищи, к которому вырабатывали аверзию, была достоверно выше с первого сеанса до конца обучения по сравнению с группой, получавшей инъекцию физиологического раствора.

Список литературы

1. Chihab, A.W. Serotonin synthesis inhibition by p-chlorophenylalanine impairs defensive reactions of aversive learning and long-term sensitization in terrestrial snails / A.W. Chihab, V.V. Andrianov, T.K. Bogodvid, I.B. Deryabina, D.I. Sylantyeva, Kh.L. Gainutdinov // *BioNanoScience*. – 2021. – V. 11. – P. 238-243.

**РОЛЬ ТРОПОМОДУЛИНА В РЕГУЛЯЦИИ АКТИН-  
МИОЗИНОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**  
**THE ROLE OF TROPOMODULIN IN THE REGULATION OF ACTIN-  
MYOSIN-INTERACTION**

Д.В.Щепкин<sup>1</sup>, А.М. Кочурова<sup>1</sup>, Е.А. Бельдия<sup>1,2</sup>, Г.В. Копылова<sup>1</sup>  
D.V. Shchepkin<sup>1</sup>, A.M. Kochurova<sup>1</sup>, E.A. Beldiia<sup>1,2</sup>, G.V. Kopylova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Екатеринбург, Институт иммунологии и физиологии УрО РАН

<sup>2</sup>Россия, Екатеринбург, УрФУ

<sup>1</sup>Russia, Yekaterinburg, Institute of Immunology and Physiology UB RAS

<sup>2</sup>Russia, Yekaterinburg, UrFU

E-mail: g\_rodionova@mail.ru

Тропомодулины (Tmod) – семейство белков, принимающих участие в стабилизации структуры саркомера [1]. В миокарде экспрессируется Tmod1 изоформа, а в поперечно-полосатых мышцах – Tmod1 и Tmod4 [2]. Обнаружено, что замена Tmod1 на Tmod4/Tmod3 в скелетных мышцах уменьшает их силотенерирующую способность [3]. Мы исследовали молекулярный механизм влияния Tmod на актин-миозиновое взаимодействие.

Tmod1 и Tmod4, тропонин и  $\alpha$ -тропомиозин экспрессировали в *E. coli*. Миозин выделяли из левого желудочка барана. Ca<sup>2+</sup> зависимость скорости скольжения филаментов, реконструированных из актина, тропонина и тропомиозина, по миозину в *in vitro* подвижной системе (ИПС) аппроксимировали уравнением Хилла и определяли кальциевую чувствительность (pCa<sub>50</sub>) скорости, максимальную скорость филаментов (V<sub>max</sub>) и коэффициент кооперативности Хилла (h).

Обнаружено, что Tmod влияет на кооперативные механизмы Ca<sup>2+</sup> регуляции актин-миозинового взаимодействия, и эффект зависит от изоформ Tmod. Tmod4 уменьшал pCa<sub>50</sub> на 0.1, увеличивал V<sub>max</sub> примерно на 10% и h в 2 раза. Tmod1 не влиял на V<sub>max</sub> и h, но значительно, на 0.3 значения pCa, уменьшал pCa<sub>50</sub>.

Полученные результаты говорят о том, что Tmod является одним из белков, участвующих в регуляции актин-миозинового взаимодействия.

Исследование поддержано РНФ (грант № 22–24–00729).

Список литературы

1. McKeown C.R. Tropomodulin1 is required in the heart but not the yolk sac for mouse embryonic development / C.R. McKeown, R.B. Nowak, J. Moyer, M.A. Sussman, V.M. Fowler // *Circ Res.* – 2008. – V. 103, №11. – P. 1241-1248.
2. Ochala J. Pointed-end capping by tropomodulin modulates actomyosin crossbridge formation in skeletal muscle fibers / J. Ochala, D.S. Gokhin, H. Iwamoto, V.M. Fowler // *FASEB J.* – 2014. – V. 28. – P. 408-415.
3. Fowler V.M. Tropomodulins and leiomodins: actin pointed end caps and nucleators in muscles / V.M. Fowler, R. Dominguez // *Biophys. J.* – 2017. – V. 112. – P. 1742–1760.

**Секция 2: Прикладные вопросы физиологии движения:  
микрогравитация, спорт, методы изучения движения,  
клиника, реабилитация**

УДК 612.766.1

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО И СВЕРХДЛИТЕЛЬНОГО  
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА**  
**CHANGE OF PHYSICAL PERFORMANCE AFTER LONG AND  
EXTRA LONG DURATION SPACE FLIGHT**

Н.Ю. Лысова, Н. А. Сенаторова, Е. В. Фомина  
N.Y. Lysova, N.A. Senatorova, E.V. Fomina

*Россия, Москва, ГИЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН  
Russia, Moscow Institute of Biomedical Problems of the RAS  
E-mail: cehbr@list.ru*

Длительное пребывание в условиях космического полета (КП) негативно сказывается практически на всех системах, определяющих уровень физической работоспособности: двигательная, сердечно-сосудистая, дыхательная системы и система крови. Однако перестройки в системе вегетативного обеспечения мышечной деятельности, связанные с длительным пребыванием человека в невесомости изучены недостаточно.

Целью настоящего исследования явилась оценка изменений, возникающих в системе вегетативного обеспечения мышечной деятельности после длительного пребывания в условиях длительного и сверх длительного КП.

Методика. В исследовании приняли участие 7 космонавтов (возраст  $44 \pm 6$  лет, вес  $84 \pm 6$  кг, продолжительность КП  $180 \pm 22$  суток) и 1 космонавтов совершивший годовой полет. Все 8 космонавтов выполнили тест со ступенчато-возрастающей нагрузкой на бегущей дорожке (БД-2). Тест состоял из 13 ступеней нагрузки от 3 до 15 км/ч или до отказа, приращение скорости составляло 1 км/ч каждые 30 с. Тест выполнялся за 30-60 суток до КП и на 8-13-е сутки после. При выполнении теста регистрировались потребление кислорода и выделение углекислого газа, легочная вентиляция, ЧСС.

Результаты. Было показано, что после КП потребление кислорода значительно снижается на скорости 14 и 15 км/ч ( $p \leq 0,02$ ). Выделение углекислого газа после КП было значительно выше практически на всех ступенях теста за исключением ступеней 10, 11 и 12 км/ч ( $p \leq 0,02$ ). На всех ступенях теста после КП легочная вентиляция ( $p \leq 0,02$ ) и ЧСС ( $p \leq 0,02$ ) также были увеличены. Послеполетные изменения изученных параметров космонавта, выполнившего годовой полет, не отличились, от группы космонавтов, выполнивших КП продолжительностью  $180 \pm 22$  суток, и составили соответственно -7,9% в потреблении кислорода, + 1,4% в выделении углекислого газа, + 7,9% в легочной вентиляции и +7,4% в ЧСС.

Таким образом, нами было показано, что длительное пребывание в условиях КП приводит к изменению вегетативного обеспечения мышечной деятельности, при этом изменения в полугодовых и в годовом полете существенно не отличаются, в случае применения аналогичной системы профилактики. Работа поддержана финансированием РАН 63.1.

**СЕНСОМОТОРНАЯ ОЦЕНКА ОТРЕЗКОВ РАЗЛИЧНОГО  
НАПРАВЛЕНИЯ В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ**  
**SENSORIMOTOR ESTIMATION OF SEGMENTS OF DIFFERENT  
ORIENTATIONS IN “DRY” IMMERSION**

В.А. Ляховецкий<sup>1</sup>, И.С. Зеленская<sup>2</sup>, В.Ю. Карпинская<sup>3</sup>, Е.С. Томиловская<sup>2</sup>  
V.A. Lyakhovetskii<sup>1</sup>, I.S. Zelenskaya<sup>2</sup>, V.J. Karpinskaya<sup>3</sup>, E.S. Tomilovskaya<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН

<sup>3</sup>Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский Государственный  
Университет

<sup>1</sup>Russia, St. Petersburg, Institute of Physiology I.P. Pavlova RAS,

<sup>2</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS

<sup>3</sup>Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University

E-mail: v\_la2002@mail.ru

В условиях космических полетов у космонавтов ухудшается способность к построению трехмерных зрительных репрезентаций, а также в различной степени меняется восприятие горизонтальных и вертикальных отрезков. Цель работы - анализ динамики сенсомоторной оценки длин и направлений отрезков различной ориентации ведущей рукой в “сухой” иммерсии (СИ), наземной модели гравитационной разгрузки. Измерения проводили до начала СИ, на первый, третий, пятый и седьмой день СИ, а также после ее окончания. На этапе запоминания испытуемый (n=6) вел ведущей рукой по видимому отрезку, а на этапе воспроизведения повторял положение отрезка на пустом экране. При запоминании ошибка оценки длин и направлений отрезков была невелика и не обладала выраженной динамикой. При воспроизведении для оценки направления был получен хорошо известный эффект «отталкивания» отрезков различного направления от канонических осей, вертикальной и горизонтальной (motor oblique effect). При этом наблюдались две разнонаправленные тенденции. С одной стороны, на протяжении СИ оценка направления оставалась неизменной или же становилась более точной. С другой, на протяжении СИ длина отрезка начинала оцениваться менее точно, для отрезков неканонических ориентаций росли ошибки оценки положения как для начальной, так и для конечной точки движения. Такой паттерн ошибок, вероятно, свидетельствует в пользу гипотез о векторном кодировании целей движений, характерном для движений ведущей руки, при котором направление и длина планируемого движения кодируются независимо друг от друга. Причем гравитационная разгрузка избирательно влияет на точность кодирования длины, но не направления движения ведущей руки.

Работа поддержана грантом РФФИ №22-18-00074.



**СИНАПТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИПОГРАВИТАЦИОННОГО  
ДВИГАТЕЛЬНОГО СИНДРОМА**  
**SYNAPTIC ASPECTS OF HYPOGRAVITATIONAL MOTOR SYNDROME**

С. Н. Гришин, А.Е. Хайруллин, А.А. Еремеев, А.У. Зиганшин  
S. N. Grishin, A. E. Khairullin, A. A. Ereemeev, A. Y. Ziganshin  
*Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет*  
*Russia, Kazan, Kazan State Medical University*  
*E-mail: sgrishin@inbox.ru*

Известно, что глубина снижения скоростно-силовых свойств в условиях микрогравитации существенно различается, будучи более выраженной в медленных мышцах. В наших экспериментах [1] камбаловидная мышца (КМ) в целом повторила эффект потенциации силы сокращений смешанной, икроножной мышцы (ИМ). Сохраняя значительно превышающие контроль значения, динамика изменений силы сокращения носила отчетливый двухфазный характер: к двум и, далее, трем неделям антиортостатического вывешивания (АОВ) сила сокращений продолжала увеличиваться, а при дальнейших сроках АОВ несколько снижалась. Причем, сила сокращений КМ крыс с 3-недельным вывешиванием достоверно отличалась не только от контрольных значений, но и от соответствующих значений на сроках 1 и 5 недель АОВ. В неполной схожести динамик изменении силы сокращений разных мышц, на наш взгляд, проявляются отличия организации быстрых и медленных двигательных систем.

При увеличении сроков АОВ вплоть до 3 недель наблюдалось увеличение частоты слияния сокращений ИМ и КМ. Дальнейшее увеличение сроков гравитационной разгрузки не сопровождалось изменением частоты слияния сокращений этих мышц. При сравнении кривых тетанических сокращений у интактных и у вывешенных животных наблюдались, наряду с начальным увеличением амплитуды суммированных сокращений, быстроразвивающаяся характеристика пессимальная картина спада, что коррелирует с уменьшением времени одиночного сокращения и позволяет объяснить, как, наряду с увеличением силы одиночного мышечного сокращения, может наблюдаться общая картина мышечной атонии. Похожую картину можно предположить и в послеоплетном состоянии космонавтов [2]. Анализ тетанусов, вызванных прямым и прямым раздражениями, показал, что в случае вывешивания тетанусы можно привести к оптимальному виду при непосредственной стимуляции скелетной мышцы, что указывает на синаптический компонент наблюдаемых эффектов.

**Список литературы**

1. Морозов Г. А., Сафиуллин Р. С., Еремеев А. А., Гришин С. Н., Морозов О. Г., Никольский Е. Е. // Известия СамНЦ РАН. – 2010. – Т.12, №4–3. – С. 717–721.
2. Хайруллин А.Е., Еремеев А. А., Гришин С. Н. Синаптические аспекты гипогравитационного двигательного синдрома // Биофизика. – 2019. – Т. 64, № 5. – С. 1021–1029.

УДК 612.832

**ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ Н-РЕФЛЕКСА МЫШЦ ГОЛЕНИ  
В ХОДЕ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ  
ГИПОКИНЕЗИИ  
DYNAMICS OF H-REFLEX PARAMETERS OF SHIN MUSCLES  
DURING 21-DAY BEDREST**

Н.М.А. Абу Шели, Т.А. Шигуева, А.В. Шпаков, Е.С. Томиловская  
N.M.A. Abu Sheli, T.A. Shigueva, A.V. Shpakov, E.S. Tomilovskaya  
*Россия, Москва, ГИЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН*  
*Russia, Moscow, SSC RF – Institute of Biomedical Problems of the RAS*  
*E-mail: nellyabushelly@yandex.ru*

Цель работы составило исследование рефлекторной активности спинальных мотонейронов в условиях 21-суточной антиортоstaticкой гипокинезии (АНОГ). Анализировали пороги и максимальные амплитуды кривых вовлечения Н-рефлекса в *m. soleus* и *gastrocnemius lat.* до, на 7-е, 15-е, 20-е сутки АНОГ и на 2-е, 5-е сутки после завершения 21-суточной АНОГ.

На 7-е сутки АНОГ наблюдалось снижение порогов рефлекторного ответа *m. soleus* относительно исходных значений (от  $5,9 \pm 1,7$  до  $4,6 \pm 1,2$  мА), затем на 15-е сутки АНОГ пороги увеличивались до  $5,2 \pm 0,9$  мА, а на 20-е сутки АНОГ снова достоверно снижались относительно фоновых значений до  $4,3 \pm 1,5$  мА. В период восстановления значения порогов не отличались от исходных. В *m. gastrocnemius lat.* пороги Н-рефлекса на 7-е сутки АНОГ снизились относительно исходных значений, оставаясь сниженными на всем протяжении воздействия. Максимальная амплитуда Н-рефлекса к 7-м суткам АНОГ в *m. soleus* достоверно повысилась по сравнению с фоновыми значениями с  $14,8 \pm 6,3$  до  $17,3 \pm 5,7$  мВ, а начиная с 15-х суток воздействия - постепенно снижалась, составив к 5-м суткам восстановления  $12,4 \pm 4,1$  мВ. В *m. gastrocnemius lat.* к 7-м суткам АНОГ также наблюдалось достоверное повышение амплитуды, а начиная с 15-х суток АНОГ - ее постепенное снижение до  $8,3 \pm 3,7$  мВ ко 2-м суткам после АНОГ. Максимальная амплитуда М-ответа демонстрировала тенденцию к снижению в ходе воздействия.

Таким образом, результаты исследования указывают на признаки гиперсензитивности спинальных рефлекторных систем в условиях гипогравитации, что проявлялось снижением порогов рефлекторных ответов и увеличением их максимальной амплитуды к 7-м суткам АНОГ. При этом изменения амплитудных характеристик Н-рефлекса на протяжении 21-суток АНОГ были разнонаправленными. Начиная с 7-х суток, величины ответа выявляли отчетливую тенденцию к снижению, достигая исходных значений к 20-суткам воздействия. Схожая динамика изменений характеристик рефлекторных реакций была выявлена ранее в 120-суточной АНОГ.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда (проект №19-15-00435).

УДК 612.829.34.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ  
ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ 7-СУТОЧНОЙ  
"СУХОЙ" ИММЕРСИИ**

**CORRELATION OF ELECTROMYOGRAPHIC ACTIVITY OF  
LOWER EXTREMITIES MUSCLES WITH POSTURAL STABILITY  
CHARACTERISTICS AFTER 7-DAY "DRY" IMMERSION**

А.А. Савеко, И.Ю. Ермаков, И.И. Пономарёв, Е.С. Томиловская  
А.А. Saveko, I.Yu. Ermakov, I.I. Ponomarev, E.S. Tomilovskaya  
*Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН*  
*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems*  
*E-mail: asaveko@gmail.com*

Удержание вертикального положения требует постоянной работы мышц-разгибателей. Работа данных мышц и другие ключевые механизмы поддержания вертикальной устойчивости регулируются при непосредственном участии рецепторов опорной и проприоцептивной афферентации [1]. Модель «сухой» иммерсии (СИ) изменяет данные афферентные сигналы, устраняя влияние земной гравитации на организм человека [2]. Регистрацию поструральных характеристик и электромиографической активности мышц нижних конечностей (камбаловидной, латеральной икроножной, передней большеберцовой, прямой и двуглавой бедра) при выполнении теста с биологической обратной связью по опорной реакции типа «мишень» выполняли с участием 10-и добровольцев мужского пола 3 раза до начала 7-суточной СИ и 2 раза после СИ – через час и на 2-е сутки восстановления с целью корреляционного анализа исследуемых параметров. Результаты демонстрируют ключевую роль разгибателя голеностопного сустава (камбаловидная м.) и разгибателей коленного сустава (двуглавая и прямая м. бедра) в поддержании исходного уровня пострурального контроля. СИ явилась причиной «отключения» наиболее гравитационно-зависимой мышцы – камбаловидной – её вклад в процесс поддержания вертикальной стойки снизился на  $71,87 \pm 11,6\%$  по сравнению с фоновыми результатами, что значительно увеличило вклад двуглавой мышцы бедра. Исследование поддержано Минобрнауки России (соглашение №\_075-1502020–919 от 16.11.2020 г.).

Список литературы

1. Kozlovskaya, I.B. Gravity and the Tonic Postural Motor System / I.B.Kozlovskaya // *Hum. Physiol.* - 2018. – V.44. - С. 725–739.
2. Tomilovskaya, E. Dry immersion as a ground-based model of microgravity physiological effects / E. Tomilovskaya, T. Shigueva, D. Sayenko, I. Rukavishnikov, I. Kozlovskaya // *Frontiers in Physiology.* - 2019. – V.10, No 284. - P. 1-17.

УДК 612.821:681.5:796.071

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО  
ПРЕКРАЩЕНИЯ КУРСА НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ У  
СПОРТСМЕНОВ**  
**PHYSIOLOGICAL CAUSES OF PREMATURE TERMINATION OF  
THE COURSE OF NEUROFEEDBACK IN ATHLETES**

Лариса Петровна Черапкина

Larisa Petrovna Cherapkina

*Россия, Омск, Сибирский государственный университет физической  
культуры и спорта*

*Russia, Omsk, Siberian State University of Physical Education and Sport*

*E-mail: kochelab@mail.ru*

Несмотря на многообразие работ и, в целом, отмеченное авторами положительное влияние биоуправления на функциональное состояние и спортивную результативность спортсменов, накоплено достаточное количество данных, свидетельствующих о том, что далеко не все люди способны освоить навык произвольной модуляции мозговой деятельности. Физиологические механизмы данного явления практически не изучены. В связи с этим целью исследования явилось выявление физиологических причин преждевременного прекращения курса нейробиоуправления у спортсменов.

Вначале 260 спортсменам различных спортивных специализаций и квалификаций было предложено пройти 15-тидневный курс нейробиоуправления, перед которым проводились записи ЭЭГ (монтаж биполярный, отведения F1, P3 и F2, P4) и ЭКГ (второе стандартное отведение) в состоянии покоя в пробах с закрытыми и открытыми глазами с последующей оценкой показателей вариабельности ритма сердца, абсолютной и относительной мощности ЭЭГ в альфа-, бета- и тета-диапазонах. Также проводилось психофизиологическое тестирование с помощью анкеты «Самооценка функционального состояния и уровня тренированности» (О.В. Погадаева с соавт., 2002); восьмицветового теста М. Люшера (2006); шкалы ситуативной и личностной тревожности (С.Д. Spielberger, 1966). Статистический анализ полученных данных осуществлялся с помощью программного продукта SPSS 13.0.

Анализ полученных результатов показал, что 44 спортсмена не закончили курс нейробиоуправления. В качестве основной причины, вынуждающей прекратить освоение навыка саморегуляции, 31 человек указывал нехватку времени. Вместе с тем было выявлено, что не закончившие тренинг спортсмены характеризовались достаточно расслабленным состоянием (по показателям ВРС и личностной тревожности), и более низкой самооценкой успеваемости. С помощью дискриминантного анализа выделены факторы, определяющие вероятность прекращения курса нейробиоуправления (величина мощности в тета-диапазоне правого полушария в пробах при открытых и закрытых глазах и средняя арифметическая величины относительной мощности в альфа-диапазоне в течение сеансов тренинга). Точность такого прогноза составила 69,3%.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ  
ПОЗЫ В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНОГО ПОВТОРЕНИЯ У  
ЮНОШЕЙ-ДЗЮДОИСТОВ РАЗНОГО ВОЗРАСТА  
THE EFFICIENCY OF IMPROVING POSTURE STABILITY IN THE  
PROCESS OF MULTIPLE REPETITIONS IN YOUNG JUDOISTS OF  
DIFFERENT AGES**

А.А. Мельников, М.В. Васина

A.A. Melnikov, M.V. Vasina

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

*Russia, Moscow, Russian State University of Physical Culture, Sports, Youth and Tourism (SCOLIPE)*

*E-mail: meln1974@yandex.ru*

Детский возраст отличается, с одной стороны, незрелостью системы управления движениями и позой, а с другой, высокой способностью к ее модификации и развитию под влиянием как естественного роста, так и двигательного обучения. Целью работы было изучить эффективность улучшений постуральной устойчивости в процессе многократного повторения сложного постурального теста у дзюдоистов трёх возрастных групп: 8 лет ( $8,5 \pm 0,8$  лет), 11 лет ( $11,1 \pm 0,9$  лет) и 14 лет ( $14,4 \pm 1,2$  лет). Испытуемые выполняли задание на равновесие вертикальной позы в стойке с открытыми глазами на поролоновом коврикe 20 см в 7 попытках. Оценивали среднюю скорость (V-ОЦД) и площадь (S-ОЦД) колебаний ОЦД. Результаты. Средние величины V-ОЦД и S-ОЦД за 7 попыток были ниже в группах 11 лет ( $p < 0,01$ ) и 14 лет ( $p < 0,01$ ) по сравнению с группой 8 лет, но между группами 11 и 14 лет различий не было. Величины снижения V-ОЦД и S-ОЦД в среднем за 2-7 попытки по сравнению с первой попыткой не различались между группами 11 лет и 8 лет, однако в группе 14 лет были существенно больше, чем в группе 8 лет и 11 лет (все  $p < 0,001$ ). Максимальная степень снижения V-ОЦД в группе 8 лет наблюдалась в 7 попытке ( $-17,7 \pm 16,5\%$ ,  $p < 0,001$ ), в группе 11 лет - в 5 попытке ( $-11,9 \pm 23,1\%$ ,  $p < 0,001$ ), в группе 14 лет в 6 попытке ( $-24,4 \pm 13,8$ ,  $p < 0,001$ ). S-ОЦД не снижалась в результате повторения в группе 8 лет и 11 лет, но в группе 14 лет уменьшалась в 4-7 попытках на  $-24-33\%$  (все  $p < 0,02$ ). Таким образом, постуральная устойчивость повышается у юных дзюдоистов в возрасте 8-12 лет и далее стабилизируется несмотря на тренировочный процесс. Однако способность улучшать равновесие позы в процессе многократного повторения (постуральное обучение) продолжает интенсивно развиваться после 12 лет, достигая максимума в 14 лет.

Список литературы.

1. Hsu, Y.S. Assessing the development of balance function in children using stabilometry / Y.S. Hsu, C.C. Kuan, Y.H. Young // Int. J. Pediatr. Otorhin. – 2009. – Vol. 73, №5. – P. 737–740.

**КОГЕРЕНТНОСТЬ ЭЭГ У ГРЕБЦОВ НА КАНОЭ ПРИ  
ПОДДЕРЖАНИИ РАВНОВЕСИЯ В ИМИТАЦИОННОЙ СТОЙКЕ  
COHERENT EEG CHARACTERISTICS IN CANOE ROWERS WHEN  
KEEPING BALANCE IN THE SIMULATION RACK**

Елена Маевна Бердичевская  
Elena Maevna Berdichevskaya

*Россия, Краснодар, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
университет физической культуры, спорта и туризма»  
Russia, Krasnodar, Kuban State University of Physical Education,  
Sports and Tourism  
E-mail: emberd@mail.ru*

Постуральному контролю человека посвящен ряд исследований [1,3], однако нейрофизиологические механизмы поддержания равновесия в спортивных позах до сих пор неясны. В сообщении представлены результаты исследования внутри- и межполушарной когерентности (КОГ) ЭЭГ во время имитации стойки каноиста. Участвовали 16 высококвалифицированных спортсменов - «левостоечников, у которых оценивали индивидуальный профиль асимметрии. Запись ЭЭГ осуществляли с помощью телеметрического компьютерного электроэнцефалографа. Изменения КОГ ЭЭГ регистрировали при поддержании «удобной» и «неудобной» стойки отдельно для правой и левой опоры на двух стабиллоплатформах компьютерного стабиллоанализатора. Использовали стандартные тесты, требующие как произвольного, так и произвольного позного контроля. Показано, что церебральная организация контроля спортивных стоек зависит от характера моторной задачи, наличия или отсутствия зрительного контроля, а также от уровня автоматизации. Выявленные закономерности углубляют представления о функциональной специализации гемисфер в динамике многоуровневой организации центрального контроля двигательных функций [2] и, в частности, вертикальных спортивных поз.

Список литературы

1. Бердичевская Е. М. Роль функциональной асимметрии мозга в возрастной динамике двигательной деятельности человека: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.17 / Е.М.Бердичевская. – Краснодар, 1999. - 47с.
2. Жаворонкова, Л. А. Нейрофизиология: межполушарная асимметрия мозга человека (правши-левши): монография / Л. А. Жаворонкова. — М.: Издательство Юрайт, 2022. — 217 с. URL: <https://urait.ru/bcode/494655> (дата обращения: 14.04.2022).
3. Жаворонкова Л. А. ЭЭГ-маркеры организации вертикальной позы у здоровых людей / Л. А. Жаворонкова, А. В. Жарикова, Е. М. Кушнир, А.А. Михалкова // Физиология человека. – 2012. – № 6. – С. 52–62.

**ИЗМЕНЕНИЯ Н-РЕФЛЕКСА У ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ  
ЛЕГКОАТЛЕТОВ ПОСЛЕ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК  
H-REFLEX CHANGES IN HIGHLY TRAINED SPRINT ATHLETES  
AFTER INTERMITTENT HYPOXIC TRAINING**

Александр Сергеевич Шилов  
Alexander Sergeevich Shilov

*Россия, Сыктывкар, ФИЦ «Коми научный центр Уральского отделения РАН»  
Russia, Syktyvkar, FRC "Komi Science Centre of the Ural Branch of the RAS".  
E-mail: s.shilov@icloud.com*

Одним из современных методических подходов, который все больше используется в практической подготовке легкоатлетов-спринтеров, становится применение гипоксических тренировок, интегрированных в тренировочный процесс [1, 2]. При этом понимание тонких физиологических механизмов адапционно-приспособительных и компенсаторных реакций при и после гипоксического прекондиционирования остается относительно неизученным.

Серии исследований выполнены с участием высококвалифицированных легкоатлетов-спринтеров (n=8, 23–30 лет, МС, МСМК). В контроле и после 14 дней интервальных гипоксических воздействий (ИГВ, 12,3–12,7% O<sub>2</sub>, 30–50 мин. по 5 мин дыхания гипоксической смесью через мин. нормоксии) оценивали амплитудно-временные характеристики моносинаптического рефлекса Хоффманна, получаемого с камбаловидной и икроножной мышц [3].

В обеих мышцах после курса ИГТ выявлено значимое уменьшение нормированного показателя Н-рефлекса и сохранность данного эффекта до 14 суток. Данные изменения могут указывать на повышение центральных нисходящих тормозных влияний на нейромоторный аппарат. Также после ИГТ наблюдалось монофазное рекрутирование Н-рефлекса икроножной мышцы при значимо меньших силах тока его вызова во всем диапазоне электростимуляций; для камбаловидной мышцы схожие изменения были характерны на уровне тенденции. Исходный уровень рефлекторной возбудимости мускулатуры, участвующей в реализации соревновательного упражнения в спринтерских дисциплинах легкой атлетики, может рассматриваться как маркер подбора индивидуальной гипоксической дозы для минимизации снижения сократительных способностей спринтеров после гипоксических тренировок в отставленном периоде.

Список литературы

1. Brocherie, F. Effects of Repeated-Sprint Training in Hypoxia on Sea-Level Performance: A Meta-Analysis / F. Brocherie, O. Girard, R. Faiss, G.P. Millet // *Sports Med.* – 2017. – V. 47. – P. 1651–1660.
2. Millet, G.P. Repeated sprint training in hypoxia – an innovative method / G.P. Millet // *Dtsch. Z. Sportmed.* – 2019. – V.70. – P.115-122.
3. Фарфель, В.С. Управление движениями в спорте / В.С. Фарфель. – М.: Физкультура и спорт, 1975. – 208 с.

**ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЙ ОТВЕТ НА ДОЗИРОВАННУЮ  
ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ  
HEMODYNAMIC RESPONSE TO DOSED EXERCISE**

И.В. Бочарин, Д.С. Зайцев

I.V. Bocharin, D.S. Zaitsev

*Россия, Нижний Новгород, Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия*

*Russia, Nizhny Novgorod, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*

*E-mail: bocharin.ivan@mail.ru*

В настоящее время отмечается все большее увеличение интереса у населения к разным видам физической активности. Это напрямую сопряжено и с уровнем адаптационных резервов организма, а именно с особенностями гемодинамического ответа на разные уровни нагрузки, ведь именно эта система, в конечном счете, обеспечивает жизнеспособность организма на всех этапах его существования.

В эксперименте участвовали 70 студентов мужского пола второго курса медицинского университета. Для определения артериального давления применялся тонометр «Omron M2 Basic», для гемодинамических показателей – система спортивного тестирования «MedicalSoft». Комплекс физических упражнений состоял из бега на 100 метров и подтягиваний из виса на перекладине с интервалом для отдыха в 5 минут.

Первым параметром для анализа явился уровень систолического артериального давления. В состоянии покоя оно было зафиксировано на уровне  $124,3 \pm 8,7$ , после бега -  $153,6 \pm 8,7$ , а после подтягиваний сдвиги были зафиксированы на уровне  $149,9 \pm 7,1$  мм. рт. ст. Также отмечается увеличение частоты сердечных сокращений после выполнения физических упражнений:  $137,4 \pm 7,6$  (бег) и  $135,4 \pm 7,9$  (подтягивания) относительно состояния покоя ( $92,2 \pm 7,6$  уд/мин). Обращают на себя внимание и смещение показателей, характеризующих насосную функцию сердца (ударный объем и сердечный выброс), значения которых в состоянии физиологического покоя составили  $76,8 \pm 5,4/6,9 \pm 0,4$ . Отмечается наибольший их рост после выполнения бега –  $106,4 \pm 5,9/14,6 \pm 0,6$ , относительно подтягиваний –  $101,2 \pm 5,2$  мл/ $13,5 \pm 0,5$  л/мин. При этом был произведен мониторинг сосудистого компонента в виде оценки общего периферического сосудистого сопротивления, сдвиги которого составили  $560,2 \pm 38,4$  после бега, и  $603,5 \pm 31,6$  после подтягиваний относительно значения до выполнения упражнений:  $1423,6 \pm 89,3$ .

Установлено, что физическая нагрузка в виде бега на 100 метров оказывают более значительное влияние на смещение гемодинамического профиля испытуемых.



**НЕЙРОПРОТЕЗ – НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕГУЛЯЦИИ  
ЛОКОМОЦИИ. ПЕРВЫЕ КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ  
NEUROPROSTHESIS IS A NEW TECHNOLOGY FOR THE  
REGULATION OF LOCOMOTION. FIRST CLINICAL RESULTS**

Т.Р. Мошонкина<sup>1</sup>, Е.Н. Жарова<sup>2</sup>, С.С. Ананьев<sup>1</sup>, Н.Д. Шандыбина<sup>1</sup>,  
Е.А. Вершинина<sup>1</sup>, В.А. Ляховецкий<sup>1</sup>, А.А. Гришин<sup>1</sup>, Ю.П. Герасименко<sup>1</sup>  
Т.Р. Moshonkina<sup>1</sup>, E.N. Zharova<sup>2</sup>, S.S. Ananev<sup>1</sup>, N.D. Shandybina<sup>1</sup>,  
E.A. Vershinina<sup>1</sup>, V.A. Lyakhovetski<sup>1</sup>, A.A. Grishin<sup>1</sup>, Y.P. Gerasimenko<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН,  
<sup>2</sup>Национальный медицинский исследовательский центр  
имени В.А. Алмазова МЗ РФ  
<sup>1</sup>Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of RAS,  
<sup>2</sup>Almazov National Medical Research Centre  
E-mail: moshonkina@infran.ru

Спинальный нейропротез – это технология пространственно-временной неинвазивной электрической стимуляции спинного мозга во время ходьбы [1]. Нейропротез обеспечивает активацию спинальных локомоторных сетей, а также моторных пулов сгибателей и разгибателей в фазы переноса и опоры, соответственно. Результаты исследований на здоровых добровольцах показали, что эта технология может быть использована для модуляции характеристик шага и активности мышц ног. Была выдвинута гипотеза о том, что у пациентов, перенесших инсульт, применение технологии приведет к улучшению координации, устойчивости и скорости самостоятельной ходьбы. Проверка безопасности нейропротеза и его эффективности для восстановления произвольной ходьбы была проведена с участием пациентов с гемипарезом с давностью инсульта 3–11 месяцев. В условиях стационара пациенты получали традиционное реабилитационное лечение в течение 12 дней и дополнительно – локомоторные тренировки на беговой дорожке и на полу с использованием нейропротеза. При этом 10 пациентам во время использования нейропротеза стимулировали спинной мозг, у других 10 пациентов применяли ложную (sham) стимуляцию спинного мозга. До, после и в середине реабилитационного курса проводили электрофизиологическое и неврологическое исследование, а также регистрировали кинематические характеристики ходьбы. Доказано, что применение технологии нейропротеза безопасно и эффективно для реабилитации функции ходьбы у пациентов, перенесших инсульт.

Список литературы

1. A System for Detecting Stepping Cycle Phases and Spinal Cord Stimulation as a Tool for Controlling Human Locomotion / A. A. Grishin, E. V. Bobrova, V. V. Reshetnikova [et al.] // Biomedical Engineering. – 2021. – Vol. 54, No 5. – P. 312-316. – DOI 10.1007/s10527-021-10029-7.

УДК 616.8

**СЕНСОМОТОРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК ЦЕЛЬ И СРЕДСТВО  
НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ: МЕТОДОЛОГИЯ И ПРАКТИКА РАБОТЫ  
ВРАЧА ФИЗИЧЕСКОЙ И РЕАБИЛИТАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ**  
**SENSORIMOTOR INTEGRATION AS A GOAL AND A MEANS OF  
NEUROREHABILITATION: METHODOLOGY AND PRACTICE OF  
PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION PHYSICIAN**

Р.А. Бодрова, В.С. Комарницкий

R.A. Bodrova, V.S. Komarnitsky

*Россия, Казань, Казанская Государственная Медицинская Академия –  
филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава Российской Федерации*

*Russia, Kazan, Kazan State Medical Academy*

*E-mail: bodrovarezeda@yandex.ru, vkom85@mail.ru*

Интегративная деятельность головного мозга осуществляется благодаря иерархическому, а также сетевому принципу организации нервной системы.

При повреждении центральной нервной системы отмечаются структурные изменения в очаге и функциональные изменения как в зоне, окружающей очаг повреждения, так и на расстоянии. В основе формирования патологической функциональной системы лежат процессы деафферентации.

Методы реабилитации должны потенцировать позитивную нейропластичность, смысл которой заключается в повышении эффективности функционирования сохранившихся структур, пластической реорганизации кортикальных и субкортикальных отделов (включая таламус и ствол), развитие ранее не задействованных горизонтальных связей. В практическом плане реконструкция сетей процессов сенсомоторной интеграции происходит через модуляцию афферентных потоков и эфферентных синтезов, создание полимодальной сенсорной стимуляции, адекватной афферентации во время выполнения физических упражнений и применения статических положений.

Многократные тренировки, ориентированные на конкретную двигательную задачу, индуцируют в центральной нервной системе нейропластические изменения, способствующие восстановлению или компенсации нарушенных двигательных функций.

Список литературы

1. Аухадеев, Э.И. Восстановление нарушенных двигательных функций у лиц с патологией центральной нервной системы на основе системного подхода к медицинской реабилитации и концепции Н. А. Бернштейна «О построении движений»: учебно-методическое пособие / Э.И. Аухадеев Г.Е. Иванова, Р.А. Бодрова, А.Ю. Суворов, В.С. Комарницкий. – Казань: Редакционно-издательский отдел КГМА, 2021. – 48 с.

2. Нарышкин, А. Г., Частные вопросы нейропластичности. Вестибулярная дерцепция: монография / А. Г. Нарышкин, И. В. Галанин, А. Л. Горелик, Т. А. Скоромец, А. Ю. Егоров. – С.Петербург: ООО "Издательство Фолиант", 2017. - 192с.

УДК 612.821

**КОГНИТИВНЫЙ СТИЛЬ КАК ПРЕДИКТОР УСПЕШНОСТИ  
ВООБРАЖЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ  
ИНТЕРФЕЙСОМ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР»**  
**COGNITIVE STYLE AS A PREDICTOR OF SUCCESS IN MOTOR  
IMAGERY DURING CONTROL OF BRAIN-COMPUTER INTERFACE**

В.В. Решетникова<sup>1</sup>, Е.В. Боброва<sup>1</sup>, Я.В. Керечанин<sup>2</sup>, Е.А. Вершинина<sup>1</sup>,  
П.Д. Бобров<sup>2</sup>, Ю.П. Герасименко<sup>1</sup>  
V.V. Reshetnikova<sup>1</sup>, E.V. Bobrova<sup>1</sup>, J.A. Kerechanin<sup>2</sup>, E.A. Vershinina<sup>1</sup>,  
P.D. Bobrov<sup>2</sup>, Yu.P. Gerasimenko<sup>1</sup>

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

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

<sup>1</sup>*Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, RAS*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS*  
*E-mail: 3069@bk.ru*

Согласно литературным данным, разные психофизиологические характерис-тики человека могут предсказывать успешность управления интерфейсом «мозг-компьютер» (ИМК), основанным на воображении движений. Цель исследования – изучить влияние индивидуальных особенностей обработки сенсорной информации на эффективность воображения верхних и нижних конечностей при использовании ИМК. В эксперименте приняли участие 10 испытуемых, каждый из которых управлял ИМК в течение 10 дней каждый день (3 сессии в день – при воображении раскрытия кистей, сгибания стоп и локомоции). Все участники исследования прошли тест включенных фигур Готтшальдта, определяющий предпочтительный когнитивный стиль при обработке зрительной информации – выделение деталей или целостное восприятие. Индекс полезависимости – полenezависимости по Готтшальдту определяется как количество правильных ответов, деленое на затраченное на прохождение теста время. Корреля-ционный анализ не выявил значимых связей между данным индексом и успеш-ностью воображения движений конечностей, однако количество правильных ответов имело с ней значимые отрицательные корреляции: на 3й, 6й, 9й и 10й дни эксперимента с успешностью воображения правой кисти и на 5й – левой, на 1й день с успешностью воображения левой стопы, с 1й, 5й, 7й и 8й дни с успешностью воображения локомоции, начинающейся с левой ноги. То есть люди, менее способные к вычленению частного из целого в зрительной мо-дальности, лучше воображают определенные движения в определенные дни обу-чения управлению ИМК. Как известно, правое полушарие мозга правойшей отве-чает за целостное вос-приятие образа, а левое – детальное, что может могло бы объяснить объяснять лучшую способность к воображению левых конечностей у таких людей. Такой пока-затель как полезависимость определяет особенности функционирования системы регуляции позы и, таким образом, может быть вза-имосвязан с организацией движений, в том числе воображаемых. Исследование выполнено при поддержке РФФ № 22–25–00624.

УДК 612.821

**СОХРАННА ЛИ «СОХРАННАЯ» РУКА? НАРУШЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ «СОХРАННОЙ» РУКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ ПОРАЖЕНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ИНСУЛЬТА**  
**WHETHER THE “INTACT” ARM IS INTACT? “INTACT” ARM MOTOR DEFICIT AND RECOVERY AS A FUNCTION OF DAMAGE LATERALIZATION AFTER STROKE**

Е. В. Бирюкова<sup>1</sup>, А.А. Кондур<sup>2</sup>, С. В. Котов<sup>2</sup>, Л.Г. Турбина<sup>2</sup>, П.Д. Бобров<sup>1,3</sup>

E.V.Biryukova<sup>1</sup>, A.A. Kondur<sup>2</sup>, S.V. Kotov<sup>2</sup>, L.G. Turbina<sup>2</sup>, P.D. Bobrov<sup>1,3</sup>

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

<sup>2</sup>*Россия, Москва, Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф.Владимирского*

<sup>3</sup>*Россия, Москва, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова*

<sup>1</sup>*Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Science*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, Department of Neurology, Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute*

<sup>3</sup>*Russia, Moscow, Research Institute of Translational Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow*  
*E-mail: ebiryukova@mail.ru*

Нарушение двигательной функции (ДФ) сохранной (ипсилатеральной) руки при центральных парезах подтверждается данными нейрофизиологических, анатомических, клинических и биомеханических исследований. Реабилитационные процедуры, использующие интерфейс мозг-компьютер (ИМК), управляющий экзоскелетом кисти на основе кинестетического воображения движения, стимулирующего процессы нейропластичности в обоих полушариях, представляются адекватными для одновременной реабилитации паретичной и сохранной рук.

Показано, что тип двигательных нарушений сохранной руки зависит от латерализации поражения и тяжести пареза. Эта зависимость исследована с помощью биомеханического анализа движений 24-х постинсультных больных, прошедших курс реабилитации на основе ИМК, управляющего экзоскелетом кисти. Показано, что эффективность реабилитации проявляется а) в возрастании моментов мышечных сил в суставах и б) в восстановлении симметрии суставных моментов сохранной и паретичной рук, что может свидетельствовать о восстановлении баланса активностей полушарий.

УДК 616.8

**ПАРАМЕТРЫ ПОХОДКИ ПРИ ПАРКИНСОНИЗМЕ ПОСЛЕ  
ОДНОКРАТНОЙ И КУРСОВОЙ 'СУХОЙ' ИММЕРСИИ,  
ИЗМЕРЕННЫЕ ПРИ ПОМОЩИ IMU СМАРТФОНА  
GAIT CHARACTERISTICS MEASURED WITH IMU OF A  
SMARTPHONE IN SUBJECTS WITH PARKINSONISM AFTER A  
SINGLE SESSION AND A PROGRAM OF "DRY" IMMERSION**

А.Ю. Мейгал, С.А. Региня, Л. И. Герасимова-Мейгал, А. В. Соловьев,  
А.П. Мошевикин

A.Yu. Meigal, S.A. Reginya, L.I. Gerasimova-Meigal, A.V. Soloviev,  
A.P. Moschevikin

*Россия, Петрозаводск, ФГБОУ ВО "Петрозаводский государственный  
университет"*

*Russia, Petrozavodsk, Petrozavodsk State University  
e-mail: meigal@petrsu.ru*

Условия "сухой" иммерсии (СИ) вызывают снижение такого вида мышечного тонуса, как ригидность у больных паркинсонизмом [1], что может транслироваться в изменение параметров ходьбы. Ранее нами был представлен метод исследования походки при помощи IMU (inertial measurement unit) смартфона и алгоритмов извлечения данных, который показал приемлемое качество визуализации и оцифровки элементов 3-метрового TUG-теста. В данной работе при помощи IMU исследовано влияние однократной СИ и курса из 7 иммерсий на параметры выполнения 20-метрового TUG-теста (у 3 испытуемых с паркинсонизмом (5 курсов СИ, 1 ж, 2 м). Установлено, что однократный 45-минутный сеанс СИ вызвал статистически незначимое укорочение времени выполнения теста (с 26,4 до 25,3 с), времени перехода из положения "сидя" в положение "стоя", времени поворота перед переходом в положение "сидя", неравномерность ходьбы (ускорения/замедления), увеличение темпа ходьбы (на 2 шага/мин), силы удара по полу (с 0,87 до 0,94 m/s<sup>2</sup>). После 6 сеансов СИ названные изменения были более выражены: время выполнения теста уменьшилось с 26,8 до 24,8 с, темп ходьбы увеличился на 4,5 шага/мин, время перехода из положения "сидя" в положение "стоя" - на 0,3 с ( $p=0,068$ , тест Вилкоксона), уменьшилась неравномерность шагов ( $p=0,068$ , тест Вилкоксона) и сила удара по полу (с 0,81 до 0,93 m/s<sup>2</sup>). Полученные данные можно считать многообещающими для продолжения исследования.

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

Список литературы

1. Meigal A. Dry immersion as a novel physical therapeutic intervention for rehabilitation of Parkinson's disease patients: a feasibility study / A. Meigal, L. Gerasimova-Meigal, I.Saenko, N. Subbotina // Phys. Med. Rehab. Kuror. – 2018. – V. 28, №5. – P. 275–281.

**КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПОСТУРАЛЬНЫХ  
НАРУШЕНИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА  
INTEGRATED METHOD FOR THE ASSESSMENT OF POSTURAL  
DISORDERS AT THE EARLY STAGES OF PARKINSON'S DISEASE**

Л.А. Чигалейчик<sup>1</sup>, В.В. Полещук<sup>1</sup>, И.А. Наумов<sup>2</sup>

L.A. Chigaleychik<sup>1</sup>, V.V. Poleschuk<sup>1</sup>, I.A. Naumov<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН

<sup>1</sup>Research Center of Neurology, Moscow

<sup>2</sup>RF SSC – Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail: chigalei4ick.lar@yandex.ru

Болезнь Паркинсона (БП) – нейродегенеративное заболевание, клинические признаки которого появляются значительно позже функциональных и структурных изменений в головном мозге. Постуральные нарушения (ПН) при БП выявляются клинически на поздних– 3–4 стадиях болезни по шкале Хен-Яра. Но на 1–2 стадиях БП происходит нарушение важных для развития ПН цервико-вестибуло-окуломоторных (ЦВО) взаимоотношений [1]. Применение стабилметрических методик позволяет качественно объективизировать ПН, однако работ по изучению ранних стадий БП с помощью этого метода крайне мало, несмотря на их актуальность.

ЦЕЛЬ работы – провести анализ стабилметрических параметров и процессов удержания взора у 22 нелеченых пациентов с 1 стадией БП и сравнить их с усредненными данными сопоставимых по возрасту группой нормы.

МЕТОДЫ и РЕЗУЛЬТАТЫ: С помощью стабиллоплатформы ST-150 оценивались параметры двух фаз пробы Ромберга (Американская и Европейская) и данные пробы на стопную рецепцию. Движения головы и глаз при выполнении горизонтальных движений головы (от плеча к плечу) в тесте удержания взора на неподвижной мишени проводили с помощью АПК «Окулостим». Для статобработки применяли программу Statistica - 7.0. Комплексный метод оценки ПН показал ухудшение устойчивости при БП - 1 показатель Av(з) (вторая фаза – с закрытыми глазами) пробы Ромберга Европейская установка стоп был увеличен ( $p < 0,05$ ) по сравнению с нормой. При БП- 1 были также выявлены нарушения ЦВО взаимодействия в виде рассогласования между движениями глаз и головы, снижения амплитуды и частоты движения головы. Таким образом, уже на ранней стадии БП формируются механизмы, приводящие к клиническим проявлениям ПН на поздних стадиях заболевания.

Список литературы

1. Швецов А.Ю. Механизмы цервико-вестибуло-окуломоторных расстройств на ранних стадиях болезни Паркинсона / А.Ю. Швецов., Е. А. Иванова., Л.А. Чигалейчик., Б.Х. Базиян // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – Т. 152. – С. 25–27.

**ТРЕНИРОВКА ХОДЬБЫ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ ПРИ  
ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА И ДЦП: СИНДРОМНЫЙ И  
НОЗОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ  
EXOSKELETON-INDUCED WALK TRAINING FOR SPINAL  
CORD INJURY AND CEREBRAL PALCY: SYNDROMIC AND  
NOSOLOGICAL APPROACHES**

Елена Юрьевна Шапкова

Elena Yurjevna Shapkova

*Россия, Санкт-Петербург, ФГБУ «СПб НИИФ» Минздрава России  
Россия, Санкт-Петербург, Лаборатория нейропротезов, ИТБМ, СПбГУ  
Russia, Saint-Petersburg State Research Institute of Phthisiopulmonology of the  
Ministry of Healthcare of the Russian Federation  
Russia, Saint-Petersburg, Laboratory of Neuroprosthetics, Institute of  
Translational Biomedicine, Saint-Petersburg State University  
E-mail: eyshapkova@gmail.com*

Опыт реабилитации 87 пациентов с парезами, вызванными травмой спинного мозга в ходе 230 курсов показал, что тренировки ходьбы в экзоскелете, в том числе в сочетании с электростимуляцией спинного мозга, позволяют значимо снизить спастичность и стимулировать локомоторные возможности, у части пациентов – улучшить чувствительность и силу мышц [1,2].

Те же методики экзорехабилитации апробировали у 16 детей в возрасте от 7 до 13 лет с ДЦП (тяжесть GMFCS II–V) для установления их применимости, безопасности и потенциальных положительных эффектов. Использовали экзоскелеты ЭкзоАтлет и Remotion (ВЭМЗ) с видеодокументацией и контролем бароплантографических показателей; оценивали тонус мышц, двигательные навыки детей и наличие нежелательных явлений. Особенно тренировки в экзоскелете детей с ДЦП связаны с невозможностью опоры о трости из-за нарушения функции рук и контроля положения головы во фронтальной и сагиттальной плоскостях, для коррекции которых применяли дополнительную стимуляцию: очки виртуальной реальности, броски и ловлю мячей, игры со светящимися предметами, фехтование; в ряде случаев применяли электростимуляцию спинного мозга. Тренировки длительностью 40–60 мин. (20–40 мин. ходьбы) проводились 2–3 раза в неделю, суммарно от 9 до 30 тренировок за 1 или 2 курса. Вопреки ожиданиям, гипертонус мышц ног не препятствовал ходьбе и не требовал противоспастической электростимуляции спинного мозга; активирующая электростимуляция шейного утолщения улучшала контроль положения головы.

В ходе тренировок у детей отмечено перераспределение нагрузки на стопу, снижение гипертонуса мышц ног, увеличение толерантности к ходьбе, улучшение вегетативного и эмоционального статуса, при GMFCS III–V – облегчение движений рук и удержания головы. Существенных нежелательных явлений за период наблюдений не выявлено.

Тренировки ходьбы в отечественных моделях экзоскелетов для ходь-

бы ЭкзоАтлет и Remotion расценены как безопасные и потенциально эффективные для детей с ДЦП. Показанием к тренировкам ходьбы в экзоскелете являются отсутствие самостоятельной ходьбы либо нарушение походки независимо от этиологии параличей, тогда как режим тренировок и дополнительные способы стимуляции, включая электростимуляцию спинного мозга, двигательные задания в игровой форме и дозированное применение виртуальной реальности определяются нозологически обусловленным двигательным дефицитом, персональными двигательными и психо-эмоциональными возможностями и возрастом пациента.

Список литературы

1.Shapkova, E.Y. Exoskeleton Walk Training in Paralyzed Individuals Benefits from Transcutaneous Lumbar Cord Tonic Electrical Stimulation / E.Y. Shapkova, E.V. Pismennaya, D.V. Emelyannikov, Y. Ivanenko // Front. Neurosci. – 2020. – V.14:416. doi: 10.3389/fnins.2020.00416.

2.Шапкова Е. Ю. Сенсомоторные и локомоторные перестройки при хроническом посттравматическом поражении взрослого спинного мозга человека как свидетельство активность-зависимой нейропластичности / Е. Ю. Шапкова, Д.В. Емельяников, Ю. Е. Ларионова // Физиология человека. – 2021. – Т. 47, № 4. – С. 5–16.

УДК: 612.014.421

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ  
МАГНИТНОЙ И ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА В КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИИ  
ХОДЬБЫ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА  
THE EFFECTIVENESS OF TRANSCRANIAL MAGNETIC AND  
PERCUTANEOUS ELECTRICAL STIMULATION OF THE SPINAL  
CORD IN THE CORRECTION OF WALKING FUNCTION IN  
PATIENTS AFTER STROKE**

С. С.Ананьев<sup>1,2</sup>, Д. А.Павлов<sup>2</sup>, Р. Н. Якупов<sup>2</sup>, В. А. Голоднова<sup>2</sup>,  
М. В. Балыкин<sup>2</sup>

S.S. Ananev<sup>1,2</sup>, D.A. Pavlov<sup>2</sup>, R.N. Yakupov<sup>2</sup>, V.A. Golodnova<sup>2</sup>, M.V. Balykin<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>*Ульяновский государственный университет, Россия, Ульяновск.*

<sup>1</sup>*Pavlov Institute of Physiology of the RAS, Russia, St. Petersburg.*

<sup>2</sup>*Ulyanovsk State University, Russia, Ulyanovsk.*

*E-mail: sergananev13@gmail.com*

Пациенты с последствиями инсульта зачастую нуждаются в посторонней помощи при выполнении простейших бытовых действий, что влияет на качество жизни самих пациентов и их близких родственников. Согласно данным литературы, при воздействии транскраниальной магнитной стимуляции при нормализации перфузии головного мозга спустя 10–14 дней отме-



чаются пластические регенераторные изменения нервной ткани, и формирование новых синапсов [1]. В последние годы чрескожная электростимуляция спинного мозга (ЧЭССМ) используется для направленного управления локомоцией и показала свою эффективность в реорганизации нейронных сетей при различных патологиях [2, 3]. Цель исследования: изучить эффективность применения ТМС и ЧЭССМ в реабилитации пациентов после инсульта.

Исследование проводилось в первичном сосудистом отделении ЦКМСЧ им. В. А. Егорова г. Ульяновска в течение 12 дней. В исследовании приняли участие 21 пациент в возрасте от 43 до 72 лет с ишемическим типом инсульта. Давность инсульта составляла от 10 до 12 дней. Пациенты были поделены на 2 группы: контрольная группа (12 пациентов). Пациенты получали стандартные методики медицинской реабилитации; экспериментальная группа (ЧЭССМ+ТМС) (9 пациентов). Пациенты данной группы наряду со стандартными методиками медицинской реабилитации прошли 10-дневный курс ЧЭССМ совместно с ТМС. Для оценки эффективности реабилитационных мероприятий использовались индекс Ривермид, шкала Бартела, тест 15 метровой ходьбы и электромиографическое обследование мышц нижних конечностей.

Согласно неврологическому осмотру, у пациентов произошло изменения по индексу мобильности Ривермид, шкале Бартела и увеличению скорости ходьбы. У пациентов контрольной группы эти изменения небыли статистически значимы. У пациентов экспериментальной группы показатели аналогично подверглись изменениям, математическая обработка данных показала, что данные изменения были статистически значимыми. Аналогичные результаты были получены при электромиографическом обследовании. Пациенты экспериментальной группы после курса реабилитационного лечения значительно расширили свои локомоторные возможности, так же у них более значительно увеличилась возбудимость нейронных сетей поясничного утолщения СМ.

Проведённое исследование показало, что использование ТМС первичной моторной коры на стороне поражённого полушария в сочетании с чрескожной электрической стимуляцией поясничного утолщения спинного мозга приводит к более качественному восстановлению локомоторных функций и реорганизации нейронных сетей СМ экспериментальной группы пациентов.

Список литературы.

1. Chervyakov, A.V. Possible Mechanisms Underlying the Therapeutic Effects of Transcranial Magnetic Stimulation / A.V. Chervyakov A.Y. Chernyavsky, D.O. Sinitsyn, M.A. Piradov // *Front. Hum. Neurosci.* – 2015. – V. 9:303. doi:10.3389/fnhum.2015.00303
2. Balykin, M.V. The influence of non-invasive electrical stimulation of the spinal cord on the locomotor function of patients presenting with movement disorders of central genesis / M.V. Balykin, R.N. Yakupov, V.V. Mashin., E.Y. Kotova, Balykin, Y.M. Gerasimenko // *Voprosy kurtologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoy kultury.* – 2017. – № 4. – P. 4–9.
3. Gerasimenko, Y.P. Noninvasive Reactivation of Motor Descending Control after Paralysis / Y.P. Gerasimenko, D.C. Lu, M. Modaber, S. Zdunowski, P. Gad, D.G. Sayenko, E. Morikawa, P. Haakana, A.R. Ferguson, R.R. Roy, V.R. Edgerton // *J. Neurotrauma.* – 2015. – V. 32, No24. – P.1968-1980.

УДК 612.83

**ВЛИЯНИЕ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
СПИННОГО МОЗГА НА КООРДИНАЦИОННУЮ СТРУКТУРУ  
СКОРОСТНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ**  
**THE EFFECT OF PERCUTANEOUS ELECTRICAL STIMULATION  
OF THE SPINAL CORD ON THE COORDINATION STRUCTURE OF  
HIGH-SPEED LOCOMOTOR MOVEMENTS**

Максим Геннадьевич Барканов

Maxim Gennad'evich Barkanov

*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта*

*Russia, Velikiye Luki, Velikiye Luki State Academy  
of Physical education and Sports*

*E-mail: barckanov.max@yandex.ru*

Цель работы заключалась в изучении влияния ЧЭССМ, наносимой в определенные периоды бегового цикла, на координационную структуру скоростных циклических движений. 9 легкоатлетов мужского пола в возрасте от 18 до 23 лет выполняли проталкивание пассивной ленты тредбана в течение 10 с без электрической стимуляции и проталкивание в течение 10 с, во время которых наносилась ЧЭССМ накожно в области T11-T12 по средней линии (в период переноса для активации мышц сгибателей) и L1-L2 позвонков, со смещением от средней линии вправо на 5мм (во время опоры для активации мышц разгибателей) между их остистыми отростками. Индифферентные накожные электроды располагались на гребнях подвздошных костей. Регистрировались кинематические параметры и ЭМГ активность мышц нижних конечностей (*m. vastus lateralis, m. biceps femoris, m. gastrocnemius medialis, m. tibialis anterior*). Для изучения влияний ЧЭССМ на активность отдельных ДЕ мышцы была поставлена серия исследований по методике, аналогичной описанной в литературе (Д. Казаров, Ю. Т. Шапков, 1983).

ЧЭССМ, наносимая в определенные периоды бегового шага, существенно увеличивала длительность, скорость и дистанцию антропометрических точек сегментов тела в периоде переноса. Установлено, что активация экстензорных моторных пулов (L1-L2) в период опоры вызывала повышение ЭМГ-активности экстензорных мышц VL и GM, а стимуляция флексорных моторных пулов (T11-T12) во время переноса увеличивала электроактивность флексорных мышц BF и TA в периоде переноса. Электростимуляция, в соответствующие периоды цикла бегового шага, повышает нейрональную активность мотонейронный пулов спинного мозга, обеспечивающих реализацию скоростных беговых двигательных действий, что проявляется в повышении частоты импульсации отдельных двигательных единиц рабочих мышц.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧРЕСКОЖНОЙ СТИМУЛЯЦИИ  
СПИННОГО МОЗГА ДЛЯ РЕГУЛЯЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ  
RELEVANCE OF THE TRANSCUTANEOUS SPINAL CORD  
STIMULATION FOR REGULATION OF THE EXTERNAL RESPIRATION**

Н. Д. Шандыбина<sup>1,2</sup>, М. В. Куропатенко<sup>1</sup>, Т. Р. Мошонкина<sup>2</sup>

N. D. Shandybina<sup>1,2</sup>, M. V. Kuropatenco<sup>1</sup>, T. R. Moshonkina<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Россия, Санкт-Петербург, ФГБНУ «Институт  
экспериментальной медицины»,*

*<sup>2</sup>Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И. П. Павлова РАН*

*<sup>1</sup>Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology  
of the Russian Academy of Science*

*<sup>2</sup>Russia, St. Petersburg, FSBSI Institute of the Experimental Medicine  
E-mail: shandibinan@infran.ru*

Известно, электрическая стимуляция спинного мозга может выполняться с помощью инвазивных и неинвазивных техник и вызывать различные ответы в зависимости от локуса стимуляции. В связи с продемонстрированным эффектом активации пулов мотонейронов при электрической стимуляции поясничного утолщения спинного мозга, возникает вопрос, возможна ли активация моторных путей грудного отдела, ведущих к дыхательным мышцам и, соответственно, управление паттерном дыхания?

Помимо купирования и лечения болевого синдрома методы стимуляции спинного мозга имеют множество других применений. В 70-е годы Гленн и соавторы показали, что электростимуляция диафрагмального нерва позволяет поддерживать дыхательную функцию у пациентов с травмой спинного мозга.

Современные исследования указывают на наличие как моно-, так и полисинаптических спинальных путей к дыхательным мотонейронам. Большой интерес вызывает изучение влияния электрической стимуляции спинного мозга на спонтанную вентиляцию лёгких человека. На данный момент в условиях реанимации применяется высокочастотная стимуляция диафрагмы, помогающая отлучить или снизить потребность в искусственной вентиляции лёгких.

Российские физиологи исследуют механизмы активации дыхательной мускулатуры при неинвазивной (чрескожной) стимуляции спинного мозга. Чрескожная стимуляция в состоянии покоя вызвала достоверное уменьшение глубины дыхания на  $0,10 \pm 0,03$  л за счет незначительного, но синхронного уменьшения продолжительности и скорости как вдоха, так и выдоха. Исследователи приходят к выводу, что возможны различные варианты механизма активации мышц брюшного пресса при чрескожной стимуляции спинного мозга.

Большой интерес вызывает возможность применения метода чрескожной стимуляции спинного мозга в клинической практике у пациентов с ограничениями респираторной функции. Данный метод показал свою эффективность в исследованиях на здоровых добровольцах и не уступает методу эпидуральной стимуляции.

**ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ В ОЦЕНКЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ  
ФУНКЦИИ ХОДЬБЫ У БОЛЬНЫХ ТРАВМАТОЛОГО-  
ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**  
**INERTIAL SENSORS IN THE ASSESSMENT AND REHABILITATION  
OF THE FUNCTION OF WALKING IN PATIENTS WITH A  
TRAUMATOLOGICAL AND ORTHOPEDIC PROFILE**

Светлана Валерьевна Королева  
Svetlana Valerievna Koroleva

*Россия, Иваново, Ивановская государственная медицинская академия МЗ  
РФ Russia, Ivanovo, Ivanovo State Medical Academy MOH Russia  
E-mail: drqueen@mail.ru*

Актуально совершенствование технологий объективной оценки результатов динамики восстановления движений и лечения больных травматолого-ортопедического профиля. Традиционные способы оценки тренировки движения не позволяют это осуществить. Восстановление функции ходьбы с точки зрения структуры и функции имеет ограниченное число маркеров, но первоочередной целью реабилитации при ортопедических коррекциях является структурно-функциональное восстановление без включения декомпенсаторных двигательных паттернов, что обострило задачу разработки унифицированных критериев эффективности, технологий сопровождения.

Одним из возможных способов решения этой проблемы может стать активное внедрение в клиническую практику технологии инерциальных сенсоров. На базе кафедры травматологии и ортопедии ФГБОУ ВО ИвМА МЗ РФ технология реализована в Системе для диагностики и восстановительного лечения пациентов с двигательной патологией «Стэдис» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Применение комплекса «Стэдис» уже на этапе апробации [1] позволило выявить маркеры декомпенсации состояния опорно-двигательной системы, признаки неполного восстановления двигательных функций (при субъективном улучшении клинически). В настоящее время получены убедительные доказательства объективности получаемых показателей движения ходьбы при травматических повреждениях передней крестообразной связки, в динамике эндопротезирования, в дифференциальной диагностике и выборе маркера для реабилитации, при подборе изделий ортопедической коррекции. Технология инерциальных сенсоров предоставляет техническую возможность унифицированного мультидисциплинарного ведения пациентов травматолого-ортопедического профиля.

Список литературы

1. Скворцов Д. В., Королева С.В. Динамика параметров ходьбы в процессе реабилитации после тотального эндопротезирования коленного сустава / Д. В. Скворцов, С. В. Королева // Научно-практическая ревматология. – 2019. – Т.57, №6. – С. 704–707.

## Стендовая сессия

УДК 612.846.1

### КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ НАЛИЧИЯ НИСТАГМА У КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ QUALITATIVE ANALYSIS OF NYSTAGMUS PRESENCE AMONG COSMONAUTS AFTER LONG-TERM SPACE FLIGHTS

М.П. Бекренева<sup>1</sup>, В.В. Китов<sup>1</sup>, И.В. Рукавишников<sup>1</sup>, И. Кофман<sup>1</sup>,  
М. Розенберг<sup>2</sup>, М. Решке<sup>3</sup>, Е.С. Томиловская<sup>1</sup>  
M.P. Bekreneva<sup>1</sup>, V.V. Kitov<sup>1</sup>, I.V. Rukavishnikov<sup>1</sup>, I. Kofman<sup>2</sup>, M. Rosenberg<sup>2</sup>,  
M. Reschke<sup>3</sup>, E.S. Tomilovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН;

<sup>2</sup>США, Техас, Хьюстон, KBR;

<sup>3</sup>США, Техас, Хьюстон, Космический центр Джонсона

<sup>1</sup>Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems;

<sup>2</sup>USA, Texas, Houston, KBR;

<sup>3</sup>USA, Texas, Houston, Johnson Space Center

E-mail: mbekreneva@gmail.com

В рамках российско-американского эксперимента «Полевой тест» проводили исследование функциональной работоспособности, включающее тест на определение нистагма в крайних отведениях, в ходе которого 14 космонавтов – членов экипажей Международной космической станции (продолжительность полета  $159,8 \pm 19,5$  суток), сидя на стуле и не двигая головой, глазами отслеживали горизонтальные и вертикальные перемещения пальца исследователя. При этом проводили видеорегистрацию 3-х крайних положений взгляда: правого, левого и верхнего. Также отмечали наличие нистагма при возвращении взгляда в исходную позицию. Проводили два фоновых тестирования до космического полета (КП), одно – в день посадки и три – в период восстановления (на 1–3-и, 5–8-е и 10–13-е сутки после завершения КП). Результаты качественного анализа показали, что в день посадки наиболее частым было наличие нистагма при отведении взгляда в крайнее правое положение. Так, нистагм в данном положении глаз до КП выявляли у 15% космонавтов, а в первые часы после приземления – у 71% космонавтов. Восстановление данного параметра наблюдали только на 10–13-е сутки. Поддержано Российской академией наук (63.1).

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА  
КРАТКОВРЕМЕННУЮ ПАМЯТЬ**  
**INFLUENCE OF PHYSICAL EXERCISE ON SHORT-TERM MEMORY**

Т.Х. Богодвид, Е.Е. Изъюрова

T.Kh. Bogodvid, E.E. Izyurova

*Россия, Казань, Поволжский государственный университет  
физической культуры, спорта и туризма*

*Russia, Kazan, Volga Region State University of Physical Culture,  
Sport and Tourism*

*E-mail: tat-gain@mail.ru*

Кратковременная память – это запоминание и сохранение информации на короткий срок после однократного и непродолжительного восприятия. В нашей работе использовалась методика «запоминание 10 слов», построенная на тесной связи концентрации внимания с кратковременной памятью. Испытуемому зачитывается десять случайных слов, подобранных без явных смысловых и ассоциативных связей. После единственного зачитывания предлагается воспроизвести все слова в любом порядке. Хорошей концентрацией внимания считается, если после одного зачитывания удастся воспроизвести 8 и более слов. Для своего исследования мы выбрали испытуемых со второго курса ФГБОУ ВО "Поволжский ГУФКСиТ", произвольно поделили их на две группы по 25 человек. Группа 1 (контрольная): первый раз тестировалась в покое, потом следовал отдых на такое же время, во время которого вторая группа выполняла упражнения, затем проводилось второе тестирование. Группа 2: Первое тестирование проводилось в покое, потом выполнялся комплекс физических упражнений и сразу же проводилось второе тестирование. Результаты статистически обрабатывались с применением t-критерия Стьюдента, приведены среднее значение и стандартная ошибка среднего ( $M \pm SEM$ ).

У студентов группы 1 средняя запоминаемость была  $6,6 \pm 0,2$  слов во время первого тестирования и  $5,6 \pm 0,3$  слов во время второго тестирования, после отдыха. То есть, было показано достоверное ( $p < 0,001$ ) снижение запоминаемости слов у группы студентов после периода отдыха. У студентов группы 2 первое тестирование показало такие же результаты, как и у контрольной группы:  $6,4 \pm 0,1$  слова, однако после выполнения комплекса упражнений запоминаемость не изменялась и составляла в среднем  $6,6 \pm 0,3$  слова. Таким образом, группа, занимающаяся физическими упражнениями, показала результаты по тестированию выше, чем аналогичная подгруппа, но с фазой отдыха вместо упражнений.

УДК 796.015.15:612+611.1

**ДИНАМИКА КРИСТАЛЛОГЕННЫХ СВОЙСТВ СЛЮНЫ  
СПОРТСМЕНОВ В РАЗЛИЧНЫЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫЕ  
ПЕРИОДЫ**  
**DYNAMICS OF CRYSTALLINE PROPERTIES OF ATHLETES'  
SALIVA DURING DIFFERENT COMPETITION PERIODS**

А.К. Мартусевич, И.В. Бочарин

A.K. Martusevich, I.V. Bocharin

*Россия, Нижний Новгород, Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия*

*Russia, Nizhny Novgorod, Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*

*E-mail: cryst-mart@yandex.ru*

**Введение.** В настоящее время актуальным вопросом спортивной медицины является поиск и анализ информативных маркеров, позволяющих комплексно оценивать состояние лиц, занимающихся спортом в динамике, и на этом основании, оценивать состояние их адаптационных резервов.

**Материал и методы исследования.** В исследование были включены 36 спортсменов-футболистов высокой квалификации. Осуществлялся однократный забор ротовой жидкости в периоды начала и окончания соревновательного сезона. Анализировалось собственное кристаллообразование методом классической кристаллоскопии. В анализе использовали следующие критерии: индекс структурности, кристаллизуемость, степень деструкции фации и выраженность краевой белковой зоны.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В начале сезона наблюдается относительная нормализация ячеистости образований, что может быть связано с восстановительными механизмами регуляторных систем организма, однако к его окончанию наблюдается отсутствие центров кристаллизации, что сопровождается значительным снижением количества и размера «кристаллических островков». В то же время до начала сезона наблюдаются в наличии фации дендритные компоненты, а после окончания – преимущественно аморфные образования. В то же время, по показателю, характеризующему правильность протекания кристаллообразования, визуализируется отсутствие элементов разрушения в начале сезона и многочисленные деструктивные элементы с нарушением их целостности. Следует отметить и относительное выравнивание белковой краевой зоны до начала соревновательного цикла, и наличие глубоких ее разломов после окончания сезона.

**Заключение.** Интенсивные тренировки в период сборов и соревнования накладывают значительный негативный отпечаток на функциональный статус организма спортсменов, сказываясь на изменении состава слюны, что подтверждает необходимость их мониторинга в разные периоды спортивного сезона.

УДК 616.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЮ-РИТМА ПАЦИЕНТОВ С ВИСОЧНОЙ  
ЭПИЛЕПСИЕЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ, ПРЕДСТАВЛЕНИИ И  
ВЫПОЛНЕНИИ МОТОРНЫХ ЗАДАЧ: МЕТОД НЕЗАВИСИМЫХ  
КОМПОНЕНТ**

**STUDY OF THE MU-RHYTHM OF PATIENTS WITH TEMPORAL  
EPILEPSY DURING OBSERVATION, PRESENTATION AND  
PERFORMANCE OF MOTOR TASKS: THE METHOD OF  
INDEPENDENT COMPONENTS**

С.Е. Буркитбаев<sup>1,2</sup>, Е. Д. Каримова<sup>1,2</sup>

S.E. Burkitbaev<sup>1,2</sup>, E. D. Karimova<sup>1,2</sup>

*<sup>1</sup>Россия, Москва, Институт Высшей Нервной Деятельности и  
Нейрофизиологии РАН*

*<sup>2</sup>Россия, Москва, ГБУЗ НПЦ им. Соловьева ДЗМ*

*<sup>1</sup>Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS*

*<sup>2</sup>Russia, Moscow, SBHI SPPC named after Z.P. Solovyov, Department of Health  
wanrx@mail.ru*

Десинхронизация мю-ритма регистрируется при наблюдении, представлении и выполнении моторных задач и может рассматриваться как маркер протекания процессов, участвующих в обеспечении моторных функций. Височная эпилепсия является неврологической патологией, наличие которой может влиять на работу, как отдельных областей, так и функциональных систем головного мозга. Целью исследования было оценить изменение мю-ритма у пациентов с височной эпилепсией при помощи регистрации ЭЭГ.

Испытуемые: контрольная группа (31 чел., 35 ±3 лет), группа пациентов с височной эпилепсией (37 чел., 34±4 года; 7 из них проходили хирургическое лечение в прошлом). Выполнялось наблюдение, представление и выполнение различных моторных заданий. Программное обеспечение MNE-Python. Вычисление независимых компонент сигнала и расчет топogramм с помощью алгоритма “infomax”; отбор компоненты сенсомоторного мю-ритма по характеристикам; расчёт спектральной плотности методом “multitaper” и вычисление мощности в диапазоне 8–13 Гц. Были получены достоверные различия десинхронизации мю-ритма между группой пациентов с операцией в анамнезе и контрольной группой. У этой группы также наблюдался сниженный уровень десинхронизации мю-ритма в задачах на выполнение движений. Учет фактора давности заболевания показал наличие достоверных отличий между группой пациентов с давностью 5–10 лет и контрольной группой при представлении и выполнении моторных задач. У этой группы пациентов наблюдался сниженный уровень десинхронизации мю-ритма. Реакция мю-ритма в ответ на предъявляемые стимулы у общей группы пациентов с височной эпилепсией не отличается по сравнению со здоровыми испытуемыми, тем не менее, наблюдается смещение пика мю-ритма в сторону низких частот. На динамику мю-ритма влияют факторы, такие как наличие хирургического лечения и специфическая давность заболевания.



УДК 796.01:612

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСОСНОЙ ФУНКЦИИ СЕРДЦА  
БАСКЕТБОЛИСТОВ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ  
ЗДОРОВЬЯ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ПЕРИОДЕ МЫШЕЧНЫХ  
ТРЕНИРОВОК**

**ANALYSIS OF HEART PUMPING FUNCTION INDICATORS  
OF BASKETBALL PLAYERS WITH DISABILITIES IN THE  
PREPARATORY PERIOD OF MUSCLE TRAINING**

Линар Илдарович Вахитов  
Linar Ildarovich Vakhitov

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: linar\_1993@bk.ru*

Проведен анализ показателей насосной функции сердца баскетболистов-колясочников с поражением опорно-двигательного аппарата при выполнении мышечной нагрузки в подготовительном периоде. Показатели определяли методом тетраполярной грудной реографии с помощью прибора «Реодин – 500».

По результатам исследования у спортсменов, с ампутацией одной из нижних конечностей на уровне верхней трети бедра происходят большие изменения со стороны ударного объема крови и в меньшей мере изменяются значения частоты сердечных сокращений и минутного объема кровообращения. Более того, частота сердечных сокращений (ЧСС) у спортсменов – инвалидов с ампутацией нижних конечностей в покое составляла  $84,5 \pm 1,8$  уд/мин. По завершению мышечной нагрузки в виде ускорения по периметру баскетбольной площадки в течение 3 минут показатели ЧСС составили  $155,4 \pm 2,1$  уд/мин. Данная величина на  $70,9$  уд/мин оказалась больше по сравнению с показателями ЧСС зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки ( $p < 0,05$ ). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у баскетболистов-колясочников с ампутацией нижних конечностей частота сердечбиений отреагировала увеличением ЧСС примерно в 1,8 раза по сравнению с исходными данными.

Ударный объем крови (УОК) у спортсменов с ампутацией нижних конечностей в покое составляла  $45,7 \pm 1,9$  мл. При выполнении мышечной нагрузки УОК составил  $85,4 \pm 1,7$  уд/мин. Данная величина на  $39,7$  мл оказалась больше по сравнению с показателями УОК зарегистрированными до выполнения мышечной нагрузки ( $p < 0,05$ ). Следовательно, на выполнение мышечной нагрузки у баскетболистов-колясочников с ампутациями нижних конечностей систолический объем крови отреагировал увеличением примерно в 2,0 раза по сравнению с исходными данными. Минутный объем кровообращения (МОК) у спортсменов с ампутацией нижних конечностей в подготовительном периоде составлял  $3,8$  л/мин. И в дальнейшем существенных изменений не претерпевал.

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

**Р-ХЛОРФЕНИЛАНИН НАРУШЕТ СИНТЕЗ СЕРОТОНИНА И  
ПРЕДОТВРАЩАЕТ ЗАБЫВАНИЕ КОНТЕКСТНОЙ ПАМЯТИ  
ПОСЛЕ НАПОМИНАНИЯ И ИНГИБИРОВАНИЕ СИНТЕЗА БЕЛКА  
P-CHLORPHENYLANINE IMPAIRING OF SEROTONIN SYNTHESIS  
AND PREVENTS THE FORGETTING OF CONTEXTUAL MEMORY  
AFTER REMINDER AND THE PROTEIN SYNTHESIS INHIBITION**

Ирина Борисовна Дерябина

Irina Borisovna Deryabina

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: ira-kan@yandex.ru*

Консолидация памяти – это феномен перехода памяти из кратковременной формы в долговременную. Она является достаточно неустойчивой сразу после получения новой информации, но становится стабильной со временем, этот этап требует экспрессии генов и синтеза новых белков. Известно, что напоминание вызывает реактивацию долговременной памяти и ведет к ее реконсолидации [1]. Ранее нами была показана реконсолидация контекстуальной памяти у улитки, которая была разрушена ингибитором белкового синтеза анизомицином [2]. Здесь мы исследовали возможные изменения реконсолидации при дефиците серотонина, вызванного р-хлорфенилаланином, ингибитором синтеза триптофангидроксилазы (промежуточной стадии синтеза серотонина). Было показано, что забывания памяти на условный обстановочный рефлекс при напоминании и одновременного ингибирования синтеза белка не происходит, если в нервной системе нарушена серотониновая передача. Данный эффект существенно отличается от прямого действия анизомицина, который блокирует реконсолидацию контекстуальной памяти. Мы делаем вывод, что в процесс реконсолидации памяти (в нашей системе обстановочного условного рефлекса) включена серотонинергическая система.

Список литературы

1. Gainutdinova, T.H. Reconsolidation of a context long-term memory in the terrestrial snail requires protein synthesis / T.H. Gainutdinova, R.R. Tagirova, A.I. Ismailova, L.N. Muranova, E.I. Samarova, K.L. Gainutdinov, P.M. Balaban // Learn Mem. – 2005. – V.12. – P. 620-625.
2. Balaban, P.M. Nitric oxide is necessary for labilization of a consolidated context memory during reconsolidation in terrestrial snails / P.M. Balaban, M. Roshchin, A.K. Timoshenko, K.L. Gainutdinov, T.K. Bogodvid, L.N. Muranova, A.B. Zuzina, T.A. Korshunova // Eur. J. Neurosci. – 2014. – V. 40, №6. – P. 2963-2970. doi:10.1111/ejn.12642.

УДК 591.17; 612.816

**СОСТОЯНИЕ НЕЙРО-МОТОРНОГО АППАРАТА МЫШЦ ГОЛЕНИ  
КРЫСЫ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРУЕМЫХ ИЗМЕНЕНИЙ  
ГРАВИТАЦИОННОЙ СРЕДЫ**  
**THE STATE OF THE NEURO-MOTOR APPARATUS OF THE RAT  
LEG MUSCLES UNDER CONDITIONS OF SIMULATED CHANGES  
IN THE GRAVITATIONAL ENVIRONMENT**

А. А. Еремеев, А. О. Федянин, Т. Н. Зайцева, А. М. Еремеев, Т.В. Балтина  
A.A. Eremeev, A.O. Fedianin, T.N. Zaytseva, A.M. Eremeev, T.V. Baltina  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: 2Anton.Eremeev@mail.ru*

Важным представляется понимание процессов восстановительной реадaptации двигательного аппарата к естественным/ нормальным условиям функционирования, разработка способов снижения длительности и увеличения эффективности таких перестроек. В модельных экспериментах на лабораторных крысах показано, что в условиях гравитационной разгрузки увеличивается рефлекторная возбудимость спинальных двигательных центров морфофункционально различных мышц голени крысы [1]; наблюдается преобразование состояния интернейронов и/или нарушение баланса внутриспинальных тормозных и активирующих влияний; снижается надежность нервно-мышечной передачи возбуждения; инициируются процессы атрофии мышечных волокон; нарушается локомоторная функция. Наблюдаемые изменения наиболее выражены в нейро-моторном аппарате позно-тонической, антигравитационной камбаловидной мышце. Ежесуточная эпидуральная электрическая или не инвазивная магнитная стимуляция поясничного отдела спинного мозга при разгрузке имеют сходные эффекты: не предотвращают изменений функционального состояния двигательного аппарата и могут усиливать проявления компенсаторно-адаптационных трансформаций. Активация периферической афферентной сигнализации, обусловленная предьявлением опоры, препятствует развитию гипогравитационных двигательных проявлений. Процессы постгипогравитационной реадaptации изменяют состояние центральных и периферических структур двигательного аппарата как в сравнении с данными, полученными после моделируемой гравитационной разгрузки, так и в сравнении с результатами исследования интактных животных. Стимуляция спинного мозга в этот период увеличивает скорость и эффективность реадaptационных преобразований.

Список литературы

1. Еремеев А. А. Изменение функционального состояния клеточных структур спинного мозга при гравитационной разгрузке / А. А. Еремеев, Т.В. Балтина, А. М. Еремеев, М.Э. Балтин, А. О. Федянин, И. А. Лавров // Биофизика. – 2016. – Т. 61, № 5. – С. 950–953.

УДК 612.7

**ВЛИЯНИЕ 21-СУТОЧНОЙ ANTIORTOСТАТИЧЕСКОЙ  
ГИПОКИНЕЗИИ НА ФУНКЦИИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ С  
РАЗЛИЧНОЙ КОМПОЗИЦИЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ  
ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

**THE EFFECT OF 21-DAY ANTIORTHOSTATIC HYPOKINESIA ON  
THE FUNCTIONS OF SKELETAL MUSCLES WITH DIFFERENT  
COMPOSITION AND FUNCTIONALITY**

Р. Ю. Жедяев, А. С. Боровик, А. В. Шпаков, Д. В. Попов  
R. Yu. Zhedyayev, A. S. Borovik, A. V. Shpakov, D. V. Popov  
*Россия, Москва, ГИЦ РФ-ИМБП РАН*  
*Russia, Moscow, SSC RF IBMP RAS*  
*E-mail: Zhedyayev-r@mail.ru*

Целью исследования являлось сопоставление эффектов 21-дневного пребывания в условиях антиортостатической гипокинезии (АНОГ) на показатели максимальной произвольной силы и аэробной работоспособности сгибателей голеностопного сустава и разгибателей коленного сустава.

Шесть здоровых мужчин (30 (26–35) лет, ИМТ – 25 (21,5–27) кг/м<sup>2</sup>) находились в условиях АНОГ с углом наклона тела относительно горизонта –6 градусов. За два дня до и через 7 ч после окончания АНОГ оценивали максимальную произвольную силу (МПС) и аэробную работоспособность мышц. МПС оценивали в изометрическом режиме, аэробную работоспособность – как максимальную мощность, достигнутую в тесте с непрерывно возрастающей нагрузкой до отказа ( $W_{max}$ ). МПС и работоспособность сгибателей голеностопного сустава оценивали в условиях, минимизирующих вклад в развиваемое усилие икроножной мышцы (угол в коленном суставе 70 град.).

После АНОГ МПС мышц голени статистически значимо уменьшилась на 7% ( $p < 0.05$ ), МПС мышц бедра имела тенденцию к снижению на 9% ( $p = 0,063$  вследствие малой выборки). Статистически значимое снижение  $W_{max}$  было обнаружено только для мышц сгибателей голеностопного сустава (на 26%,  $p < 0,05$ ), тогда как  $W_{max}$  разгибателей коленного сустава практически не изменилась для всех шести испытуемых.

Гравитационная разгрузка оказала негативное влияние на МПС и аэробную работоспособность исследуемых мышц. Различная выраженность изменений аэробных возможностей сгибателей голеностопного и разгибателей коленного сустава может быть связана с различиями в композиции их основных мышц – *m. soleus* и *m. quadriceps femoris* (содержание медленных мышечных волокон I типа более 85% и около 50% соответственно), а также различной степенью их вовлеченности в поддержание позы и локомоции.

Исследование выполнено по Программе фундаментальных научных исследований (тема 64.1) и поддержано грантом РФФ (№19–15–00435).

УДК 591.17; 612.816

**ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРУЕМОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ  
НА КИНЕМАТИКУ ЛОКОМОТОРНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗАДНИХ  
КОНЕЧНОСТЕЙ КРЫСЫ**

**INFLUENCE OF SIMULATED GRAVITATIONAL UNLOADING ON  
THE KINEMATICS OF LOCOMOTOR MOVEMENTS OF THE RAT  
HIND LIMBS**

Т. Н. Зайцева, А. О. Федянин, М.Э. Балтин, Т.В. Балтина, А. А. Еремеев  
T.N. Zaytceva, A.O. Fedianin, M.E. Baltin, T.V. Baltina, A.A. Ereemeev

*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*

*Russia, Kazan, Kazan Federal University*

*E-mail: tatana.nikolaevna@yana.ru*

Проводили модельные эксперименты на лабораторных крысах весом 190 г с соблюдением всех биоэтических норм. Методом антигравитационного вывешивания у животных моделировали гравитационную разгрузку задних конечностей в течение 7 суток. Методом видеоанализа изучали кинематические характеристики движений. У интактных животных диапазон углов в тазобедренном суставе составил от  $131^{\circ} \pm 2$  до  $142^{\circ} \pm 3$ , в коленном – от  $102^{\circ} \pm 4$  до  $127^{\circ} \pm 4$ . После моделирования гравитационной разгрузки диапазон углов составил от  $154^{\circ} \pm 2$  до  $168^{\circ} \pm 7$  ( $p < 0.05$ ) и от  $66^{\circ} \pm 16$  до  $168^{\circ} \pm 7$  ( $p < 0.05$ ), соответственно. На основе статистических методов была оценена значимость различий для верхних и нижних порогов углов в суставах. Все величины оказались статистически различимы. Для тазобедренного сустава после моделирования гравитационной разгрузки диапазон углов увеличился на 18% ( $p < 0.05$ ), а для коленного сустава нижний порог уменьшился на 35% ( $p < 0.05$ ), верхний увеличился на 31% ( $p < 0.05$ ). То есть, движения в тазобедренном суставе остались примерно такого же объема, но увеличился угол максимального разгибания. В коленном суставе также изменился характер движений – увеличился объем движения и сформировалась экстензорная установка. Причиной изменения кинематических характеристик локомоции может быть не только отсутствие афферентного входа от опорных рецепторов стоп, но и прогрессирующая реорганизация системы проприоцептивных связей в условиях измененной конфигурации позы тела и суставов конечностей во время вывешивания [1]. Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

Список литературы

1. Попов, А.А. Кинематика локомоторных движений крыс в течение 7-дневного вывешивания / А. А. Попов, В.А. Ляховецкий, Н. С. Меркульева, О. В. Горский, Е. Ю. Баженова, П. Е. Мусиенко // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2019. – Т.105, № 4. – С. 447—455.

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ ТОЧНОСТНЫЕ ДВИЖЕНИЯ РУКИ  
В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ  
CYCLIC PRECISABLE HAND MOVEMENTS IN “DRY” IMMERSION**

И.С. Зеленская<sup>1</sup>, В.А. Ляховецкий<sup>2</sup>, В.Ю. Карпинская<sup>3</sup>, М.П. Бекренева<sup>1</sup>,  
К.А. Зеленский<sup>1</sup>, Е.С. Томиловская<sup>1</sup>  
I.S. Zelenskaya<sup>1</sup>, V.A. Lyakhovetskiy<sup>2</sup>, V.Ju. Karpinskaya<sup>3</sup>, M.P. Bekreneva<sup>1</sup>,  
K.A. Zelenskiy<sup>1</sup>, E.S. Tomilovskaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН*

<sup>2</sup>*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН*

<sup>3</sup>*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский Государственный  
Университет*

<sup>1</sup>*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS*

<sup>2</sup>*Russia, St. Petersburg, Institute of Physiology I.P. Pavlova RAS,*

<sup>3</sup>*Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University*

*E-mail: radostniyden@mail.ru*

Изучение межсенсорных взаимодействий и их нарушений производится комплексно, как во время космических полетов, так и в наземных исследованиях. Наряду с иными моделями в гравитационной физиологии широко используется такая модель гравитационной разгрузки, как «сухая» иммерсия (СИ). Представляет интерес как возможность инициации нарушений движений руки, так и степень и динамика их выраженности, зависящие от длительности иммерсионного воздействия.

Двигательные задачи представляли собой циклические односуставные движения руки, соответствующие длине и ориентации предъявляемого горизонтального или вертикального отрезка, осуществляемые на протяжении 5 с при наличии или отсутствии зрительной обратной связи. Исследования проводили с участием 35 испытуемых, разделенных на три группы – контроля (n = 10), 6-часовой (n = 11) и 5-суточной СИ (n = 14). В группе контроля тест был проведен трижды, в положении полулёжа на кушетке, имитируя циклограмму 6-часовой СИ – один раз до погружения, утром в день СИ и вечером через 2 часа после окончания воздействия. В 5-суточной СИ тесты проводили один раз до начала СИ, на 1-е, 3-и, 5-е, сутки СИ, а также один раз по ее окончании. Показано, что точность движений в контрольной группе не зависит от номера измерения, в то время как в экспериментальных группах на первый день СИ наблюдается увеличение переоценки длины горизонтальных отрезков и увеличение ошибки оценки направления вертикальных отрезков. Данные свидетельствуют о том, что СИ влияет на систему управления движениями рук и может рассматриваться как подходящая наземная модель для исследования нарушений точностных движений, наблюдаемых в условиях микрогравитации.

Работа поддержана грантом РФФ №22–18–00074.

УДК 612.763

**БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО  
МАНИПУЛЯТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ КИСТЬЮ РУКИ  
BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF A NEW MANIPULATIVE  
ACTION WITH THE HAND**

Е.С. Иконникова, А.А. Мельников

E.S. Ikonnikova, A.A. Melnikov

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

*Russia, Moscow, Russian state University of physical culture, sports, youth tourism*

*E-mail: ikonnikovaes@list.ru*

Введение. В биомеханике движения большая часть исследований посвящена особенностям кинематики локомоций и вертикальной позы. Стратегиям координации, используемым для управления движениями рукой, уделяется значительно меньше внимания. Целью данного исследования было определение кинематических характеристик движения руки и тела при выполнении нового манипулятивного действия – прохождения лабиринта.

Основная часть. В исследовании участвовало 23 здоровых добровольца (19–50 лет), все испытуемые были правши. Каждый участник, сидя за столом формировал новый двигательный навык: двигал железный шуп правой рукой по узкому лабиринту без касаний рамок лабиринта. Кинематические характеристики движений обеих рук, предплечья, плеч и головы вокруг осей: X, Y, Z, были зафиксированы с помощью видеоанализа (система Vicon, Оксфорд). Результаты. Все добровольцы, проходя лабиринт, наклоняли голову во фронтальной плоскости на  $15 \pm 4$  градусов, локоть во фронтальной плоскости на  $62 \pm 2$  градуса и саггитальной на  $-47 \pm 1$  градусов, плечо во фронтальной плоскости отклонялось на  $39 \pm 5$  градусов, при этом датчик на запястье относительно осей X и Y оставался практически неподвижным. Это свидетельствует о том, что при выполнении нового манипулятивного кистевого движения испытуемые преимущественно включали в работу только крупные мышечные группы проксимальных суставов. Следовательно, при выполнении нового сложнокоординированного действия происходила двигательная компенсация, мышцы предплечья оставались неподвижными, хотя с их помощью можно было посредством супинации и пронации более эффективно и быстро проходить «лабиринт». В дальнейшем мы планируем оценить изменение биомеханического паттерна движения в процессе его освоения и автоматизации.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ИНТЕНСИВНОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПУЛЬСОВОГО  
ДОЛГА СО СКОРОСТЬЮ НАКОПЛЕНИЯ ЛАКТАТА В КРОВИ ПРИ  
ВЫПОЛНЕНИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ  
РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ  
CORRELATION BETWEEN THE INTENSITY OF PULSE  
LONGEVITY ACCUMULATION AND THE RATE OF BLOOD  
LACTATE ACCUMULATION IN PERFORMING LIMITING CYCLIC  
EXERCISES OF DIFFERENT DURATION**

А. В. Козлов<sup>1,2</sup>, М. Г. Розенталь<sup>2</sup>, В. Д. Сонькин<sup>2,3</sup>

A. V. Kozlov<sup>1,2</sup>, M. G. Rozental<sup>2</sup>, V. D. Sonkin<sup>2,3</sup>

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

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

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

<sup>1</sup>*Russia, Moscow, Center for Innovative Sports Technologies, and National  
Teams of Moskom sport*

<sup>2</sup>*Russia, Moscow, Russian State University of Physical Culture, Sports,  
Youth and Tourism,*

<sup>3</sup>*Russia, Moscow, Institute of Developmental Physiology  
of the Russian Academy of Education*

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

Цель исследования - поиск пульсометрического индикатора интенсивности и трудоёмкости циклической работы (при фиксированном времени выполнения) для определения энергетической направленности упражнения.

14 спортсменов - велосипедистов (1 разряд,  $20 \pm 3$  лет, МПК -  $52,9 \pm 5,10$  мл/мин/кг), выполняли в разные дни серию велоэргометрических упражнений предельной мощности при фиксированной продолжительности 10, 30, 60, 120, 360 и 1800 с. По пульсовым суммам пятиминутного восстановления (ПСв, за вычетом предстартового уровня ЧСС) и времени упражнения (тупр, с) рассчитана Интенсивность Накопления Пульсового Долга (ИНПД=ПСв/тупр) для всех упражнений у каждого испытуемого. Была рассчитана скорость накопления концентрации лактата в крови ( $V_{Lamax} = Lamax/тупр$ , где  $Lamax$  – максимальная концентрация лактата в крови за вычетом предстартового уровня). Скорость накопления лактата и ИНПД линейно взаимосвязаны между собой ( $r_2=0,85$ ,  $p<0,05$ ). И скорость накопления лактата, и ИНПД имеют тесную степенную взаимосвязь со временем выполнения упражнения (соответственно:  $r_2=0,93$ ,  $r_2=0,96$ , при  $p<0,05$ ) и относительной мощностью (соответственно:  $r_2=0,86$ ,  $r_2=0,89$ , при  $p<0,05$ ).

Результаты исследования позволяют использовать пульсометрический показатель ИНПД для определения интенсивности упражнения и для прогноза уровня накопления лактата, и на этой основе – определения направленности упражнения и нормирования тренировочной нагрузки.



УДК 616–084

**РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ И КОНЦЕПЦИИ Н. А. БЕРНШТЕЙНА**  
**MAKING OF PERSONAL REHABILITATION PROGRAMS ON THE BASIS OF SYSTEM METHODOLOGY AND N.A. BERNSTEIN'S CONCEPT**

Р.А. Бодрова, В.С. Комарницкий

R.A. Bodrova, V.S. Komarnitsky

*Россия, Казань, Казанская Государственная Медицинская Академия – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава Российской Федерации*

*Russia, Kazan, Kazan State Medical Academy*

*E-mail: bodrovarezeda@yandex.ru, vkom85@mail.ru*

Каждый функциональный уровень построения двигательной программы имеет качественную определенность как афферентного, так и эфферентного синтеза и методологически обозначается как нейродинамический уровень сенсомоторной интеграции.

Персонализированная физическая реабилитация включает в себя последовательность и алгоритм выполнения упражнений в соответствии с физиологическим принципом организации уровней сенсомоторной интеграции (управления функцией) в центральной нервной системе.

Уровень А – упражнения на вертикализацию, равновесие, устойчивость, ориентацию тела и его частей в поле земного тяготения, а также на взаимодействие с механизмом распределения мышечного тонуса. Уровень В – упражнения на пространственную, временную и силовую координацию движений частей тела относительно друг друга, тренировку содружественных двигательных паттернов. Уровень С – упражнения с сознательным и активным сосредоточением внимания на предмете и выполнении двигательной задачи в естественном или синтетическом пространстве. Уровень D – упражнения на овладение двигательным алгоритмом и смысловой структурой действий, целенаправленные предметные манипуляции. Уровень E – упражнения на освоение целенаправленных двигательных программ, планирование и выбор оптимальных двигательных стратегий.

Содержание программы двигательной реабилитации характеризуется тем, что основные упражнения выбирают в соответствии с наиболее выраженным и актуальным поструральным или двигательным дефицитом на момент проведения занятия, а также выставленной краткосрочной целью реабилитации.

Список литературы

1. Аухадеев, Э.И. Восстановление нарушенных двигательных и речевых функций на основе концепции Н. А. Бернштейна «О построении движений»: монография / Э.И. Аухадеев, Р. А. Бодрова, Д. Л. Нефедьева, В.С. Комарницкий. – Казань: ИД «МедДоК», 2021. – 116 с.

УДК 796.01:612

**ОЦЕНКА АНАЭРОБНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЫШЦ У  
СПОРТСМЕНОВ-ЕДИНОБОРЦЕВ  
ASSESSMENT OF ANAEROBIC MUSCLE PERFORMANCE OF  
ATHLETES**

Ф.А. Мавлиев, А.Ш. Абдрахманова

F.A. Mavliev, A.S. Abdrakhmanova

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

*Russia, Kazan, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism  
E-mail: fanis16rus@mail.ru*

Введение. Виды спорта, практикующие локомоции скоростно-силового характера, требуют объективного контроля анаэробной производительности мышц. Методами оценки являются как лабораторные, так и полевые тесты. В качестве инструмента измерения анаэробной производительности используют различные эргометры, позволяющие выполнять технически несложные тесты, а в качестве метода измерения часто используют Вингейт-тест [1]. Подобный подход позволяет определить уровень анаэробной производительности у атлетов, а также ее распределение в рабочих звеньях верхних и нижних конечностей, что будет являться как следствием индивидуально-типологических особенностей (пол исследуемых, мастерство, особенности телосложения) атлета, так и результатом эффективности тренировочных методов.

Методика и организация исследования. Были обследованы атлеты-единоборцы (4 девушки и 7 юношей) с использованием эргометров Monark 891 E и 894 E для оценки анаэробной производительности мышц ног и плечевого пояса. Исследуемые выполняли педалирование с максимальной скоростью на ручном и ножном эргометре в течение 5 секунд.

Результаты исследования. В ходе исследования было показано, что кроме гендерных различий, отмечаемых в анаэробной производительности рук (юноши –  $13,1 \pm 2,3$  Вт/кг, девушки –  $7,4 \pm 0,6$  Вт/кг) и ног (юноши –  $14,1 \pm 1,8$  Вт/кг, девушки –  $10,5 \pm 1,2$  Вт/кг), имеются отличия и в соотношении производительности конечностей, которые от суммарной производительности (мощность рук и ног в совокупности) у юношей составили для рук  $48,2 \pm 3,5\%$ , для ног  $51,8 \pm 3,5\%$ , а у девушек  $41,2 \pm 3,8\%$  и  $58 \pm 3,8\%$  соответственно.

Данный подход позволит выявлять слабые звенья в физической подготовке спортсменов и определить топографию мощности рабочих звеньев, что позволит применить более индивидуализированную физическую подготовку.

Список литературы

1. Coppin, E. Wingate anaerobic test reference values for male power athletes / E. Coppin, E.M. Heath, E. Bressel, D.R. Wagner // International journal of sports physiology and performance. – 2012. – Т. 7, №. 3. – P. 232-236.

**ОСОБЕННОСТИ ПАТТЕРНА ХОДЬБЫ ПО ДАННЫМ  
ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СЕНСОРОВ ПРИ ТРАВМЕ ПЕРЕДНЕЙ  
КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА  
FEATURES OF THE PATTERN OF WALKING ACCORDING TO  
THE DATA OF INERTIAL SENSOR IN INJURY OF THE ANTERIOR  
CRUCIATE LIGAMENT OF THE KNEE JOINT**

Демид Владимирович Михайлов

Demid Vladimirovich Mikhailov

*Россия, Иваново, Ивановская государственная медицинская академия МЗ*

*RF Russia, Ivanovo, Ivanovo State Medical Academy MOH Russia*

*E-mail: demid.mihaylov@inbox.ru*

Проблемой при лечении травматологических больных с повреждением передней крестообразной связки (ПКС) является отсутствие в практике объективных маркеров нарушения функции. Особенно это актуально для пациентов с частичным повреждением ПКС и возникновением кинематической нестабильности коленного сустава (КС) для решения вопроса о целесообразности оперативного лечения. Появление перспективной технологии объективной оценки ходьбы на основе инерциальных сенсоров (например, Тренажера ходьбы с БОС «Стэдис», ООО Нейрософт, Иваново) позволяет в режиме реального времени, с высокой точностью оценить функцию ходьбы, выявив маркер функционального нарушения и, в перспективе, провести целенаправленную реабилитацию на его основе для максимально эффективного восстановления/коррекции по выбранному параметру.

При обследовании пациентов выявлено значительное снижение скорости ходьбы, достоверное удлинение шага для больной конечности по сравнению со здоровой. Фазовые показатели ходьбы продемонстрировали согласованное увеличение опорных параметров: период опоры увеличен для обеих конечностей, достоверно больше для больной, главным образом за счет двойной опоры. Обнаружено явление включения передней группы мышц бедра (пателлофemorальной группы) для стабилизации поврежденного сустава, а также выключение данной группы мышц для пассивного замыкания КС. Установлено, что при использовании ортеза во время оценки параметров ходьбы, описанные выше явления сглаживаются, что может служить маркером для подбора изделий консервативной ортопедической коррекции в курсе реабилитации.

Объективная оценка биокинематики в динамике лечения больных с повреждением ПКС позволяет выделить маркеры на ближайшую и отдаленную перспективу функциональной реабилитации. Основной целью медицинской реабилитации (в том числе, использование консервативных ортопедических методов коррекции) является уменьшение/устранение асимметрии при ходьбе, нивелирование симптомов нестабильности, включение активных механизмов замыкания КС. Совершенствование программ диагностики и реабилитации больных травматолого-ортопедического профиля эффективнее при использовании программ объективного анализа функции движения.

**ОСОБЕННОСТИ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ**  
**FEATURES OF STATOKINETIC STABILITY OF YOUNG FOOTBALL  
PLAYERS**

А.С. Назаренко, А.А. Зверев, Р. Ю. Якубов

A.S. Nazarenko, A.A. Zverev, R. U. Ikubov

*Россия, Казань, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма*

*Russia, Kazan, Volga State University of Physical Culture, Sports and Tourism*

*E-mail: Alekcei5@rambler.ru*

СтатокINETическая устойчивость спортсмена состоит из совокупности постоянно взаимодействующих проприоцептивной, зрительной, вестибулярной, мышечной и центральной нервной систем, обеспечивающих ориентацию в пространстве и поддержания равновесия тела в статических и динамических условиях [1]. Большинство научных исследований по оценке статокINETической функции проводится на взрослых спортсменах, которые уже имеют сформированные механизмы долговременной адаптации организма к мышечной нагрузке и завершённые процессы возрастного развития. Целью данного исследования является оценка статокINETической устойчивости юных футболистов посредством классических стабилографических тестов. Исследование проводилось на базе ПГУФКСИТ. В исследовании принимали участие футболисты 7–8 лет (n=14), которым проводили пробу Ромберга с постоянной регистрацией ЭКГ [2]. При проведении пробы Ромберга интегральный показатель «качество функции равновесия» составил 73,39%, скорость колебания центра давления 11 мм/сек, линейная средняя скорость по фронту составила меньше (6 мм/сек) чем по сагиттале (8 мм/сек), амплитуда вариации линейной скорости составила 7 мм/сек, средняя скорость изменения направленности векторов скорости движения центра давления составила 24 град/сек, а амплитуда вариации угловой скорости 23 град/сек. Проведённый корреляционный анализ между основными параметрами электрокардиограммы и постуральной устойчивости выявил сильные корреляционные связи между R-R интервалом и смещением центра давления во фронтальной плоскости, а также амплитудой зубца Р и первым движением человека вперед.

Список литературы

1. Demura S. Influence of anaerobic and aerobic exercises on the center of pressure during an upright posture / S. Demura, M. Uchiyama // J. Exerc. Sci. Fit. – 2009. – Vol. 17. – P. 39–47.

2. Зверев А. А. Оценка применение различных формул при определении длительности интервала QT и QRS-комплекса / А. А. Зверев, А. С. Назаренко, М. И. Баталова [и др.] // Росс. кардиологический журнал. – 2022. – Т. 27, № S6. – С. 17.

УДК 796.332, 577.1 (075.8)

**КОНЦЕНТРАЦИЯ СЕРОТОНИНА, ДОФАМИНА В КРОВИ  
ФУТБОЛИСТОВ В ВОЗРАСТЕ 16–17 ЛЕТ  
THE CONCENTRATION OF SEROTONIN, DOPAMINE IN THE  
BLOOD OF FOOTBALL PLAYERS AT THE AGE OF 16-17 YEARS**

Р.Р. Нигматуллина<sup>1</sup>, Е.С. Иванова<sup>2</sup>

R.R. Nigmatullina<sup>1</sup>, E.S. Ivanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Казанский государственный медицинский университет*

<sup>2</sup>*Россия, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма*

<sup>1</sup>*Russia, Kazan State Medical University*

<sup>2</sup>*Russia, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and Tourism*

*E-mail: razinar@mail.ru*

Серотонин (5-НТ) и дофамин (ДА), являясь медиаторами ЦНС, оказывают влияние на способность к длительному выполнению физических нагрузок, противостоять утомлению. 5-НТ и ДА на периферии выполняют гормональную функцию, оказывая влияние на ССС, дыхательную систему. У спортсменов при легкой физической нагрузке концентрация 5-НТ в крови увеличивается на 71% в сравнении с нормой, а при тяжелой – на 76%. Большая часть 5-НТ крови депонируется в тромбоцитах при участии мембранного переносчика серотонина (SERT). 5-НТ регулирует работу ССС, активируя 5-НТ<sub>2</sub> рецепторы приводит к формированию рабочей гипертрофии миокарда. Активация 5-НТ<sub>2</sub> рецепторов повышает сократительную способность миокарда.

Цель: Определение концентрации серотонина, дофамина, мембранного переносчика серотонина в крови футболистов в возрасте 16–17 лет.

Выводы: Установлено увеличение концентрации 5-НТ, дофамина в плазме крови у футболистов 16–17 лет по сравнению с одновозрастным контролем. По количеству тромбоцитов не выявлено значимых межгрупповых различий. Количество мембранного переносчика серотонина в тромбоцитах увеличено.

УДК 612.741.63

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫЗВАННЫХ ОТВЕТОВ ТРЕХГЛАВОЙ  
МЫШЦЫ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ  
CHARACTERISTICS OF THE EVOKED RESPONSES OF THE  
LOWER LEG MUSCLES UNDER SUPPORT UNLOADING  
CONDITIONS**

И.И. Пономарев, Л.Е. Амирова, Е.С. Томиловская

I.I. Ponomarev, L.E. Amirova, E.S. Tomilovskaya

*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН  
Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of  
Sciences*

*E-mail: ponom.96@mail.ru*

Цель данной работы составляло исследование влияния опорной разгрузки на характеристики вызванного сокращения головок трехглавой мышцы голени - mm. gastrocnemius lateralis (GL), medialis (GM) и soleus (Sol).

В исследовании участвовали 10 здоровых мужчин-добровольцев. В работе применяли тензомиографический метод, позволяющий оценить характеристики мышечного сокращения в ответ на электрический стимул. Обследование выполняли в положении испытуемого лежа. Для определения амплитуды максимального механического ответа мышцы (Dm, мм) наносили несколько последовательно возрастающих стимулов с шагом 5 мА. Стимулирующие электроды помещали на кожу над дистальными концами исследуемых мышц. Опорную разгрузку создавали с помощью модели «сухой» иммерсии (СИ) длительностью 7 суток. Обследования проводили трижды до начала СИ, на 6-е сутки воздействия и через сутки после завершения СИ.

Исходные значения амплитуды механического ответа Sol в среднем по группе составляли  $7,5 \pm 1,5$  мм. На 6-е сутки СИ и после её завершения значения Dm увеличивались на 12% и 18% относительно фоновых значений, соответственно. Амплитуда механического ответа GL до начала СИ составляла  $8,8 \pm 1,6$  мм. На 6-е сутки СИ Dm не изменялась, однако через сутки после СИ ее значение увеличилось на 15%. Амплитуда механического ответа GM до СИ в среднем по группе составляла  $7,7 \pm 2,0$  мм. На 6-е сутки СИ Dm увеличивалась в среднем на 21%, оставаясь на том же уровне после завершения СИ.

Таким образом, наше исследование выявило значительные изменения характеристик вызванных механических ответов в трехглавой мышце голени в ходе 7-суточной опорной разгрузки. Наблюдаемое увеличение Dm может быть связано с уменьшением мышечной массы, а также с изменениями жесткости сухожилий.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования (соглашение № 075–15-2022-298).

УДК 612.886

**ОСОБЕННОСТИ СОХРАНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ИЗГОТОВКИ  
СТРЕЛКОВ ИЗ ЛУКА  
FEATURES OF PRESERVING THE VERTICAL POSE OF ARCHERS**

Александр Михайлович Пухов

Aleksandr Mikhailovich Pukhov

*Россия, Великие Луки, Великолукская государственная академия  
физической культуры и спорта*

*Russia, Velikie Luki, Velikie Luki State Academy of Physical Culture and Sports*

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

При оценке билатеральной стабиллографической пробы при выполнении выстрелов из лука выявлено, что у стрелков из классического лука большая часть нагрузки приходится на левую ногу, тогда как у блочников она распределена относительно равномерно. По сравнению с блочным луком особенности техники выполнения выстрела из классического лука проявлялись в более выраженных колебаниях центра давления по фронтальной на 50,76% и сагиттальной на 45,53% осям движения и соответственно в увеличении радиуса этих колебаний на 46,55%. Более значительные величины среднего разброса центра давления у стрелков из классического лука свидетельствовали об их меньшей устойчивости тела в изготовке, по сравнению со стрелками из блочного лука. Вместе с тем, при соотношении разброса и длины траектории можно отметить, что для стрелков из классического лука характерны медленные колебания центра давления с увеличением их колебаний по сагиттальной оси.

У стрелков из классического и блочного лука 60% от общей мощности спектра стабиллограммы находилась в зоне низких частот: по фронтальной оси  $1,86 \pm 0,14$  Гц и  $1,78 \pm 0,17$  Гц и сагиттальной  $1,49 \pm 0,07$  Гц и  $1,40 \pm 0,11$  Гц соответственно, для которой характерна произвольная регуляция поддержания позы. Можно отметить, что для фронтальной составляющей частота колебаний центра давления близка к 2 Гц, связанная с физиологическими процессами или тремором.

Таким образом, выстрелы из блочного лука отличаются относительно равномерным распределением массы тела между левой и правой ногами. Поддержание вертикальной изготовки стрелка-лучника осуществлялось преимущественно за счет произвольной регуляции. При этом отмечается, что точный выстрел из блочного лука сопровождался сокращением амплитуды движений в сагиттальном (переднезаднем) направлении и преобладании бессознательных процессов управления вертикальной позой.

УДК 612.8

**ОСОБЕННОСТИ ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ У  
ЖЕНЩИН ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ 3-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ»  
ИММЕРСИИ**

**CHARACTERISTICS OF MOTOR EVOKED POTENTIALS AFTER  
3-DAY EXPOSURE TO DRY IMMERSION IN WOMEN**

А.М. Рябова, И.Н. Носикова, Л.Е. Амирова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская  
A. M. Riabova, I. N. Nosikova, L. E. Amirova, V. V. Kitov, E. S. Tomilovskaya  
*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН*  
*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS*  
*E-mail: aleksriabova@yandex.ru*

Женщины-космонавты всё чаще и чаще принимают участие в космических полётах, в связи с этим возрастает актуальность научных работ, изучающих механизмы адаптации женского организма к условиям микрогравитации. В частности, нейромышечные изменения, происходящие у женщин в условиях реальной или моделируемой микрогравитации, в настоящий момент изучены недостаточно, и не имеется данных о сравнении адаптации нейромышечной системы у мужчин и женщин. Целью нашей работы явилось исследование изменений вызванных моторных ответов (ВМО) мышц голени у женщин после 3-суточной «сухой» иммерсии (СИ) – модельного эксперимента, воспроизводящего физиологические эффекты невесомости. В эксперименте приняли участие шесть здоровых женщин-добровольцев (средний возраст  $30.17 \pm 5.5$  лет). ВМО икроножной и камбаловидной мышц регистрировали до и после СИ, моторные ответы вызывали с помощью транскраниальной и трансспинальной магнитной стимуляции. Мы показали, что в случае трансспинальной стимуляции пороги ВМО снизились, а амплитуды увеличились, что отражает феномен гипогравитационной гиперрефлексии [1] и соотносится с данными, полученными ранее в мужской группе [2]. ВМО на транскраниальную стимуляцию имели противоположную динамику (повышение порогов и снижение амплитуд), противоречащую результатам исследования с участием добровольцев мужского пола и требующую дальнейшего изучения. Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 19-15-00435.

Список литературы:

1. Kozlovskaya, I. Gravitational mechanisms in the motor system. Studies in real and simulated weightlessness/ I. Kozlovskaya, I. Dmitrieva, L. Grigorieva [et al.]/ In: V.S. Gurfinkel, M.E. Ioffe J. Massion, J.P. Roll, (eds) Stance and Motion. – Boston: Springer, 1988. – P. 37-48.

2. Носикова, И. Н. Особенности вызванных магнитной стимуляцией моторных потенциалов мышц голени в условиях 5-суточной "сухой" иммерсии у здоровых добровольцев/ И. Н. Носикова, А. М. Рябова, Л. Е. Дмитриева [и др.] // Физиология человека. – 2021. – Т. 47. – С. 44–51.



УДК 612.743

**ИЗМЕНЕНИЯ ЭМГ M. VASTUS LATERALIS,  
M. GASTROCNEMIUS, M. BICEPS BRACHII, M. TRICEPS BRACHII У  
СТУДЕНТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА**

Вера Алексеевна Семилетова

Vera Alexeevna Semiletova

*Россия, Воронеж, Воронежский государственный медицинский  
университет*

*Russia, Voronezh, Voronezh State Medical University*

*e-mail: vera2307@mail.ru*

Цель: Исследование состояния m. Vastus lateralis, m. gastrocnemius, m. biceps brachii, m. triceps brachii у студентов в зависимости от вегетативного статуса.

Определены вегетативный индекс Кердо, пробы Штанге и индекс массы тела. С m. Vastus lateralis, m. gastrocnemius (caput medialis), m. biceps brachii, m. triceps brachii записана поверхностная электромиограмма, рассчитаны: амплитуды, частоты, амплитуды турнов и частоты турнов в разных функциональных состояниях – в покое, состояниях напряжения, растяжения и рефлекса с помощью Нейромиоанализатора-4-01 «Нейромиан». Анализ полученных данных проведен - Excel и IBM SPSS Statistics 26.

В исследовании приняли участие 45 студентов-добровольцев 18–20 лет ВГМУ. В зависимости от преобладания типа вегетативной нервной системы студенты разделены на: парасимпатотоники – 14 человек, нормотоники – 7 человек и симпатотоники – 24 человека. Выявлено, что проба Штанге и индекс массы тела ниже у симпатотоников по отношению к нормотоникам и парасимпатотоникам ( $p < 0.05$ ). Выявлены отличия зарегистрированных параметров ЭМГ исследуемых мышц у нормотоников, симпатотоников и парасимпатотоников. Сделано заключение, что функциональное и антропометрическое состояния, состояние m. Vastus lateralis, m. gastrocnemius (caput medialis), m. biceps brachii, m. triceps brachii зависят от вегетативного статуса пациента. Следовательно, лица с отклонением вегетативного статуса входят в группу риска не только по нарушению в функциональном, поведенческом плане, но и по развитию заболеваний опорно-двигательного аппарата. Разработка методик для восстановления вегетативного статуса студентов является приоритетной задачей в физиологии и медицине.

УДК 57.045

**ВКЛАД ЗРЕНИЯ, ОПОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ И  
ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СИСТЕМЫ В РЕОРГАНИЗАЦИЮ  
ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО  
КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА**  
**CONTRIBUTION OF VISION, SUPPORT AFFERENTATION  
AND VESTIBULAR SYSTEM IN POSTURAL STABILITY  
REORGANIZATION AFTER LONG SPACE FLIGHT**

Н.В. Шишкин, В.В. Китов, Е.С. Томиловская

N.V. Shishkin, V.V. Kitov, E.S. Tomilovskaya

*Россия, Москва, ГИЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН*

*Russia, Moscow, RF SSC - Institute of Biomedical Problems RAS*

*E-mail: chachaturan@yandex.ru*

Цель – определить изменения различных вкладов сенсорных систем в постуральную устойчивость после космического полёта (КП). Методы оценки - компьютерная динамическая постурография - оценка максимальной амплитуды колебаний центра тяжести тела (ЦТ), и видеозахват движений - регистрация колебаний величин углов в голеностопном и тазобедренном суставах. Тестирование проводилось за 30 дней до КП и на 3-и сутки после приземления (33 космонавта, полёт 124–199 суток).

Значимое увеличение амплитуды колебаний ЦТ наблюдалось даже в самом простом тесте - стойке с открытыми глазами на неподвижной опоре. Значимое увеличение амплитуды колебаний ЦТ в тесте с неустойчивой опорой сопровождалось после КП «подключением» тазобедренной стратегии, определяемой достоверным увеличением разброса значений угла в тазобедренном суставе при стойке на неустойчивой опоре по сравнению с неподвижной (с  $0,12^\circ$  до  $0,21^\circ$ ), что может указывать на увеличение вклада опорной афферентации. Значимое увеличение амплитуды колебаний ЦТ в тесте на неустойчивой платформе при закрытых глазах и выполнении наклонов головы сопровождалось увеличением вклада тазобедренной стратегии по сравнению с голеностопной (увеличение разброса колебаний в голеностопном суставе на 40% - с  $0,9^\circ$  до  $1,26^\circ$ , в бедренном - на 100% - с  $0,27^\circ$  до  $0,55^\circ$ ). Можно предположить, что пребывание в длительном КП приводит к изменению стратегии поддержания равновесия в усложнённых условиях на менее точные, но более простые в управлении. КП, по-видимому, влияет на вклад сенсорных систем в порядке по степени воздействия: зрение (только увеличение колебаний ЦТ) – опорная афферентация (добавление тазобедренной стратегии движения) – оолитовый аппарат (усиление тазобедренной стратегии). Работа поддержана Российской академией наук (63.1).

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТОВ КУРСА ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ  
СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ПАРАМЕТРЫ  
ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ  
СПИННОГО МОЗГА**

**EVALUATION OF THE EFFECTS OF THE COURSE OF  
TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL SPINAL CORD STIMULATION  
ON THE PARAMETERS OF MOTOR ACTIVITY IN PATIENTS WITH  
SPINAL CORD INJURY**

Е. И. Яковлева<sup>1</sup>, Д. А. Жижин<sup>1</sup>, А. Д. Милицкова<sup>1</sup>, Э. Р. Мухаметова<sup>1</sup>,  
А.Р. Замалиев<sup>1</sup>, И. А. Лавров<sup>1,2</sup>

E. I. Yakovleva<sup>1</sup>, D. A. Zhizhin<sup>1</sup>, A. D. Militskova<sup>1</sup>, E. R. Mukhametova<sup>1</sup>,  
A.R. Zamaliev<sup>1</sup>, I. A. Lavrov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет,

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

<sup>1</sup>Russia, Kazan, Kazan Federal University,

<sup>2</sup>United States, Rochester, Mayo Clinic

E-mail: bloom9876@mail.ru

Целью данного исследования являлась оценка эффектов чрескожной электрической стимуляции спинного мозга (ЧЭССМ) в сочетании с кинезиотерапией на изменение параметров двигательной активности у пациентов с травмой спинного мозга (ТСМ).

В исследовании принимали участие 10 пациентов (3 женщины и 7 мужчин) с ТСМ на уровне С4-С5 и Th3-L1 позвонков, со степенью травмы AIS A, B и C. Запись ЭМГ активности m. biceps femoris, m. rectus femoris, m. tibialis anterior, m. gastrocnemius medianus осуществлялась с помощью беспроводной системы регистрации Trigno Delsys. Оценка углов в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах производилась с помощью системы захвата движения Vicon Nexus. Курс кинезиотерапии включал в себя в среднем 18 часов двигательных тренировок в системе разгрузки веса тела (Redcord). ЧЭССМ проводилась с помощью двух гелевых накожных электродов (24 мм), на уровне Th11-Th12 и Th12-L1 позвонков. Частота стимуляции составляла 35 Гц, интенсивность стимула - от 20 до 160 мА.

После прохождения курса реабилитации 5 из 10 пациентов продемонстрировали достоверное увеличение амплитуды ЭМГ активности мышц нижних конечностей (в среднем от 1 до 3 мышц) ( $p \leq 0.05$ ), при этом отмечалось достоверное увеличение объема движения преимущественно в коленном суставе ( $p \leq 0.05$ ). Таким образом, наблюдаемые эффекты ЧЭССМ в сочетании с двигательными тренировками могут позволить повысить эффективность реабилитационных мероприятий у пациентов с ТСМ.

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

**ДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ  
АКТИВНОСТИ КРЫС ПОСЛЕ ПЕРИНЕВРАЛЬНОЙ  
ИМПЛАНТАЦИИ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК В  
МОДЕЛИ ЦЕРЕБРАЛЬНОЙ ИШЕМИИ**  
**DYNAMICS OF RECOVERY OF MOTOR ACTIVITY CONTROL IN  
RATS AFTER PERINEURAL IMPLANTATION OF MESENCHYMAL  
STEM CELLS IN A MODEL OF CEREBRAL ISCHEMIA**

Г. Г. Яфарова, В. В. Андрианов, Х.Л. Гайнутдинов  
G.G. Yafarova, V.V. Andrianov, Kh.L. Gainutdinov  
*Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет*  
*Russia, Kazan, Kazan Federal University*  
*E-mail: gusadila@mail.ru*

Вопросы эффективного повышения резистентности организма человека к развитию гипоксии и ишемии не решены до сих пор. Перспективным представляется применение мезенхимальных стволовых клеток (МСК), обладающих высоким репаративным потенциалом, что может способствовать повышению устойчивости к гипоксии. Активно разрабатываются методы целенаправленной доставки МСК к поврежденным областям мозга. Цель работы - в экспериментальной модели ишемического инсульта оценить динамику восстановления контроля когнитивной и двигательной активности крыс после периневральной имплантации МСК в рецептивное поле обонятельного нерва для последующей их миграции в переднюю черепную ямку.

Моделирование ишемии головного мозга (ИГМ) у крыс производилось с помощью двухсторонней перевязки общих сонных артерий на уровне бифуркации. Периневральное введение МСК производилось в остром периоде во время моделирования ИГМ. Исследовали эффективность контроля когнитивных и двигательных функций грызунов до и на протяжении нескольких суток после моделирования ИГМ с помощью методики Elevated Plus Maze - «приподнятого крестообразного лабиринта».

В группе с введением МСК выявлены отчетливые признаки восстановления контроля когнитивных и двигательных функций на 1 сутки после операции (n=30), в группе крыс с ИГМ, но без имплантации МСК (n=30) в первые сутки наблюдали слабую тенденцию к восстановлению контроля двигательной активности. На седьмые сутки после моделирования ишемии у крыс с введением МСК отсутствовали явные отличительные признаки в контроле ориентировочно-двигательной активности в сравнении с дооперационным периодом у этих же крыс; у крыс без МСК подобного восстановления не наблюдалось. Итак, периневральное введение МСК в условиях ИГМ сопровождается усилением репаративных процессов в головном мозге и активацией механизмов восстановления центрального контроля когнитивных и двигательных функций.

**ОСОБЕННОСТИ МИОГЕНЕЗА МИОБЛАСТОВ M. SOLEUS  
КРЫСЫ ПОСЛЕ ДЕЙСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ  
MYOBLASTS MYOGENESIS FEATURES IN RAT SOLEUS AFTER  
FUNCTIONAL UNLOADING**

Н. А. Вильчинская<sup>1</sup>, М. Ю. Комарова<sup>2,1</sup>, С. В. Рожков<sup>1</sup>, О. В. Туртикова<sup>1</sup>,  
Р. И. Дмитриева<sup>2</sup>, Б. С. Шенкман<sup>1</sup>  
N. A. Vilchinskaya<sup>1</sup>, M. Yu. Komarova<sup>1,2</sup>, S. V. Rozhkov<sup>1</sup>, O. V. Turtikova<sup>1</sup>,  
R.I. Dmitrieva<sup>2</sup>, B. S. Shenkman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Россия, Москва, ГИЦ РФ-ИМБИ РАН*

<sup>2</sup>*Россия, Санкт-Петербург, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава*

<sup>1</sup>*Russia, Moscow, IBMP RAS.Россия.*

<sup>2</sup>*Russia, Saint Petersburg, National Almazov Medical Research Centre*

*E-mail: vilchinskayanatalia@gmail.com*

При различных дегенеративных процессах, мышечных дистрофиях и атрофиях, наблюдается ослабление регенераторных процессов мышц из-за снижения регенераторных способностей мышечных сателлитных клеток. 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 влияния гравитационной разгрузки на регуляторные системы сателлитных клеток камбаловидной мышцы в период их активации. Для этого было проведено вывешивание крыс по методике Ильина-Новикова длительностью 1 и 7 суток. После чего из *m. soleus* были выделены сателлитные клетки и культивированы *in vitro*. Методом ПЦР-РТ оценивали уровень экспрессии маркеров пролиферации, дифференцировки и слияния мышечных сателлитных клеток, эмбриональных и зрелых изоформ ТЦМ. Уровень пролиферации сателлитных клеток оценивали по включению EDU. Проводилось иммуноцитохимическое исследование избранных миогенных регуляторных факторов и миозина. Выявлена тенденция к снижению уровня пролиферации миобластов *m soleus* после 1-суток вывешивания, которая переходит в достоверное снижение пролиферации миобластов после 7 сут. вывешивания. Обнаружено увеличение экспрессии *Myf5*, *MRF4*, *MyoD* и *Myogenin* в миобластах уже после 1-х суток вывешивания, после 7 суток вывешивания наблюдалось ещё более выраженное увеличение экспрессии этих МРФ. Доля *MyoD*<sup>+</sup> клеток была достоверно снижена на 1 сутках вывешивания и увеличена на 7 сутках вывешивания. Выявлено увеличение экспрессии маркеров слияния миобластов *myomaker* и *myomixer* после 1 и 7 суток вывешивания. После 7-сут вывешивания в миобластах *m soleus* наблюдается экспрессия эмбриональных и зрелых изоформ ТЦМ. Таким образом, в миобластах *m soleus* после относительно длительного действия гравитационной разгрузки (7 суток), обнаружено ускорение процессов дифференцировки этих клеток на фоне их сниженной пролиферации. Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 20-75-10080.

**ОСОБЕННОСТИ ЭКГ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ  
ДЕСИМПАТИЗАЦИИ**  
**FEATURES OF ECG IN POSTNATAL ONTOGENESIS DURING  
DESYMPTIZATION**

А.Р.Гиззатуллин, А.М.Садыков, И.И.Хабибрахманов, Ф.Г. Ситдиков  
A.R. Gizzatullin, A.M. Sadykov, I.I. Khabibrakhmanov, F.G. Sitdikov  
*Россия, Казань, Казанский федеральный университет*  
*Russia, Kazan, Kazan federal university*  
*E-mail: almaz-giz@rambler.ru*

Нарушения сердечного ритма являются частой причиной смерти и при своевременной диагностики можно выявить патологические состояния. Как известно, в основе электрических явлений в сердце лежит возникновение тока ионов натрия внутрь клетки и тока ионов калия в обратном направлении во внеклеточную среду, которые отражаются и в ЭКГ. При этом отделы вегетативной нервной системы оказывают разностороннее воздействие и способны изменить сократительную и электрическую активность сердца. Изменение деятельности сердца растущего организма при выключении адренергических влияний путем десимпатизации представляет значительный теоретический и практический интерес.

Данное исследование посвящено изучению электрокардиограммы (ЭКГ) десимпатизированных лабораторных крыс стадного разведения в постнатальном онтогенезе. Исследовали 6 групп животных: 14-ти, 21-го, 28-ми, 42-х, 56-ти и 120-ти дневного возраста. Десимпатизацию проводили введением раствора гуанетидина сульфата (25 мг/кг) в течение 28 дней после рождения. Для анализа показателей деятельности сердца регистрировали электрокардиограмму и дифференцированную реограмму.

Согласно нашим данным, амплитуда зубца Р, который в ЭКГ отражает деполяризацию предсердий, у десимпатизированных растущих крыс 14-42 дневного возраста был ниже. У 56-дневных и взрослых крыс амплитуда зубца Р ниже и длиннее у интактных животных. Интервал Р—Q характеризует время прохождения импульса от предсердий к желудочкам, у десимпатизированных растущих крысах короче чем у интактных животных, который с возрастом становится менее выраженным. В наших исследованиях в продолжительности комплекса QRS у интактных и десимпатизированных крысах существенных отличий не выявлено. Зубец Т отражает процесс реполяризации желудочков, является положительным в большинстве отведений.

Таким образом, высокую амплитуду зубца Р на фоне удлинения продолжительности, в своих исследованиях мы зафиксировали у половозрелых и у взрослых десимпатизированных животных. Анализ амплитуд зубцов ЭКГ выявил увеличение амплитуды предсердного зубца Р у взрослых десимпатизированных крыс, что указывает на ухудшение кровоснабжения миокарда вследствие развития коронарной недостаточности.

**МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ОКСИДА АЗОТА  
НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ  
ТРОЙНИЧНОГО НЕРВА КРЫСЫ**

**MECHANISMS OF THE INFLUENCE OF NITRIC OXIDE ON THE  
ELECTRICAL ACTIVITY OF THE RAT TRIGONAL NERVE**

К.С. Королёва, И.Ф. Шайдуллово, С.О. Свитко, Д.А. Нурмиева, Г.Ф. Ситдикова  
K.S. Koroleva, I.F. Shaidullovo, S.O. Svitko, D.A. Nurmieva, G.F. Sitdikova

*Россия, Казань, Казанский федеральный университет*

*Russia, Kazan, Kazan federal university*

*e-mail: k.s.koroleva@yandex.ru*

Оксид азота (NO) – представитель семейства газомедиаторов, участвующих в регуляции различных биологических процессов. Нитроглицерин, донор NO, широко используется для моделирования мигрени как у человека, так и у животных. Однако, роль периферических нейрональных структур в эффектах NO практически не изучена. Целью работы являлось выявление эффектов NO на электрическую активность тройничного нерва крысы. В работе использовали электрофизиологический метод регистрации потенциалов действия (ПД) тройничного нерва крысы, иннервирующего твёрдую мозговую оболочку, в препарате полочерепа крысы. Субстрат синтеза NO – L-аргинин, в концентрации 100, 200 и 300 мкМ, дозозависимо увеличивал электрическую активность тройничного нерва ( $n=4$ ;  $p<0.05$ ) и этот эффект отменялся на фоне блокатора синтеза NO – L-NAME (100 мкМ;  $n=4$ ). Экзогенный донор NO – нитропруссид натрия (НПН 200 мкМ) вызывал усиление частоты ПД, тогда как инактивированный светом НПН не оказывал влияния на частоту ПД. Для выявления основной мишени действия экзогенного NO был использован блокатор растворимой гуанилатциклазы – ODQ (10 мкМ), который предотвращал НПН-вызванное увеличение электрической активности. Напротив, использование ингибитора аденилатциклазы, MDL 12330A (5мкМ), не предотвращало увеличение частоты после аппликации НПН 200 мкМ ( $n=5$ ). Полученные данные свидетельствуют о том, что как экзогенный, так и эндогенный NO усиливают электрическую активность тройничного нерва путем активации гуанилатциклазы, оказывая вклад в периферические нейрональные механизмы возникновения боли при мигрени.

Работа выполнена за счёт средств РФФ № 21–75–00042





## **MOTOR CONTROL 2022**

### **СБОРНИК ТЕЗИСОВ**

*IX Российской, с международным участием,  
конференции по управлению движением,  
посвященной 95-летию со дня рождения И. Б. Козловской*

*Казань, Россия, 02.06–04.06. 2022*

Издательско-полиграфическая компания «Бриг»  
г.Казань, ул.Академическая, д.2. Тел./факс: (843) 537-91-63

Подписано в печать 30.05.2022 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Объем 8,6 печ.л.  
Бумага офсетная. Заказ № 427. Тираж 100 экз.  
Отпечатано в типографии ООО «ИПК «Бриг»