

**Автономная некоммерческая образовательная организация высшего
образования «Научно-технологический университет «Сириус»
ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН
Казанский (Приволжский) Федеральный университет**

MOTOR CONTROL 2025

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**X Российская, с международным участием,
конференция по управлению движением**

Научно-технологический университет «Сириус»,
Федеральная Территория Сириус,
Россия

22.04–24.04. 2025

**10th National Conference with international
participation on Motor Control
Sirius University of Science and Technology**

Russia, April 22–24, 2025

УДК 61:796:57

ББК 5:75:74

М89

Motor control 2025: Сборник тезисов X Российской, с международным участием, конференции по управлению движением (Научно-технологический университет «Сириус», 22.04–24.04. 2025) / под общ. ред. Т.В. Балтиной, Е.С.Томиловской. – Казань: Изд-во «Бриг», 2025. 170 с.

ISBN 978-5-98946-415-9

В сборнике представлены материалы X Российской конференции по управлению движением с международным участием. Конференция послужила важным форумом для российских специалистов в этой области. Представленные тезисы охватывают ключевые направления исследований движения, включая локомоцию, физиологию спорта, нарушения двигательной функции и методы реабилитации. Материалы отражают современное состояние научных исследований в данных областях и будут полезны студентам, преподавателям университетов (медицинских, педагогических, физкультурных), а также специалистам в области физиологии движений, нервно-мышечной физиологии, клеточной физиологии и биохимии мышц, физиологии упражнений, спортивной физиологии и биохимии.

УДК 61:796:57

ББК 5:75:74

ISBN 978-5-98946-415-9

© Авторы статей, 2025

© ООО «ИПК «Бриг», оформление, 2025

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Научно-технологический университет «Сириус»
Государственный научный центр Российской Федерации – Институт
медико-биологических проблем Российской академии наук
ФГОАУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

Оргкомитет «X Российской, с международным участием, конференции по управлению движением»

Председатель оргкомитета:

Павел Евгеньевич Мусиенко, доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель направления «Нейробиология» Научного центра генетики и наук о жизни Научно-технологического университета «Сириус», Руководитель лаборатории нейропротезов Института трансляционной биомедицины СПбГУ.

Члены оргкомитета:

Ольга Леонидовна Виноградова, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии мышечной деятельности ФГБУН ГНЦ РФ Института медико-биологических проблем РАН;

Борис Стивович Шенкман, доктор биологических наук, профессор, заведующий Лабораторией миологии ФГБУН ГНЦ РФ Института медико-биологических проблем РАН;

Елена Сергеевна Томиловская, кандидат биологических наук, заведующий отделом сенсомоторной физиологии и профилактики ФГБУН ГНЦ РФ Института медико-биологических проблем РАН;

Руслан Михайлович Городничев, доктор биологических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института проблем спорта и оздоровительной физической культуры Великолукской государственной академии физической культуры и спорта;

Татьяна Ромульевна Мошонкина, доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе ФГБУН Института физиологии им. И. П. Павлова РАН;

Юрий Петрович Герасименко, доктор биологических наук, член-корреспондент Российской академии наук, заведующий лабораторией ФГБУН Института физиологии имени И. П. Павлова РАН;

Татьяна Валерьевна Балтина, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ, заведующий лабораторией НИЛ «Механобиология»;

Иван Милентьевич Вихлянец, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией ФГБУН Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН.

**Локальный оргкомитет
«X Российской, с международным участием,
конференции по управлению движением»
Научно-технологический университет “Сириус”**

Елена Вячеславовна Герасимова, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, направление «Нейробиология», Научный центр генетики и наук о жизни;

Максим Эдуардович Балтин, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, направление «Междисциплинарные исследования спорта», Научный центр генетики и наук о жизни;

Ян Робертович Бравый, старший научный сотрудник, направление «Междисциплинарные исследования спорта», Научный центр генетики и наук о жизни;

Дмитрий Александрович Онищенко, кандидат биологических наук, научный сотрудник, направление «Междисциплинарные исследования спорта», Научный центр генетики и наук о жизни;

Диана Эмилевна Сабирова, младший научный сотрудник, направление «Нейробиология», Научный центр генетики и наук о жизни.

Ответственный секретарь конференции: Балтина Т.В., кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных ИФМиБ КФУ, заведующий лабораторией НИЛ Механобиология.

Партнер конференции:



ОГЛАВЛЕНИЕ

Пленарное заседание.....	18
НОВЫЕ СТРАТЕГИИ РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ЧЕЛОВЕКА NOVEL HUMAN LOCOMOTION REGULATION STRATEGIES	
Ю.П. Герасименко.....	18
ТЕОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ Н.А.БЕРНШТЕЙНА И СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯМИ	
В.Л.Талис.....	19
Секция 1: Фундаментальные механизмы движения: локомоции, поза, произвольные движения.....	21
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ГИПОКИНЕЗИИ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА	
Н.М.А. Абу Шели, Т.А. Шигуева, А.А. Савеко, Н.В. Шишкин В.В. Китов, М.А. Авдеева, А.Б. Гехт, Е.С. Томиловская.....	21
СВЯЗЬ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ СХЕМЫ ТЕЛА С НАВЫКАМИ ПИСЬМА И РЕЧИ У ДЕТЕЙ	
Е.С. Авдеева, М.С. Сайфутдинов.....	22
О МОДЕЛЯХ УДЕРЖАНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ РАВНОВЕСИЯ ПРИ ФРОНТАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ КАЧЕЛЕЙ SEESAW	
Н.В.Алексеева, П. А. Кручинин.....	23
ОТРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ТРЕНИРОВОК В НАЗЕМНОМ МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ 12 МЕСЯЦЕВ	
В.Д. Бахтерева, М.А. Кокуева, Е.В. Фомина.....	24
МОДЕЛЬ СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ НОГ ПРИ НАКЛОНАХ ЧЕЛОВЕКА	
И. Д. Бекеров, А.П. Кручинина, П. А. Кручинин.....	25
ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	
Л. М. Бикчентаева, Т. В. Балтина.....	26
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СЕНСОРНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	
Э.А. Гайнутдинова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская.....	27
ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И УСПЕШНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ «SIRIUS-23»	
А.А. Ганичева, М.А. Кокуева, М.С. Аверьянов, Е.В. Фомина.....	28
СПОСОБНОСТЬ К ВЫПОЛНЕНИЮ МОДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАК ФАКТОРА КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЁТА И ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕВЕСОМОСТИ	
А.А. Ганичева, Е.В. Фомина.....	29
СОСТОЯНИЕ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА МЫШЦ ГОЛЕНИ КРЫСЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ	
А. А. Еремеев, А. О. Федянин, А. Н. Бабикова, А. А. Шульман, А. М. Еремеев, Т.В. Балтина.....	30

МОТОРНАЯ УСТАНОВКА НА ЗРИТЕЛЬНЫЕ СТИМУЛЫ В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
И.С. Зеленская, О.Э. Курбанова, Э.А. Гайнутдинова, В.А. Ляховецкий В.Ю. Карпинская, Е.С. Томиловская	31
О ЗАВИСИМОСТИ ВОЗБУДИМОСТИ СПИНАЛЬНЫХ МОТОНЕЙРОНОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПАРНОЙ АССОЦИАТИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ	
С.М. Иванов, Е.В. Ланская, Р.М. Городничев	32
ОЦЕНКА РОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ В КОНТРОЛЕ АКТИВНОСТИ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ESTIMATION OF THE ROLE OF INDIVIDUAL MOTOR UNITS	
Г.В. Искаревский, А.Е. Позднякова	33
ИЗМЕНЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИЗГИБОВ ПОЗВОНОЧНИКА В ТЕЧЕНИЕ 14-ТИ СУТОК ВОЗДЕЙСТВИЯ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
О.Э. Курбанова, А.В. Воронов, И.В. Рукавишников, В.В. Китов Е.С. Томиловская	34
СЕНСОМОТОРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ: КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ МОЗГА И ГРАВИТАЦИЯ	
Ю.С. Левик, М. И. Липшиц	35
О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЛОКОМОЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЗАУРОПОД)	
В. А. Ляховецкий	36
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРНО- ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ И ВЕСОВОЙ АКСИАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
А.М. Маркова, С.О. Глаголева, Т.А. Шигуева, Е.С. Томиловская, И.В. Рукавишников	37
ВЛИЯНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОЗУ - ЗАВИСИМОСТЬ ОТ МЕСТА СТИМУЛЯЦИИ И ОТ СЕНСОРНО-КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ	
Т.Р. Мошонкина, Н.Д. Шаманцева, О.П. Тимофеева И.Г. Андреева	38
ИЗМЕНЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ И ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СЕНСОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ	
И.А. Наумов, Д.О. Глухих, Е.А. Билоус, Н.В. Шишкин	39
ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОГНИТИВНЫМ ПРОФИЛЕМ ЧЕЛОВЕКА И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ РАВНОВЕСИЯ ПОСЛЕ СЛОЖНЫХ ПОСТУРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ	
М.И. Никулина, А.Ф. Желтухина, Е.В. Семенова, М.Э. Балтин, А.А. Шульман ¹ , Т.В. Балтина	40
ОСОБЕННОСТИ ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ (ВМО) МЫШЦ- РАЗГИБАТЕЛЕЙ ГОЛЕНИ ПОСЛЕ 3-СУТОЧНОЙ И 5-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН	
Носикова И.Н., Рябова А.М., Китов В.В., Томиловская Е.С.	41
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ	

И МОНИТОРИНГА СТАРЕНИЯ СПОСОБНЫ ЛИ ЗЕРКАЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ ОТРАЗИТЬ МОТОРНОЕ ОБУЧЕНИЕ	
Е.Д. Помелова, Ф. Маттео, А.В. Гранкина, В. В. Никулин, Р. Солодков, Т. Банжева, Е.Д. Благовещенский.....	43
ОСОБЕННОСТИ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ 14-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
И.И. Пономарев, И.М. Васильев, Л.Ю. Лакиза, Е.С. Томиловская	44
МОТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ ДВИГАТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ "ОТРЯХИВАНИЕ МОКРОЙ СОБАКИ" У КРЫС	
А. А. Попов, Е. Ю. Баженова, О. В. Горский, П. Е. Мусиенко	45
ИЗМЕНЕНИЕ КОРТИКАЛЬНОЙ И СПИНАЛЬНОЙ ВОЗБУДИМОСТИ В ХОДЕ 14-СУТОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ: ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	
А. М. Рябова, И. Н. Носикова, Т. А. Шигуева, В. В. Китов, Е. С. Томиловская.....	46
СОЗДАНИЕ МЕТОДА И ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА АСИММЕТРИИ ТЕЛА И СТАТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ ВИДЕОАНАЛИЗА	
В. В. Смирнова, Е. В. Семенова, О. А. Саченков.....	47
НЕЙРОТРОФИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕРВНОЙ И МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ: КЛИНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ	
М.Г. Соколова, Е.В. Лопатина	48
ПОСТУРАЛЬНЫЙ БАЛАНС КАК ОТРАЖЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО СТРЕССА И ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИТУАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН, ПЕРЕЖИВШИХ СЕКСУАЛЬНОЕ НАСИЛИЕ)	
А.Н. Спицына, А.В. Дёмин.....	49
ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ПОСТУРАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ НА ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ	
О.П. Тимофеева , И.Г. Андреева.....	50
ИЗМЕНЕНИЯ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ: МРТ-ИССЛЕДОВАНИЕ	
Е.С. Томиловская, И.В. Рукавишников, И.Н. Носикова, Е.В. Печенкова, Л.А. Маковская, А.М. Рябова, О.Э. Курбанова, Э.А. Гайнутдинова, И.А. Наумов, Н.В. Шишкин, В.С. Петровичев, С. Джиллингс , К. Шоенмейкерс , Ф. Уайтс.....	51
ВЛИЯНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ ДВИЖЕНИЯ НА РЕГУЛЯЦИЮ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА ЧЕЛОВЕКА	
Н.В. Холмогорова.....	52
СРАВНЕНИЕ МЕТОДИКИ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА И Н-РЕФЛЕКСА В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА 5-СУТОЧНОЙ ЖЕНСКОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ	
А.Д. Урбанская, Н.М.А. Абу Шели, В.В. Китов, Е.С. Томиловская	

Т.А. Шигуева	53
СЕНСОРНО-КОГНИТИВНЫЙ СТИЛЬ ВЛИЯЕТ НА БИОМЕХАНИКУ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ	
Н.Д. Шаманцева, И.А. Сакун, Т.А. Клишковская, В.А. Ляховецкий, Т.Р. Мошонкина.....	54
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АКТИВНОГО ВЫВОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЗНОГО РАВНОВЕСИЯ	
М.П.Шестаков, А.Ю. Корчагин	55
ОСТРАЯ И ХРОНИЧЕСКАЯ ФАЗА АДАПТАЦИИ К БЕЗОПОРНОСТИ В СИСТЕМЕ СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ	
Т.А. Шигуева, Н.М.А. Абу Шели, А.Д. Бычкова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская.....	56
ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ	
Н. В. Шишкин, В. В. Китов, Н. М. А. Абу-Шели, Е. С. Томиловская.....	57
Секция 2. Клеточные и молекулярные механизмы в двигательной системе..	
РОЛЬ БЕТА-АРРЕСТИНА 2 В ДЕЙСТВИИ ЭНДОКАННАБИНОИДОВ НА СПОНТАННУЮ СЕКРЕЦИЮ АЦЕТИЛХОЛИНА В РАЗНЫХ ТИПАХ МЫШЦ МЫШИ	
Г.Ф. Абрарова, П.О. Богачева, Е.О. Тарасова, О.П. Балезина.....	58
УЧАСТИЕ ЭНДОКАННАБИНОИДОВ В ЛОКОМОТОРНОМ КОНТРОЛЕ НАУРОВНЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ СИНАПСОВ	
О.П. Балезина, Е.О. Тарасова, П.О. Богачева.....	59
МУТАЦИИ В ГЕНАХ TTN и MYBPC3 У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНЫМИ ПАТОЛОГИЯМИ	
А. Г. Бобылёв, Т. А. Урюпина, О. В. Галзитская, А. В. Глякина, А. А. Костарева, И. М. Вихлянцев.....	60
РОЛЬ ЦЕРАМИДА В ПЕРЕСТРОЙКЕ МИОЗИНОВОГО ФЕНОТИПА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ ...	
И. Г. Брындина, В. А. Протопопов, А. В. Секунов	61
ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ РЕЦЕПТОРОВ СЛЕДОВЫХ АМИНОВ 5- ГО ТИПА (TAAR5) В ВОССТАНОВЛЕНИИ СЕНСОМОТОРНЫХ ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ СПИНАЛЬНОЙ ТРАВМЫ	
А.Д. Буглинина, Д.С. Калинина, С.И. Милов, П.Ю. Шкорбатова, Н.В. Павлова, П.Е. Мусиенко	62
УСИЛЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА МИОБЛАСТОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ <i>M. SOLEUS</i> КРЫСЫ ПОСЛЕ 7-СУТОЧНОГО ВЫВЕШИВАНИЯ, СОПРОВОЖДАЕТСЯ СНИЖЕНИЕМ АКТИВНОСТИ АМРК	
Вильчинская Н.А., Мирзоев Т.М., Шенкман Б.С.	64
СОЗРЕВАНИЕ BDNF И СИНАПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРОДУКТОВ ЭТОГО СОЗРЕВАНИЯ В МОТОРНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ	
А.Е. Гайдуков, А.И. Молчанова, Е.И. Шепелёв.....	65
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДТИПОВ P2-РЕЦЕПТОРОВ В СИНАПСАХ БЫСТРЫХ И МЕДЛЕННЫХ МЫШЦ КРЫСЫ	
Д.В. Ефимова, А.А. Еремеев, А.Е. Хайруллин.....	66

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА VDAS КАНАЛА МИТОХОНДРИЙ VBIT-4 НА ФУНКЦИЮ ОРГАНЕЛЛ И СОСТОЯНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ В НОВОЙ МОДЕЛИ ДИСТРОФИН-ДЕФИЦИТНЫХ МЫШЕЙ DMDDEL8-34/DBA

А. Д. Игошкина, Т. А. Попёнова, В. А. Шарапов, А. В. Поликарпова, В. А. Логинов, Т. В. Егорова, М. В. Дубинин	67
МИОКИНЫ КАК ФАКТОР ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПАЛЕНИЯ ПРИ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ	
Л. В. Капилевич, А. Н. Захарова, К. Г. Милованова, А. А. Орлова, И. Ю. Шувалов, С. А. Попов, О. В. Коллантай	68
МОДЕЛИРУЕМАЯ ВЫСОКОГОРНАЯ ГИПОКСИЯ ПОВЫШАЕТ ЭФФЕКТИВНОСТЬ Na,K-АТФазы В ДИАФРАГМЕ КРЫСЫ	
В. В. Кравцова, И. И. Кривой	69
ЭФФЕКТ 20-ГИДРОКСИЭКДИЗОНА НА СОСТОЯНИЕ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ МЫШЕЙ C57BL/10 В МОДЕЛИ ИШЕМИЧЕСКИ- РЕПЕРФУЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ	
Н. В. Микина, А. А. Семенова, Л. В. Парфенова, М. В. Дубинин	70
ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ СУБТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ДОЗ ХЛОРИДА ЛИТИЯ НА <i>M. SOLEUS</i> КРЫСЫ ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ ...	
Т.М. Мирзоев, С.А. Тыганов, О.В. Туртикова, В.Е. Калашников, К.А. Шарло, Б.С. Шенкман	71
РОЛЬ $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -ОБМЕННИКА В КОНТРОЛЕ СИНТЕЗА ОКСИДА АЗОТА (II) В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ	
С. Нгомси, Г.Ф. Закирьянова, А.М. Петров.....	72
Ca^{2+} -АКЦЕПТОРНЫЕ БЕЛКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ВЕЗИКУЛЯРНОГО ЦИКЛА СЕКРЕЦИИ МЕДИАТОРА В ДВИГАТЕЛЬНЫХ ХОЛИНЕРГИЧЕСКИХ НЕРВНЫХ ОКОНЧАНИЯХ СОМАТИЧЕСКОЙ МЫШЦЫ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ	
Л. Ф. Нуруллин, М. Е. Волков, Е. М. Волков.....	73
ВЛИЯНИЕ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОТОНЕЙРОНОВ ГРУДНОГО СПИННОГО МОЗГА	
В.В. Порсева, Е.С. Саблин, П.М. Маслюков	74
МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ РАЗНЫХ МОДЕЛЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ	
Д. Э. Сабирова, А. А. Еремеев, Т. В. Балтина	75
АСТРОГЛИОЗ И РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО МАТРИКСА В ОТДАЛЁННЫХ СЕГМЕНТАХ СПИННОГО МОЗГА ПОСЛЕ КОНТУЗИОННОЙ ТРАВМЫ В ГРУДНОМ ОТДЕЛЕ	
О.Н. Тугова, И.М. Кабдеш, А.Р. Билалова, Я.О.Мухамедшина, Ю.А. Чельшев	76
РАЗВИТИЕ ИЗОПРЕНАЛИН-ИНДУЦИРОВАННОЙ КАРДИОМИОПАТИИ СОПРОВОЖДАЕТСЯ УМЕНЬШЕНИЕМ СОДЕРЖАНИЯ ГИГАНТСКОЙ ИЗОФОРМЫ ОБСКУРИНА В МИОКАРДЕ КРЫСЫ	
Т.А. Урюпина, Ю.В. Грицына, А.Д. Уланова, Г.З. Михайлова	

Л.Г. Бобылёва, Н.В. Белослудцева, Г.Д. Миронова, И.М. Вихлянцев	77
СИМПАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ МЫШИ ПРИ СТАРЕНИИ	
В. Ф. Хузахметова, С. А. Дмитриева, Г. В. Сибгатуллина, Э. А. Бухараева ..	78
ИЗМЕНЕНИЯ В КАСКАДАХ АНАБОЛИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ У ЛЮДЕЙ С ТРАВМОЙ СПИННОГО МОЗГА	
А.В. Чибалин.....	79
ИНГИБИРОВАНИЕ DHPR ПРЕДОТВРАЩАЕТ ПАДЕНИЕ СИЛЫ И АКТИВИРОВАНИЕ КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЛИНГА ПРИ 3- СУТОЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ М. SOLEUS КРЫС WISTAR	
К.А.Шарло, С.А. Тыганов, Д.А.Сидоренко, Р.О. Боков, К.А. Зарипова, Т.Л. Немировская	80
ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ ФУНКЦИИ ПОСЛЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА У КРЫС С НОКАУТОМ ГЕНА ТРИПТОФАН-ГИДРОКСИЛАЗЫ ВТОРОГО ТИПА	
Д. Д. Шиц, С. П. Коновалова, М. М. Пучик, Ю. И. Сысоев, П. Е. Мусиенко	81
Секция 3: Прикладные вопросы физиологии движения: микрогравитация, спорт, биомеханика	
ОЦЕНКА МАССЫ ТЕЛА И МОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЕЙ MDX НА ФОНЕ ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ	83
А.П. Абрамова, Ю.И. Поляков, М.Г. Соколова, А.В. Киселев.....	83
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЕРИНЕЙРОНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПОЯСНИЧНЫХ НЕЙРОНОВ КРЫСЫ ПОСЛЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА, ЛОКОМОТОРНОЙ ТРЕНИРОВКИ	
Т.В. Агеева, А.Р. Билалова, Е.А.Плотникова, Я.О. Мухамедшина	84
ВЛИЯНИЕ ТРАНССПИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ НА ВОЗБУДИМОСТЬ НЕЙРОНОВ ШЕЙНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА	
С.С. Ананьев, Е.Д. Благовещенский, В.А. Ляховецкий, Ю.П. Герасименко ..	85
ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ СПОРТСМЕНОВ ПРИ СТОЯНИИ НА ОДНОЙ НОГЕ	
Андреева А.М., Спиридонов И.О., Мельников А.А.	86
НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ	
Н.И. Аньшаков, Р. В. Тамбовцева, А.В. Козлов, В.Д. Сонькин	87
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА У КРЫС	
А. И. Ахметзянова, Т.В. Балтина, Е. В. Семенова, О. А. Саченков	88
БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ ЧЕТЫРЁХГЛАВОЙ МЫШЦЫ БЕДРА НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ	
М. Э. Балтин, Д. А. Онищенко.....	89

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АНАЭРОБНОГО ПОРОГА У ТРИАТЛЕТОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ СТАРШЕГО
ВОЗРАСТА

А.М. Бекназарова, Г.В. Искаревский, А.С. Тамразов..... 90

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КОГНИТИВНЫЕ
СПОСОБНОСТИ ЛЮДЕЙ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА

А.М. Бекназарова, А.А. Пекониди..... 91

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЙ НЕДЕЛЬНОЙ
И ДВУХНЕДЕЛЬНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

М. П. Бекренева, А. А. Савеко, И. И. Пономарев, Е. С. Томиловская..... 92

БИЛАТЕРАЛЬНАЯ СТАБИЛОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
КОРРЕКТИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ В СПОРТЕ

Е. М. Бердичевская..... 93

ОСОБЕННОСТИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА У ДЕТЕЙ
С ТЯЖЕЛЫМИ МОТОРНЫМИ ПАТОЛОГИЯМИ ВЕРХНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ

Е.Д. Благовещенский 94

КАК ВОООБРАЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ СТОП ПРИ УПРАВЛЕНИИ
НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОМ ВЛИЯЕТ НА АКТИВНОСТЬ МЫШЦ НОГ?

Е. В. Боброва, В. В. Решетникова, А. А. Гришин, Е. А. Вершинина,
И. Н. Богачева, Н. А. Щербакова, М. Р. Исаев, П. Д. Бобров,
Ю. П. Герасименко 95

ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ ГОЛЕНИ В СОЧЕТАНИИ
СО СПИНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИЕЙ НА КИНЕМАТИКУ ХОДЬБЫ У
ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ

И.Н. Богачева, Н.А. Щербакова, А.А. Ананьев, В.А. Ляховецкий,
А.А. Гришин, Т.Р. Мошонкина, Ю.П. Герасименко 96

ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТХЭКВОНДИСТОВ

НА ЭТАПАХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

Я. Е. Бугаец 97

ДИНАМИКА ВЕЛИЧИНЫ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ
КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ КАК ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ
ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В
КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ

А.А. Буракова, А.О. Савинкина, Е.В. Фомина 98

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА
СПРИНТЕРСКУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ВЫСОТУ ПРЫЖКА У
ФУТБОЛИСТОВ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И СЕТЕВОЙ МЕТА-
АНАЛИЗ

Ван Ян, Ло Цзысюань, Чжан Муянь, Л.В. Капилевич 99

ДИНАМИКА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВИ В НИЖНИЕ КОНЕЧНОСТИ
ПРИ ОРТОСТАЗЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕБЫВАНИЯ В
АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ СОЧЕТАННОЙ
С ИСКУССТВЕННОЙ СИЛОЙ ТЯЖЕСТИ

О.Л. Виноградова, Р.Ю.Жедаев, А.Н. Хробостова, О.С. Тарасова, А.В. Сальников, М.И. Колотева, А.С. Боровик.....	100
ИНТЕГРАЦИЯ ПРЫЖКОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В СКОРОСТНО-СИЛОВУЮ ТРЕНИРОВКУ ФУТБОЛИСТОВ	
А.В. Воронов, А.В. Шпаков, А.В. Воронова, Н.Н. Соколов, Г.К. Чилингарян.....	101
ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ОПОРНЫХ ЗОН СТОП НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ ЗАДАЧИ	
С.О. Глаголева, Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова.....	102
ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОСТОЙ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ КИБЕРСПОРТСМЕНОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ	
Д.И. Гончаренко, А.П. Бровкин.....	103
СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ДРОЗОФИЛЫ ВО ВРЕМЯ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА ВЛИЯЕТ НА ВОЗМОЖНОСТЬ АДАПТАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ К ГРАВИТАЦИИ	
А. А. Гончарова, Н. Г. Беседина, Л. В. Даниленкова, Е. А. Камышева, Ю. В. Брагина.....	104
ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ НА ФОНЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ НА ДИНАМИКУ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВИ ПРИ ОРТОСТАЗЕ	
Р. Ю. Жедаев, А.С. Боровик, О. С. Тарасова, И.В. Рукавишников, И.И. Пономарев, А. Н. Хробостова, В. А. Яшина, О. Л. Виноградова.....	105
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛИТНЫХ ФИГУРИСТОК-ОДИНОЧНИЦ ПО ДАННЫМ СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ	
Н. Н. Захарьева, И. Д. Коняев, Д. А. Рыбкин	106
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ В АРМРЕСТЛИНГЕ	
А.А. Зверев, Н.Н. Чершинцева, Е.Е. Платошкина, Е.С. Ниази, А.О. Федянин, Ю.И. Смолина, Д.Р. Ислямов.....	107
УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯМИ РУКИ В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ	
Л.Н. Зобова, Н.В. Миллер.....	108
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С БИОНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ	
А.Д. Иванова, П.С. Вансков, Я.И. Москалев, Т.В. Балтина, О.А. Саченков	109
ЭФФЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ТОНКО-КООРДИНАЦИОННОМУ НАВЫКУ В СОЧЕТАНИИ С ТРЕНИРОВКОЙ ДИСКРЕТНОГО РАССЛАБЛЕНИЯ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МЫШЦ	
Е.С. Иконниокова, А.А. Мельников, П.Д. Бобров, Д.С. Калинина, А.А. Чесноков, С.И. Милов, Д.В. Хузин, П.Ю. Шкорбатова, Н.В. Павлова, П.Е. Мусиенко	111

ЭЭГ-ПАТТЕРНЫ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ ДВИЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАТАХ ИМИТАЦИОННОГО НАУЧЕНИЯ	
Е.Д. Каримова, И.В. Гусев.....	113
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ РЕАБИЛИТАЦИИ	
М. Ю. Катаев, О.А. Кошевой, М. Я. Брагинский, И. А. Байтуев	114
БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАЛАНСА РАВНОВЕСИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ 2 ЭТАПА РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ КРУПНЫХ СУСТАВОВ	
С.В. Королева, П.В. Королёв.....	115
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОТЕЗА СТОПЫ НА КИНЕМАТИКУ ХОДЬБЫ АМПУТАНТА	
Д.А. Коростовская, Т.П. Шашкина, В.С. Сердюков.....	116
АРХИТЕКТУРА ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ У ПАЦИЕНТОВ С МОТОРНЫМ НАРУШЕНИЕМ И У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ	
Ю.А. Коряк, М.М. Кузьмина.....	117
ОСОБЕННОСТИ КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ С МОТОРНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ	
М.М. Корякина, Е.Д. Благовещенский, О.Е. Агранович.....	118
ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ «DAVID BASK CONCERT» В КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ ПОЗВОНОЧНИКА	
О.А. Кошевой, И.А. Байтуев	119
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАЗОВОГО МЕТАБОЛИЗМА КОСМОНАВТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ НЕПРЯМОЙ КАЛОРИМЕТРИИ И БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ	
Т.Б. Кукоба, Н.Ю. Лысова, К.С. Киреев	121
КОРТИКО-МЫШЕЧНЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ СВЯЗИ ВО ВРЕМЯ МЫСЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ ИНСУЛЬТ	
М.Е Курганская, А.В. Курганский, П.Д.Бобров.....	122
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЕДУЩИХ МЫШЦ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ	
Е.В. Ланская, Р.М. Городничев.....	123
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КОРТИКО-СПИНАЛЬНОГО ТРАКТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА	
Е.В. Ланская, Р.М. Городничев.....	124
ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОЙ УСТАЛОСТИ НА БИОМЕХАНИКУ ПРИЗЕМЛЕНИЯ НА ОДНУ НОГУ У МОЛОДЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ- МУЖЧИН	
Ли Таисэнь, Цюй Сяньбо.....	125
ОЦЕНКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОСМОНАВТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ	
Н.Ю. Лысова, К.С. Киреев, Т.Б. Кукоба	126

ЭПИДУРАЛЬНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА В КОНТЕКСТЕ МЫШЕЧНОЙ РИГИДНОСТИ И ПОСТУРАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ В АМПТ- ИНДУЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ПАРКИНСОНИЗМА А. Э. Махортых, Д.С. Калинина, Ю.И. Сысоев, Н.В. Павлова, П.Ю. Шкорбатова, О.В. Горский, Е.Ю. Баженова, Д.Р. Еникеев П.Е. Мусиенко	
МАКСИМАЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ К СТАТИЧЕСКОМУ РАВНОВЕСИЮ У СПОРТСМЕНОВ	
А.А. Мельников, А.Ю. Пеганов, Т.П. Ширяева, М.А. Турукин	129
ВЫПОЛНЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУКИ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В УСЛОВИЯХ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ Миллер Н.В., Зобова Л.Н.....	130
РОЛЬ РЕЦЕПТОРА TAAR1 В ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОДВИЖНОСТИ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА С.И. Милов, Д.С. Калинина, А.А. Чесноков, Е. А. Романюк, П.Ю. Шкорбатова, Н.В. Павлова, П.Е. Мусиенко	131
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МЕЖМЫШЕЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФИЛИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКЕ С.А.Моисеев, Р.М. Городничев	133
ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У БАДМИНТОНИСТОВ А.С. Назаренко.....	134
ИЗМЕНЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ И ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СЕНСОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ И.А. Наумов, Д.О. Глухих, Е.А. Билоус, Н.В. Шишкин	135
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ СИЛЫ 45 ОТДЕЛЬНЫХ МЫШЕЧНЫХ ГРУПП ЧЕЛОВЕКА FORCESHAIR А.И. Нетреба	136
АДРЕНЕРГИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СОКРАТИМОСТИ ДИАФРАГМЫ У МЫШЕЙ В МОДЕЛИ ВОСПАЛЕНИЯ Ю.Г. Одношвикина, Г.В. Сибгатулина, С.А. Дмитриева, А.М. Петров	137
ОСОБЕННОСТИ ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ ПРИ ХОДЬБЕ В МЕДЛЕННОМ ТЕМПЕ К.А. Петрушанская, С.В. Котов.....	138
КОМПЛЕКСНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОТУЛИНОТЕРАПИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ С ИШЕМИЧЕСКИМ ИНСУЛЬТОМ	

К.А. Петрушанская, С.В.Котов, В.С. Шалыгин, И.А. Сутченков	139
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ	
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ.....	140
С ИНСУЛЬТОМ В РАННИЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД	
ЗАБОЛЕВАНИЯ	
К.А. Петрушанская, С.В.Котов, В.С. Шалыгин, И.А. Сутченков	140
СРАВНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ И	
ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ НА	
ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ КАРТ ВП ПЭМГ	
А.Е. Позднякова, Г.В. Искаревский	142
ВЛИЯНИЕ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ	
НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ РЕШЕНИИ	
СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	
А. А. Поляниченко, Д. Н. Бобков, О. О. Рюмин	143
ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ С	
ПРИМЕНЕНИЕМ MOTION CAPTURE	
Д.Б. Попов, И.А. Сакун, Е.М. Скребова, Т.В. Тюлькина,	
М.Д. Самароков	144
ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ УСИЛИЙ	
В ОДНОСОСТАВНОМ ДВИЖЕНИИ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА В	
УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ	
Г.К. Примаченко, А.В. Шпаков, А.В. Воронов, Н.Н. Соколов	145
ОЦЕНКА ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ ПЕРЕДНИХ	
КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА	
СПИННОГО МОЗГА ВО ВРЕМЯ РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ КОРКОВОЙ	
ДЕПРЕССИИ У КРЫС	
М. М. Пучик, Д. Р. Еникеев, О. В. Горский, Н. В. Павлова, Е. В. Герасимова,	
П. Е. Мусиенко	146
АКТИВНОСТЬ МЫШЦ ПРИ УПРАВЛЕНИИ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОМ,	
ОСНОВАННЫМ НА ВООБРАЖЕНИИ ХОДЬБЫ НА МЕСТЕ.....	148
В. В. Решетникова, Е. В. Боброва, А. А. Гришин, Е. А. Вершинина,	
И. Н. Богачева, Н. А. Щербакова, М. Р. Исаев, П. Д. Бобров,	
Ю. П. Герасименко	148
ВЛИЯНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ГИМНАСТИКИ	
НА ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА	
СПОРТСМЕНА	
А.И. Родин.....	149
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ И ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ	
ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОДЬБЫ ЧЕЛОВЕКА В ХОДЕ 14-СУТОЧНОГО	
ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕЗОПОРНОСТИ	
А. А. Савеко, М. П. Бекренева, Е. С. Томиловская.....	150
МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ	
ДВИГАТЕЛЬНЫХ АКТИВНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДЕОАНАЛИЗА	
И.А. Сакун, Д.Б. Попов, Е.М. Скребова, Т.В. Тюлькина	
М.Д. Самароков	151

АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРЫЖКОВОГО ТЕСТА ДЕТЕЙ РАЗНОГО ВОЗРАСТА С УЧЕТОМ АЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО МАСШТАБИРОВАНИЯ	
Е.А. Сигов, М.П. Шестаков, Т.Ф. Абрамова	152
ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ С НАГРУЗКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДЕОАНАЛИЗА	
Е.М. Скребова, Д.Б. Попов, И.А. Сакун, Т.В. Тюлькина	153
АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОТВЕТА КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА НА ИНТЕРВАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ МЕТОДОМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ	
Е.А. Тимме, М.А. Кокуева, Е.В. Фомина.....	154
ВЛИЯНИЕ БОС-ТРЕНИНГОВ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ИСПОЛНЕНИЯ КОМПЛЕКСА КАТА СПОРТСМЕНАМИ ВОСТОЧНЫХ ЕДИНОБОРСТВ	
Н. Г. Толорая, А. В. Ковалева, А.М. Андреева, И.А.Белουσое.....	155
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИДЕОАНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ БЮСТГАЛЬТЕРОВ НА РАЗГРУЗКУ СПИНЫ	
Т.В. Тюлькина, Е.М. Скребова, Д.Б.Попов, И.А. Сакун М.Д. Самароков	156
ИЗМЕНЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У САМЦОВ И САМОК МЫШЕЙ ПОСЛЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ ГИПОГРАВИТАЦИИ	
О. В. Тяпкина, Д. М. Максимов	157
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ГРЕБЦОВ	
А. О. Федянин, Е. С. Ниязи, Б. Р. Самигуллин, Н. Н. Чершинцева, Е. Е. Платошкина, А. С. Назаренко	158
ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ - КАК ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОТОРНОГО КОНТРОЛЯ В ПЕРИОД РЕАДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ЗЕМЛИ	
Е.В. Фомина, А.А. Ганичева, А.А. Буракова, В.Д. Бахтерева, П.В. Романов, А.В. Ивченко.....	159
ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ ЧЭССМ НА АКТИВНОСТЬ СПИНАЛЬНОЙ ТОРМОЗНОЙ ИНТЕРНЕЙРОНАЛЬНОЙ СЕТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО СОПРЯЖЁННЫХ МЫШЦ	
А. А. Челноков, Р. М. Городничев, Д. А. Гладченко, Л. В. Рощина.....	160
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ В ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ БИАТЛОНИСТОВ 17-18 ЛЕТ	
Л.П. Черапкина	161
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЙ В РАФТИНГЕ	
Л.Г. Чернышева	162
ТРЕНИРОВКА ХОДЬБЫ В ЭКСОСКЕЛЕТЕ И ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА РАСШИРЯЮТ ЛОКОМОТОРНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	

ПРИ ПАРАЛИЧАХ

Е.Ю.Шапкина, Д.В.Емельяников, П.Е.Мусяенко.....	164
АКТУАЦИЯ И ЗАЛЕЧИВАНИЕ В КВАЗИМЫШЕЧНЫХ КОМПОЗИТАХ: МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
С. В. Шилько, Д. А. Черноус.....	164
ОСОБЕННОСТИ МОНОСИНАПТИЧЕСКИХ РЕФЛЕКСОВ СПРИНТЕРОВ ПОСЛЕ КУРСА ГИПОКСИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	
А.С. Шилов, И.Н. Балясников.....	165
ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЭГ И ДИНАМИЧЕСКОГО ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА У ПОЖИЛЫХ ЛИЦ	
Т.П. Ширяева, И.Н. Дерябина, А.А. Мельников.....	166
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ПРИ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ	
А.В. Шапов, А.В. Воронов	167
ВЛИЯНИЕ ДИСФУНКЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА НА СПОСОБНОСТЬ ПОДДЕРЖИВАТЬ РАВНОВЕСИЕ У СПОРТСМЕНОВ	
А.А. Шульман, М.И. Никулина, А.А. Еремеев, А.О. Желтухина, Л.М. Бикчентаева, А.М. Еремеев, Т.В. Балтина.....	168
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА КОРИЧНЕВУЮ ЖИРОВУЮ ТКАНЬ У ЖИВОТНЫХ С ДИАБЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛЬЮ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МЕТА-АНАЛИЗ	
Юнь Юйфэнь, Е.Ю. Дьякова.....	169

**НОВЫЕ СТРАТЕГИИ РЕГУЛЯЦИИ ЛОКОМОЦИИ ЧЕЛОВЕКА
NOVEL HUMAN LOCOMOTION REGULATION STRATEGIES**

Ю.П. Герасименко

Yu.P. Gerasimenko

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

Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

E-mail: gerasimenko@infran.ru

Ходьба человека (локомоция) является перемещением тела в пространстве, что достигается переносом центра тяжести за пределы площади опоры. Паттерн ходьбы продуцируется нейронными локомоторными сетями, известными как генераторы шагательных движений (ГШД). Мы показали, что ГШД можно модулировать с помощью электрической (инвазивной и неинвазивной) стимуляции спинного мозга. Использование технологии эпидуральной стимуляции спинного мозга в сочетании с локомоторными и постуральными тренировками позволило восстанавливать способность произвольного контроля двигательной активности [1] и осуществлять самостоятельную ходьбу у пациентов с полным моторным поражением спинного мозга [2]. Однако из-за рисков, связанных с хирургической имплантацией электродов, эпидуральная стимуляция имеет существенные ограничения. В связи с этим, нами была разработана неинвазивная технология мультисегментарной электрической стимуляции спинного мозга, позволяющая одновременно воздействовать на разные нейронные сети и обеспечивать их взаимодействие [3]. Такая стратегия спинальной нейромодуляции была использована в реабилитации спинальных пациентов и показала свою эффективность в восстановлении произвольного контроля движений. Дальнейшее развитие спинальной нейромодуляции было связано с разработкой технологии, сочетающей ритмическое адресное воздействие на флексорные/экстензорные моторные пулы нижних конечностей в шагательном цикле с тонической активацией нейронных локомоторных сетей. Клинические исследования на пациентах с нарушением мозгового кровообращения (инсульт) и пациентах со спинномозговой травмой показали, что такое воздействие немедленно регулирует локомоторную функцию. Новая стратегия регуляции локомоции человека сочетает в себе спинальную стимуляцию локомоторных нейронных сетей, пространственно-временную стимуляцию задних корешков, воздействующих на флексорные/экстензорные моторные пулы нижних конечностей и стимуляцию мышц голени для управления движением стопы. Сочетанная спинально-мышечная стимуляция обеспечивает координированную, полноценную ходьбу, которая не может быть достигнута только спинальной или периферической стимуляцией. Такая стимуляционно-управляемая локомоция осуществляется без активного участия человека,

выполняя протезирование локомоторной функции.

Список литературы

1. Effect of epidural stimulation of the lumbosacral spinal cord on voluntary movement, standing, and assisted stepping after motor complete paraplegia: a case study / S. Harkema, Y. Gerasimenko, J. Hodes [et al.] // Lancet. – 2011. – V.377, No9781. – P.1938–1947.

2. Neuromodulation of lumbosacral spinal networks enables independent stepping after complete paraplegia / M.L. Gill, P.J. Grahn, J.S. Calvert [et al.] // Nat. Med. – 2018. – V. 24. – P. 1677–1682.

3. Initiation and modulation of locomotor circuitry output with multisite transcutaneous electrical stimulation of the spinal cord in noninjured humans / Y. Gerasimenko, R. Gorodnichev, A. Puhov [et al.] // J. Neurophysiol. – 2015. – V. 113 – P. 834–842.

УДК612

**ТЕОРИЯ ПОСТРОЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ Н.А.БЕРНШТЕЙНА
И СОВРЕМЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ДВИЖЕНИЯМИ
BERNSTEIN'S THEORY OF MOVEMENTS CONSTRUCTION AND
CONTEMPORARY STUDY ON MOTOR CONTROL**

В.Л.Талис

V.L. Talis

Израиль, Раанана, Реабилитационный центр Левинштейн"

Israel, Ra'anana, Loewenstein Rehabilitation Medical Center

E-mail: veraltalis@gmail.com

Опубликованная в 1947 г. книга Н.А. Бернштейна "О построении движений" положила начало возникновению науки о двигательном контроле человека и животных. Последующее развитие техники эксперимента, не уменьшило, а порой и усилило влияние идей Бернштейна, сильно опередившего свое время [1,2]. Усиление интереса к его наследию [3], увенчалось в 2021 г. переводом книги 1947 г. на английский язык [4]. В ней, разделяя виды движений по уровням управления ими (А и Б – субкортикальные, С и D – кортикальные), Н.А. Бернштейн описывает известные на тот момент их морфологические связи, эволюцию их развития у позвоночных, развитие движений у ребенка и их деградацию у больного. В моем докладе будет показано, что сегодня, построение моделей движения, основанное на принципах теории управления, неизменно возвращает авторов к иерархической системе управления движениями со стороны ЦНС [5], выдвинутой Н.А. Бернштейном еще в 1935 г., а оригинальное определение Н.А. Бернштейном управления движениями, как "преодоление избыточных степеней свободы" позволяет формировать новые подходы к изучению движений [6,7].

Список литературы

1. Талис В.Л. Доктор, который любил паровозики. Воспоминания о Николае Александровиче Бернштейне / В.Л. Талис. – М.: Новое Литературное Обозрение, 2022. – 495 с.
2. Идеи Н.А. Бернштейна в наши дни: сборник статей / под редакцией Г.П. Костюка, Б.М. Величковского и А.В. Чернавского. – М.: КДУ: Университетская книга, 2019. – 176с.
3. Bernstein N.A. Biomechanics for Instructors (Translated by Rose Whyman)/ N.A. Bernstein. – Springer, 2020. – 155 p.
4. Bernstein's Construction of Movements. The Original Text and Commentaries / Ed. M. L. Latash. – Routledge, 2021. – 359 p.
5. Feldman A.G. Referent control of action and perception (Challenging conventional theories in behavioral neuroscience) / A.G. Feldman. – Springer, 2015. – 244 p.
6. Scholz, J.P. The uncontrolled manifold concept: identifying control variables for a functional task / J.P. Scholz, G. Schoner // Exp. Brain Res. – 1999. – V.126. – P.289–306.
7. Progress in Motor Control: Bernstein's traditions in movement studies, T. 1/ M.L. Latash (Ed.). – Human Kinetics, 1998. – 398 p.

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

УДК612

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ
УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ГИПОКИНЕЗИИ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА
INFLUENCE OF ELECTROMYOSTIMULATION ON POSTURAL
STABILITY IN HYPOKINESIA OF VARIOUS GENESIS**

Н.М.А. Абу Шели¹, Т.А. Шигуева¹, А.А. Савеко¹, Н.В. Шишкин¹,
В.В. Китов¹, М.А. Авдеева², А.Б. Гехт², Е.С. Томиловская¹
N.M.A. Abu Sheli¹, T.A. Shigueva¹, A.A. Saveko¹, N.V. Shishkin¹, V.V. Kitov¹,
M.A. Avdeeva², A.B. Gekht², E.S. Tomilovskaya¹

¹*Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН*

²*Россия, Москва, ГБУЗ «Научно-практический психоневрологический центр
им. З.П. Соловьева»*

¹*Russia, Moscow, SSC RF IBMP RAS*

²*Russia, Moscow, State Healthcare Institution “Z.P. Solovyov Scientific and
Practical Psychoneurological Center”*

E-mail: nellyabushelly@yandex.ru

Цель работы исследование постуральной устойчивости (ПУ) и поиск эффективных протоколов электростимуляционной тренировки (ЭМС) для профилактики развития мышечной слабости в условиях двигательной разгрузки после моделирования гипогравитации («сухая» иммерсия, СИ) у здоровых добровольцев (в каждой группе n=10) и гипокинезии у пациентов с хронической цереброваскулярной недостаточностью (ЦВН). В условиях стационара было три группы пациентов. В группе со стимуляцией (n=27) проводили курс ЭМС «русскими токами». В группе «шэм» (n=7) осуществляли плацебо-стимуляцию. В группе контроля (n=10) ЭМС не проводили. Низкочастотную ЭМС (НЧ ЭМС) в СИ проводили по 3 часа в день (25 Гц). Высокочастотную ЭМС (ВЧ ЭМС) в СИ - по 1 часу в день (2 кГц; 50 Гц). Комбинированную ЭМС (кЭМС) проводили в виде 2-х сеансов ежедневно (НЧ ЭМС + ВЧ ЭМС). В условиях стационара определяли максимальное произвольное усилие (МПС) в кг с помощью динамометрической педали, а также использовали клинические тесты: оценка ходьбы и равновесия по шкале Тинетти, тест «Встань и иди». После СИ с НЧ ЭМС наблюдалось снижение ПУ ($p < 0,05$). После СИ с ВЧ ЭМС достоверных изменений обнаружено не было. После СИ с кЭМС снижение ПУ отмечалось только при стойке на мягкой опоре ($p < 0,05$). В условиях стационара в группе с ЭМС наблюдалось снижение скорости перемещения ЦД, площади СКГ и коэффициента Ромберга ($p < 0,05$), увеличение МПС при разгибании голеностопного сустава ($p < 0,05$), увеличение результата оценки по шкале Тинетти ($p < 0,05$), а также выполнение теста «Встань и иди» в более короткие сроки ($p < 0,05$). В группах контроля и «шэм» изменений не было. Полученные результаты дают представление о влиянии различных видов ЭМС на постуральные параметры. Исследование поддержано программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ - ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

**СВЯЗЬ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ СХЕМЫ ТЕЛА С НАВЫКАМИ
ПИСЬМА И РЕЧИ У ДЕТЕЙ**
**THE RELATIONSHIP OF BODY SCHEMA SYSTEM FUNCTION WITH
WRITING AND SPEECH SKILLS IN CHILDREN**

Е.С. Авдеева, М.С. Сайфутдинов

E.S. Avdeeva, M.S. Saifutdinov

*Россия, Курган, Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр травматологии
и ортопедии им. акад. Г.А. Илизарова».*

*Russia, Kurgan, Federal State Budgetary Institution "National Ilizarov Medical
Research Centre for Traumatology and Ortopaedics" Ministry Healthcare*

E-mail: kovalevelizaveta1992@gmail.com

Система схемы тела [1] упорядочивает сенсорное пространство индивида. Грубые нарушения в её работе интерпретируются как нарушения ориентации в собственном теле [2]. Но в этой сфере возможны менее выраженные изменения, порождающие смутные, чаще всего дискомфортные ощущения. Такие феномены были зафиксированы нами в процессе удлинения конечностей у ортопедических пациентов. По предложению проф. А.П. Шеина они были названы парциальными нарушениями схемы тела [3]. Дифференцировка такого рода феноменов от чисто сенсорных расстройств является нетривиальной задачей, и требует особого подхода. По нашему мнению, её можно решить на моделях моторной активности, где схема тела является фоновым процессом (речь и письмо, в процессе их развития в растущем детском организме). С этой целью нами сформирована батарея тестов, включающая оценку пространственной соматосенсорной чувствительности, координатных и топологических представлений детей с нормальным развитием, нарушениями речи и нарушениями слуха. Результаты тестирования показывают, что у детей с нарушениями речи перечисленные параметры снижены в большей степени, что совпадает с нарушением почерка. Таким образом, снижение тестовых показателей нельзя объяснить только дефицитом сенсорной информации, что указывает на вовлечённость системы схемы тела.

Список литературы

1. Гурфинкель, В.С. Концепция схемы тела и моторный контроль / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движений / под ред. А. В. Чернавский. – М. Наука, 1991. – С. 59–105.
2. Нарушение схемы тела при менингиомах теменно-затылочной области / В.Б. Никишина, В.А. Лазаренко, Е.А. Петраш, А.И. Ахметзянова // Журнал неврологии и психиатрии. – 2016. – Т.116, №12. – С. 20–24.
3. Шеин, А.П. Механизмы дезинтеграции в системе «сенсомоторный аппарат - схема тела» периферического генеза на модели удлинения конечностей / А.П. Шеин // Гений ортопедии. – 1998. – № 4. – С.65–71.

**О МОДЕЛЯХ УДЕРЖАНИЯ ЧЕЛОВЕКОМ РАВНОВЕСИЯ
ПРИ ФРОНТАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ КАЧЕЛЕЙ SEESAW
ON A MODEL OF HUMAN BALANCE ON SEESAW WITH ITS
FRONTAL ORIENTATION**

Н.В.Алексеева, П. А. Кручинин

N.V. Alekseeva, P. A. Kruchinin

*Россия, Москва, Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова*

Russia, Moscow, Moscow State university

E-mail: pkruch@mech.math.msu.su

В докладе описана математическая модель для анализа регуляции позы человека в условиях удержания равновесия на подвижном основании. В модели учитываются управляющие моменты в суставах конечностей, позволяющие сохранять вертикальную позу. Подобные модели ранее строились для удержания человеком равновесия для движений в сагиттальной плоскости. В настоящем докладе особое внимание уделяется задаче удержания равновесия на подвижной опоре типа seesaw (балансирной доске) при фронтальной ориентации человека. Seesaw представляет собой сегмент цилиндра, контактирующий с горизонтальной поверхностью и совершающей движение без проскальзывания. Такой тест используется в биомеханике и спортивной медицине.

Обсуждается использование математической модели для оценки влияния параметров seesaw на сложность выполнения упражнений по удержанию равновесия. Для оценки степени сложности выполнения предлагается использовать размер области управляемости линеаризованной модели движения при ограничении величины управляющего момента. Модель может применяться для оценки сложности выполнения упражнений по удержанию равновесия на конкретном seesaw.

Список литературы

1. Гугаев, К.В. Модель удержания человеком равновесия на подвижной опоре в виде пресс-папье / К.В. Гугаев, П.А. Кручинин, А.М. Формальский // Прикладная математика и механика. – 2016. – Т.80, № 4. – С. 450–460.
2. Гугаев, К.В. О моделировании удержания человеком равновесия на подвижной опоре в виде пресс-папье / К.В. Гугаев, П.А. Кручинин, А.М. Формальский // Сборник трудов XI Всеросс. съезд по фундам. проблемам теорет. и прикл. мех: (Казань, 20 – 24 авг. 2015 г.). – Казань: Изд. Казанского ун-та., 2015. – С. 1097–1099.
3. Формальский, А. М. Стабилизация двойного перевернутого маятника, установленного на качелях seesaw / А. М. Формальский, П. А.Кручинин, К.Л. Войцицкая // Прикладная математика и механика. – 2021. – Т. 85, № 6. – С. 683–698.

**ОТРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ТРЕНИРОВОК
В НАЗЕМНОМ МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ 12 МЕСЯЦЕВ
DEVELOPMENT OF INDIVIDUAL TRAINING REGIMES
IN A 12-MONTH GROUND-BASED MODEL EXPERIMENT**

В.Д. Бахтерева, М.А. Кокуева, Е.В. Фомина

V.D. Bakhtereva, M.A. Kokueva, E.V. Fomina

Россия, Москва, Государственный научный центр Российской

Федерации - Институт медико-биологических проблем РАН

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

E-mail: bakhtereva74@gmail.com

В настоящее время одним из путей повышения эффективности профилактических мероприятий для снижения негативных влияний невесомости может являться индивидуализация подхода к физическим тренировкам. Периоды космического полета с более высокой загруженностью рабочего дня космонавта требуют ответа на вопрос о возможности безопасного времени сокращения физических тренировок. В условиях изоляционного эксперимента SIRIUS-23 была выполнена отработка укороченных 15-минутных локомоторных тренировок, составленных на основе принципов, предложенных в работе Izumi Tabata (2019).

Целью исследования явился сравнительный анализ динамики работоспособности человека в условиях сниженного уровня двигательной активности в результате воздействия различных тренировочных режимов, в том числе с применением укороченного 15-минутного протокола нагрузки. В исследовании представлены результаты 6 членов экипажа, двое мужчин и четверо женщин в возрасте от 26 до 38 лет. Средний возраст 31 ± 6 лет, рост 169 ± 13 см, ИМТ 23 ± 3 . До и после периода изоляции, а также ежемесячно в течение изоляционного эксперимента уровень физической работоспособности оценивался с помощью теста со ступенчато-возрастающей нагрузкой на беговой дорожке.

Анализ результатов исследования показал, что протоколы индивидуальных режимов локомоторных тренировок позволили эффективно противодействовать снижению уровня двигательной активности испытуемых, максимальное потребление кислорода (МПК) возросло с 38 мл/кг/мин в фоне до 42 мл/кг/мин после завершения изоляции.

Снижение физической работоспособности после двух месяцев выполнения 15-минутных тренировок, построенных на основе применения индивидуального подхода в условиях изоляции, отсутствует, что подтверждается показателями МПК. После периода применения тренировок стандартной продолжительности 36,5 мл/кг/мин, после применения 15-минутного протокола 39 мл/кг/мин. Работа поддержана базовым финансированием РАН (тема FMFR-2024-0037).

**МОДЕЛЬ СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ НОГ ПРИ НАКЛОНАХ
ЧЕЛОВЕКА**
MODEL OF LEG MUSCLE CONTRACTION WHEN A HUMAN TILT

И. Д. Бекеров, А.П. Кручинина, П. А. Кручинин

I. D. Bekerov, A. P. Kruchinina, P. A. Kruchinin

*Россия, Москва, Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова*

Russia, Moscow, Lomonosov Moscow State university

E-mail: omert14@yandex.ru

Модель сокращения саркомера [1], разработанная в институте механики МГУ, адаптирована для описания сокращения скелетных мышц. Модель учитывает, что мышечные усилия создаются миозиновыми мостиками, взаимодействующими с актиновыми нитями в миофибриллах мышц. Входом модели является скорость притока ионов кальция в мышечные клетки, которая предполагается пропорциональной потенциалу мотонейронов.

Описание усилия мышцы требует осреднения по ансамблю двигательных единиц. При тетаническом сокращении изменение суммарного воздействия на мышцу достаточно гладкое и представляется допустимым использование приближенной модели, полученной в результате выделения медленных движений при наличии иерархии малых параметров.

Предложенная модель использована при вычислении по миографическим данным усилий мышц ног при наклонах человека. Использованы результаты обследования, при котором человек совершал наклоны за счет изменения угла в голеностопном суставе. По данным миограммы с помощью модели определялись усилия мышц голени, которые позволили вычислить зависимость от времени угла наклона корпуса человека. Проведено сравнение восстановленного угла наклона с показаниями видеоанализа.

Список литературы

1. Syomin, F.A. A simple model of cardiac muscle for multiscale simulation: Passive mechanics, crossbridge kinetics and calcium regulation / F.A. Syomin, A.K. Tsaturyan // Journal of theoretical biology. – 2017 – V. 420 – P. 105–116.

**ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
HUMAN POSTURAL STABILITY UNDER EXTERNAL INFLUENCES**

Л. М. Бикчентаева, Т. В. Балтина

L. M. Bikchentaeva, T. V. Baltina

Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

Russia, Kazan, Kazan Federal University

E-mail: leysanbm@mail.ru

Поддержание равновесия включает не только тоническое напряжение мышц (тоническое поддержание осанки), но и способность адаптировать положение тела в ответ на внутренние и внешние воздействия. В данном исследовании в качестве внешних воздействий использовались пробы с закрытыми глазами, стойка на мягкой поверхности, а также дополнительные стимулы разной модальности: чрескожная электрическая стимуляция шейного отдела спинного мозга (ЧЭССМ) с частотой 5 Гц/30 Гц при разной интенсивности и погружение в виртуальную реальность (ВР).

Цель исследования — оценить сенсомоторные механизмы поддержания вертикальной позы у здоровых людей при изменении афферентного притока.

Анализ частотно-временных спектров стабิโลграмм [1] выявил увеличение высокочастотных колебаний тела, указывающее на усиление роли соматосенсорной и проприоцептивной информации в поддержании равновесия при закрытых глазах и стойке на мягкой поверхности. ЧЭССМ с частотой 5 Гц и 30 Гц, независимо от интенсивности (подпороговая или сверхпороговая), снижала амплитуду колебаний тела. При просмотре видеоряда в шлеме ВР увеличивалась средняя скорость и вариабельность смещения центра давления, что указывало на постуральную неустойчивость.

Результаты подтверждают, что изменение афферентации влияет на механизмы постурального контроля у здоровых людей. ЧЭССМ демонстрирует компенсаторный эффект, перераспределяя нагрузку между уровнями контроля равновесия. Технологии ВР усиливают дестабилизирующее воздействие при сниженной надежности проприоцептивной информации. Результаты исследования имеют практическое значение для разработки реабилитационных программ и технологий, направленных на улучшение равновесия у людей с различными нарушениями. Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).

Список литературы

1. Dakinova, M.V. Spectral analysis of stabilographic signals by Fourier and Hilbert – Huang methods/ M. V. Dakinova, L. M. Bikchentaeva, I. S. Tagirova [et al.] // VIII International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). – 2022. – P. 1–4.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СЕНСОРНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ
ВЕСТИБУЛЯРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВИБРОТАКТИЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
IMPROVEMENT OF THE METHOD OF SENSORY SUBSTITUTION OF
VESTIBULAR AFFERENTATION USING VIBROTACTILE FEEDBACK**

Э.А. Гайнутдинова, В.В. Китов, Е.С. Томиловская
E.A. Gainutdinova, V.V. Kitov, E.S. Tomilovskaya
Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН
Russia, Moscow, SSC RF - IMBP RAS
E-mail: elvigainutdinova@mail.ru

В течение долгих лет ведутся исследования в направлении сенсорного замещения – метода, позволяющего компенсировать отсутствие сенсорного входа с помощью технического устройства, воспринимающего стимулы, адекватные для отсутствующего входа и преобразующего их в стимулы другой модальности. Концепция сенсорного замещения представляется перспективным подходом для компенсации вестибулярной дезадаптации.

В литературе описано два принципиально отличных вида обратной связи от датчика ориентации головы: вибротактильная, с такторами (вибромоторами) и электротактильная, с выводом электрических сигналов на язык посредством матрицы электродов.

Вибротактильная стимуляция удобнее в использовании, однако, описанные методы обратной связи не используют двухмерность кожи и выдают сигналы только на превышение критической величины отклонения.

Данное исследование направлено на разработку инновационного метода сенсорного замещения вестибулярной афферентации с использованием матрицы обратной связи. Мы предполагаем, что в таком случае нервная система получит достаточное количество сигналов для построения внутреннего представления об ориентации головы, и такой метод обратной связи может оказаться эффективным способом компенсации вестибулярного дефицита.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ–ИМБП РАН (№ FMFR–2024–0033).

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
И УСПЕШНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ЗАДАЧ
В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПО ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ «SIRIUS-23»
PHYSICAL PERFORMANCE AND SUCCESS IN COGNITIVE TASKS
IN THE SIRIUS-23 LONG-TERM ISOLATION EXPERIMENT**

А.А. Ганичева, М.А. Кокуева, М.С. Аверьянов, Е.В. Фомина

A.A. Ganicheva, M.A. Kokueva, M.S. Averyanov, E.V. Fomina

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

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

e-mail: annaganicheva16@gmail.com

Физическая активность оказывает существенное влияние на когнитивные функции, понимание степени этого влияния в контексте воздействия факторов космического полета, в частности, факторов монотонии, сенсорной депривации и социальной изоляции может иметь важное значение при планировании суточной активности космонавтов и использования профилактических мер.

Целью работы стало изучение взаимосвязи показателей физической работоспособности и успешности выполнения когнитивных тестов участниками наземного модельного 12-месячного эксперимента «SIRIUS-23». Исследование проводилось в рамках эксперимента по длительной изоляции (365 суток) «SIRIUS-23» с участием 6 испытуемых (2 мужчин, 4 женщины, средний возраст – 32 года). С целью профилактики гиподинамии в условиях изоляции использовались тренировки на активной и пассивной беговых дорожках (БД), и велоэргометре. Тренировки построены по принципу 4-х дневного микроцикла, которые объединены в 20-дневные мезоциклы. Вначале каждого мезоцикла и после изоляции проводилась тренировка с возрастающей нагрузкой до 15 км/ч на активной БД с регистрацией ЧСС (датчик Polar). После тренировки участники выполняли Струп-тест, тест «Память на числа», тест «Слежение за движущимся объектом», черно-красные таблицы Шульте-Горбова, а также тест Торренса. В каждом втором мезоцикле до и после тренировки, а также после выполнения тестов осуществлялась запись ЭЭГ в покое при закрытых глазах.

Результаты показывают значимое снижение максимальной ЧСС, а также снижение пульсовой суммы на ступенях покоя и ходьбы 3-6 км/ч на 9-й месяц изоляции по сравнению с 1-м месяцем и периодом после изоляции ($p < 0,05$), что может отражать улучшение физической работоспособности. Динамика выполнения когнитивных тестов по группе участников такую тенденцию не демонстрирует. Однако обнаруживаются значимые индивидуальные различия ($p < 0,05$), участники с лучшими показателями физической работоспособности лучше справлялись с выполнением когнитивных задач. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ - ИМБП РАН (тема FMFR-2024-0037).

**СПОСОБНОСТЬ К ВЫПОЛНЕНИЮ МОДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПОСЛЕ
ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ КАК ФАКТОРА КОСМИЧЕСКОГО
ПОЛЁТА И ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НЕВЕСОМОСТИ**

**THE ABILITY TO PERFORM MODEL TASKS AFTER LONG-TERM
ISOLATION AS A FACTOR OF SPACE FLIGHT AND AFTER
PROLONGED EXPOSURE TO WEIGHTLESSNESS**

А.А. Ганичева, Е.В. Фомина

A.A. Ganicheva, E.V. Fomina

*Россия, Москва, Государственный научный центр Российской
Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН
Russia, Moscow, State Scientific Center of Russian Federation – Institute for
Biomedical Problems RAS*

e-mail: annaganicheva16@gmail.com

Перспектива пилотируемого освоения дальнего космоса ставит перед исследователями задачу оценки ортостатической устойчивости и физической работоспособности человека в период срочной реадаптации к условиям гравитации. Решение данной задачи открывает возможности для анализа эффективности использования в ходе полета средств профилактики и прогнозирования успешности внекорабельной деятельности на поверхности в условиях автономности. При этом большое значение имеет отработка методики такой оценки в наземных модельных экспериментах и сравнение с данными, полученными после космических полетов. Цель данной работы изучение успешности выполнения модельных задач внекорабельной деятельности на поверхности участниками эксперимента SIRIUS-23 до и после изоляции длительностью 365 суток, а также сравнение степени изменений с результатами более раннего исследования после годового полета космонавтов.

Выполнен анализ индивидуальных характеристик системы моторного контроля и физической работоспособности шести участников эксперимента «SIRIUS-23» (2 мужчин, 4 женщины, средний возраст – 32 года) в рамках «Экспресс-теста», разработанного на основе «Полевого теста». Тестирование включало управление движением руки, пробу Ромберга, произвольное вставание из положений лёжа на спине и лёжа на животе, сбор грузов по периметру обозначенного участка, оценку веса грузов, меткость бросков, двойную задачу – ходьбу тандемом с одновременным обратным счётом, выполнение физических упражнений – отжиманий и приседаний – за 10 секунд. На протяжении всего теста проводилась регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС).

Результаты показали тенденцию к улучшению выполнения двойной задачи и задачи на оценку веса грузов после годовой изоляции, что отличается от ранее полученных результатов выполнения данных задач космонавтами после годового полета. По другим задачам обнаружены индивидуальные разнонаправленные изменения. Исследование поддержано базовым финансированием РАН (тема FMFR-2024-0037).

**СОСТОЯНИЕ НЕЙРОМОТОРНОГО АППАРАТА МЫШЦ ГОЛЕНИ
КРЫСЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ**
**STATE OF THE NEUROMOTOR APPARATUS OF THE RAT'S
LEG MUSCLES WITH CHANGES IN THE FUNCTIONAL LOAD**

А. А. Еремеев, А. О. Федянин, А. Н. Бабилова, А. А. Шульман,
А. М. Еремеев, Т.В. Балтина

A. A. Eremeev, A. O. Fedianin, A. N. Babikova, A. A. Shulman,
A. M. Eremeev, T.V. Baltina

Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

Russia, Kazan, Kazan Federal University

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

Цель исследования оценка состояния центрального и периферического звеньев нейромоторного аппарата камбаловидной (КМ) и передней большеберцовой (ПБМ) мышц голени крысы при функциональной разгрузке и последующем восстановлении двигательной активности. Эксперименты проводили на половозрелых самцах крыс с соблюдением биоэтических норм. Разгрузку осуществляли методом антиортостатического вывешивания (АОВ) животного за хвост. Для исследования эффектов восстановления после АОВ крыс размещали в клетке в естественном положении с обычными условиями передвижения. Для анализа состояния нейромоторного аппарата КМ и ПБМ регистрировали рефлекторный (Н) и моторный (М) ответы, проводили оценку сырой и сухой массы исследуемых мышц.

Результаты проведенных экспериментов показали значительные изменения как центральных, так и периферических структур нейромоторного аппарата КМ и ПБМ при изменении интенсивности функциональной нагрузки. Полученные данные свидетельствовали о разнонаправленных изменениях рефлекторной возбудимости спинальных двигательных центров: регистрировали повышение возбудимости после 35 сут разгрузки, снижение на 1-е сутки восстановительного периода и ее увеличение на 3-и сутки для КМ, на 7-е сутки для ПБМ. Также наблюдали существенные преобразования функционального состояния и периферических отделов двигательных систем: нарушение надежности нервно-мышечной передачи, десинхронизацию рекрутирования двигательных единиц, атрофию мышечных волокон. Более выраженные изменения и длительный период восстановления зарегистрированы при тестировании позно-тонической КМ.

В качестве механизмов отмечаемых изменений предполагаются преобразования в интенсивности периферической афферентации, обновление центральных моторных программ, реорганизация двигательных единиц, различная степень атрофии и, как следствие, различная скорость восстановления медленных и быстрых мышечных волокон.

**МОТОРНАЯ УСТАНОВКА НА ЗРИТЕЛЬНЫЕ СТИМУЛЫ
В «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
MOTOR PERCEPTUAL SET ON VISUAL STIMULI IN DRY
IMMERSION**

И.С. Зеленская¹, О.Э. Курбанова¹, Э.А. Гайнутдинова¹, В.А. Ляховецкий²,
В.Ю. Карпинская³, Е.С. Томиловская¹
I.S. Zelenskaya¹, O.E. Kurbanova¹, E.A. Gainutdinova¹, V. A. Lyakhovetskiy²,
V. Ju. Karpinskaia³, E. S. Tomilovskaya¹

¹Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН

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

³Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет

¹Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS

²Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

³Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University

E-mail: radostniyden@mail.ru

Эффект установки заключается в том, что в установочной серии испытуемый сравнивает объекты, различные по какому-либо параметру. Затем, в критическом опыте у большинства испытуемых возникает контрастная или ассимилятивная иллюзия. Предположительно, эффект установки более присущ дорсальному потоку зрительного восприятия и проявляется при вербальном, а не при моторном ответе. Между тем, пребывание в «сухой» иммерсии (СИ) преимущественно модулирует моторный ответ на зрительные стимулы.

Цель работы – изучение особенностей формирования моторной установки в условиях СИ. Данные по моторной установке 10-и испытуемых, пребывавших в 7-суточной СИ, сопровождаемой сочетанной высоко- и низкочастотной миостимуляцией, дополнили данными 4-х испытуемых, пребывавших в 15-дневной СИ. Всего каждому испытуемому предлагали 3 серии стимулов - реально различные отрезки, иллюзия Понзо, иллюзия Мюллер-Лайера. Фиксировалась начальная и конечная точка касания экрана, определялось различие в длине проводимых отрезков. Измерения проводили до погружения в СИ, на первый, третий, пятый, седьмой, десятый и пятнадцатый день СИ, а также после ее окончания. Показано, что установка на реально разные отрезки отсутствовала во все дни измерений. В СИ10 наблюдалась достоверная ассимилятивная установка на иллюзию Мюллер-Лайера на этапе запоминания. В СИ15 наблюдалась достоверная ассимилятивная установка на иллюзию Понзо на этапе воспроизведения. Таким образом, СИ влияет не только на оценку реально различных отрезков и отрезков, являющихся частью иллюзорного стимула, но в некоторой степени и на выработку установки для различных моторных задач (запоминание, воспроизведение стимула). Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН (№ FMFR–2024–0033).

**О ЗАВИСИМОСТИ ВОЗБУДИМОСТИ СПИНАЛЬНЫХ
МОТОНЕЙРОНОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ ПАРНОЙ АССОЦИАТИВНОЙ
СТИМУЛЯЦИИ**
**THE EFFECT OF PAIRED ASSOCIATIVE STIMULATION
PARAMETERS ON THE EXCITABILITY OF SPINAL MOTOR NEURONS**

С.М. Иванов, Е.В. Ланская, Р.М. Городничев

S.M. Ivanov, E.V. Lanskaya, R.M. Gorodnichev

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

Russia, Velikiye Luki State Academy of Physical Education and Sports

E-mail: sergiusvl@yandex.ru

Цель исследования заключалась в выявлении оптимальных параметров парной ассоциативной стимуляции (ПАС) для использования её как дополнительного средства развития физических качеств. В экспериментах приняли участие восемь бегунов на средние дистанции спортивной квалификации от II разряда до КМС. Каждому участнику наносилась ПАС, состоящая из одиночного стимула транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) моторной коры и одиночного электрического стимула спинного мозга (ЧЭССМ) в области позвонков L2-L3. Регистрировали моторные ответы трёх мышц – передней большеберцовой (ТА), икроножной (GM) и камбаловидной (Sol). Интервал между магнитным и электрическим стимулом рассчитывался индивидуально и изменялся таким образом, чтобы указанные стимулы поступали к спинальным мотонейронам одновременно или с определенной задержкой – 5, 10, 20 и 50 мс. Кроме того, менялся и порядок поступления сигналов к целевым мотонейронам. В случае, когда стимул ТМС поступал первым, варианты ПАС обозначены как ПАС₅, ПАС₁₀, ПАС₂₀ и ПАС₅₀. Если первым поступал спинальный стимул, то вариант указан со знаком «минус» – ПАС₋₅, ПАС₋₁₀, ПАС₋₂₀ и ПАС₋₅₀. При одновременном прибытии стимулов к мотонейронам вариант обозначен как ПАС₀. Интенсивность стимулов ТМС и ЧЭССМ составляла в первой половине исследования 110% моторного порога для ТМС и 130% порога для ЧЭССМ, во второй половине исследования – 90% и 130% соответственно. Возбудимость спинальных мотонейронов определялась по амплитуде мышечных ответов, вызываемых указанными стимулами.

Установлено, что возбудимость спинальных мотонейронов зависит от временного интервала между прибытием ассоциативных стимулов и порядка их поступления к целевым нейронам, а также интенсивности самих стимулов. Для ТА наиболее эффективным в случае надпорогового и подпорогового ТМС оказался вариант ПАС₀. Наиболее высокая амплитуда ответов у его антагонистов GM и Sol в случае надпорогового стимула ТМС наблюдалась при ПАС₁₀, а в случае подпорогового ТМС при ПАС₅. В условиях, когда возбуждение от моторной коры поступало к целевым мотонейронам позже спинального стимула, регистрировались наименьшие ответы исследуемых мышц.

**ОЦЕНКА РОЛИ ОТДЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦ
В КОНТРОЛЕ АКТИВНОСТИ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ
ESTIMATION OF THE ROLE OF INDIVIDUAL MOTOR UNITS
IN CONTROLLING MUSCLE CONTRACTION ACTIVITY**

Г.В. Искаревский, А.Е. Позднякова

G.V. Iskarevskii, A.E. Pozdnyakova

*Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет "Сириус"*

Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology

E-mail: esscar78@yandex.ru

Контроль силы на различных уровнях усилия осуществляется нервной системой путем увеличения частоты импульсаций или вовлечения новых двигательных единиц. Метод высокоплотной поверхностной электромиографии (ВП пЭМГ) и декомпозиция сигнала позволяют оценить роль отдельных двигательных единиц (ДЕ) в контроле усилия, что поможет в исследованиях нервно-мышечного контроля двигательной активности.

В исследовании участвовали 15 здоровых испытуемых (21–30 лет). Они выполняли изометрические разгибания ноги на приборе Isomed 2000 с уровнями усилия от 10% до 100% от максимального произвольного сокращения (МПС) с шагом 10%, в случайном порядке. Усилие удерживалось 3-5 секунд, с 10-секундным отдыхом между сокращениями и 60-секундным отдыхом после каждых 5 сокращений. ВП пЭМГ регистрировалась с помощью 4-канального датчика "Galileo" (Delsys Inc., США) на m. vastus lateralis (VL), с частотой дискретизации 2222 Гц. Сигнал декомпозировался на ДЕ программой "Neuromap" (Delsys Inc., США). В анализ включены 520 ДЕ с точностью декомпозиции >80%.

Контроль силы для VL осуществлялся за счет увеличения частоты активации ДЕ. Кластеризация выявила два класса ДЕ: высокочастотные и низкоамплитудные, а также низкочастотные и высокоамплитудные. Модель, основанная на низкоамплитудных и высокочастотных ДЕ, объясняла прикладываемое усилие с $R^2 > 0.9$. С ростом МПС увеличивалась частота активации, и на уровне 60% включались новые высокоамплитудные ДЕ. Это позволяет говорить о том, что в VL преобладает контроль усилия за счет увеличения частоты активации ДЕ, что соотносится с существующими данными, эти результаты были получены путем оценки роли отдельных ДЕ.

**ИЗМЕНЕНИЕ УГЛОВ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИЗГИБОВ
ПОЗВОНОЧНИКА В ТЕЧЕНИЕ 14-ТИ СУТОК ВОЗДЕЙСТВИЯ
«СУХОЙ» ИММЕРСИИ**

**CHANGES IN THE ANGLES OF THE NATURAL CURVES
OF THE SPINE DURING 14 DAYS OF EXPOSURE TO DRY IMMERSION**

О.Э. Курбанова¹, А.В. Воронов², И.В. Рукавишников¹, В.В. Китов¹,
Е.С. Томиловская¹
O.E. Kurbanova¹, A.V. Voronov², I.V. Rukavishnikov¹, V.V. Kitov¹,
E.S. Tomilovskaya¹

¹Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН

²Россия, Москва, ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

¹Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems RAS

²Russia, Moscow, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports

E-mail: o.kurbanova01@yandex.ru

Пребывание человека в условиях космического полета сопряжено с возникновением боли в спине в первые 10 дней воздействия микрогравитации, что оказывает влияние на работоспособность космонавта. Аналогичное явление отмечается у испытуемых при моделировании снижения двигательной активности с помощью «сухой» иммерсии (СИ) и антиортостатической гипокинезии. Наблюдается увеличение длины позвоночного столба, увеличение высоты межпозвонковых дисков вследствие их гипергидратации из-за перераспределения жидкостных сред в верхнюю часть тела, а также снижения тонуса мышц-разгибателей спины при устранении осевой нагрузки. Целью данного исследования явилось изучение влияния опорной разгрузки, моделируемой с помощью «сухой» иммерсии в течение 14-ти суток, на конфигурацию физиологических изгибов позвоночника.

В эксперименте приняло участие 8 мужчин в возрасте $29,75 \pm 3,77$ лет, ростом – $176,08 \pm 3,80$ см и весом – $75,64 \pm 11,17$ кг. Регистрацию углов шейного лордоза, грудного кифоза и поясничного лордоза проводили на 7-е и 14-е сутки иммерсионного воздействия с помощью программно-аппаратного комплекса «Видеоанализ-3D Биософт» (Россия). По результатам исследования получено изменение угла шейного лордоза у всех испытуемых на 7-е сутки – на $3,8 \pm 4,2^\circ$, на 14-е – на $3,5 \pm 4,9^\circ$. Изменение угла грудного кифоза и поясничного лордоза на 7-е сутки составляло $4,7 \pm 4,8^\circ$ и $0,3 \pm 3,3^\circ$, соответственно. Данные изменения усугублялись к 14-м суткам иммерсионного воздействия, составив $5,7 \pm 3,5^\circ$ и $2,9 \pm 4,6^\circ$, соответственно. Таким образом, на 7-е сутки иммерсионного воздействия наблюдается изменение формы осанки, сохраняющееся до 14-х суток СИ. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

**СЕНСОМОТОРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ: КОГНИТИВНЫЕ
ФУНКЦИИ МОЗГА И ГРАВИТАЦИЯ**
**SENSORIMOTOR INTERACTION: COGNITIVE FUNCTIONS
OF THE BRAIN AND GRAVITY**

Ю.С. Левик, М. И. Липшиц

Y.S. Levik, V.I. Lipshits

Россия, Москва, Институт проблем передачи информации РАН
Russia, Moscow, Institute for Information Transmission Problems of RAS

E-mail: YuriLevik@yandex.ru

Сенсомоторная система наземных животных исторически формировалась под значительным влиянием гравитационных сил. Однако невесомость влияет не только на сенсомоторику, но и на различные аспекты когнитивной деятельности. Так, на земле при прохождении виртуального трехмерного коридора для всех направлений поворота обследуемые переоценивают величину этого поворота, особенно в вертикальной плоскости, причем при повороте вверх она значительно больше, чем при повороте вниз. Невесомость существенно снижает эту асимметрию восприятия вертикальных поворотов, но только в условиях свободного плавания. В невесомости изменяется ЭЭГ-активность мозга и вызванные потенциалы в ответ на зрительные стимулы, причем эти изменения зависят от того, является ли предъявляемое изображение сигналом к началу виртуального движения или просто плоской картиной. Обнаружились существенные различия в успешности опознания лиц, запомненных на земле и в невесомости. На земле распознавание было достоверно выше случайного уровня, в невесомости распознавание также было достоверно выше случайного уровня для лиц, запоминавшихся на земле, в то время как для лиц, запоминавшихся в полете, распознавание было менее успешным и в некоторых случаях не отличалось от случайного уровня. Можно заключить, что невесомость влияет на различные аспекты сенсомоторного взаимодействия и когнитивной деятельности, такие как выбор вертикали, формирование системы отсчета, включая временную координату, распознавание симметрии сложных фигур, процессы запоминания и распознавания изображений, ориентация в трехмерных лабиринтах. Показано, что в невесомости существуют не только изменения в работе рефлекторных механизмов, но и перестройки на уровне когнитивной системы, в частности “перепрограммирование” сенсомоторных систем и выработка новых навыков функционирования мозга в изменившихся условиях. Многие данные указывают на то, что адаптацию можно рассматривать как процесс обучения. Адаптация сенсомоторных систем к невесомости, по-видимому, принципиально отличается от адаптации в других системах, в первую очередь, тем, что основные изменения происходят на уровне информационных процессов, т.е. системы внутреннего представления.

**О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЛОКОМОЦИИ
(НА ПРИМЕРЕ ЗАУРОПОД)
ON SOME CHARACTERISTICS OF LOCOMOTION
(ON THE EXAMPLE OF SAUROPODS)**

В. А. Ляховецкий

V. A. Lyakhovetskii

Россия, Санкт-Петербург, Институт Физиологии им. И.П. Павлова РАН

Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

E-mail: v_la2002@mail.ru

Как правило, помимо временных характеристик, исследователей интересуют параметры локомоции животных, которые возможно измерить в сагиттальной плоскости: например, длина шага и изменение суставных углов. Меньшее внимание уделяется характеристикам, измеряемым во фронтальной плоскости: ширине шагов и их вариабельности. Во многих исследованиях рассмотрена лишь ширина шага задних конечностей, что обусловлено практическими соображениями (изучается модель восстановления после спинальной травмы или же редуцированная животная модель). Между тем, у различных родов ящериц и некоторых видов млекопитающих: свинья, лошадь, собака, мышь ширина шага передних и задних конечностей может быть различна. Вариабельность ширины шага передних конечностей мыши выше, чем у задних, что может свидетельствовать о большем автоматизме ходьбы задних конечностей. Для иных видов современных животных данные о вариабельности ширины шага отсутствуют, поэтому мы обратились к следам вымерших животных, динозавров-заурупод.

Для статистического анализа были отобраны цепочки следов заурупод, содержащих не менее 7 последовательных шагов каждой конечности из работ. Вариабельность каждого шага оценивалась как отношение его ширины к средней ширине шага данного пояса конечностей в данной цепочке шагов. Показано, что для большинства цепочек следов ширина шага передних конечностей была выше, чем задних. При этом для ряда цепочек вариабельность ширины шага передних и задних конечностей достоверно отличалась.

Таким образом, цепочки следов заурупод – уникальный материал, позволяющий получить важные сведения о локомоции. Статистически значимые различия в коэффициенте вариабельности ширины шага передних и задних конечностей подтверждают значительную роль не только передних (предположительно ведущих у современных четвероногих), но и задних конечностей в организации локомоции заурупод. Несомненно, вопрос вариабельности различных параметров локомоции требует дальнейшего изучения.

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРНО-
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА
В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ И ВЕСОВОЙ АКСИАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
MODERN APPROACHES TO THE STUDY OF STRUCTURAL AND
FUNCTIONAL CHANGES IN THE SPINAL COLUMN UNDER
CONDITIONS OF SUPPORT WITHDRAWAL AND AXIAL UNLOADING
USING THE METHOD OF DRY IMMERSION**

А.М. Маркова, С.О. Глаголева,
Т.А. Шигуева, Е.С. Томиловская, И.В. Рукавишников
A.M. Markova, S.O. Glagoleva, T.A. Shigueva, E.S. Tomilovskaya,
I.V. Rukavishnikov
Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН
Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS
E-mail: sapsan.box@gmail.com

Гипогравитационные изменения позвоночного столба представляют большой интерес в исследованиях, связанных с возможными рисками нахождения человека в условиях микрогравитации [1, 2].

До настоящего времени не было проведено исследований, направленных на описание сроков восстановления исходных параметров скелетно-мышечного аппарата спины после завершения воздействия. На сегодняшний день необходимо более детальное исследование возможностей коррекции подобных изменений и их профилактики, а также определение триггерного фактора.

Для реализации этого исследования проводится работа по актуализации современных подходов к обработке данных и обследования с участием испытуемых-добровольцев в условиях «сухой» иммерсии длительностью 14 суток с применением механической стимуляции опорных зон стоп и аксиального весового нагружения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-25-00366, <https://rscf.ru/project/25-25-00366/>.

Список литературы

1. Dry immersion induced acute lower back pain and its relationship with trunk myofascial visco-elastic changes / A. Plehuna, D.A. Green, L. Amirova [et al.] // Front. Physiol. – 2022. – V. 13. – 1039924.
2. Dry Immersion as a Ground-Based Model of Microgravity Physiological Effects / E. Tomilovskaya, T. Shigueva, D. Sayenko, I. Rukavishnikov, I. Kozlovskaya // Front. Physiol. – 2019. – V.10. – 284.

**ВЛИЯНИЕ НЕИНВАЗИВНОЙ СТИМУЛЯЦИИ СПИННОГО МОЗГА
НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОЗУ - ЗАВИСИМОСТЬ ОТ МЕСТА
СТИМУЛЯЦИИ И ОТ СЕНСОРНО-КОГНИТИВНОГО СТИЛЯ
THE EFFECT OF NONINVASIVE SPINAL CORD STIMULATION
ON VERTICAL POSTURE - DEPENDENCE ON THE PLACE OF
STIMULATION AND ON SENSORY-COGNITIVE STYLE**

Т.Р. Мошонкина¹, Н.Д. Шаманцева¹, О.П. Тимофеева², И.Г. Андреева²
T.R. Moshonkina¹, N.D. Shamantseva¹, O.P. Timofeeva², I.G. Andreeva²

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН,

²Россия, Санкт-Петербург, Институт эволюционной физиологии и
биохимии им. И.М. Сеченова РАН

¹Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of
Sciences

²Russia, Saint Petersburg, I.M. Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and
Biochemistry, Russian Academy of Sciences

E-mail: moshonkina@infran.ru

Постуральный контроль (ПК) требует непрерывной интеграции экстероцептивных и интероцептивных афферентных потоков для регуляции и распределения активности мышц при поддержании стабильности сегментов тела («поза») и при динамической компенсации внешних и внутренних возмущений («баланс»). «Поза» поддерживается, в основном, мышцами-разгибателями, в то время как в поддержании «баланса» участвуют, в основном, сгибатели. Спинальные и супраспинальные сети взаимодействуют для поддержания «позы» и «баланса». Чрескожная электрическая стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ) позволяет неинвазивно и адресно воздействовать на моторные ядра сгибателей и разгибателей, на локомоторные сети спинного мозга.

Проведена серия исследований с целью изучить спинальные механизмы регуляции позы человека. Испытуемые здоровые добровольцы спокойно стояли с закрытыми глазами в тишине или во время дестабилизирующей звуковой стимуляции. ЧЭССМ проводили во время стойки на уровне позвонков T11–T12 или L1–L2 [1]. Для регистрации позы применяли стабилOMETрию.

Сенсорно-когнитивный стиль испытуемых определяет эффект стимуляции на вертикальную стойку. У людей с полезависимым сенсорно-когнитивным стилем ЧЭССМ на уровне позвонков T11-T12 и L1-L2 оказывает стабилизирующее и дестабилизирующее действие на «позу», соответственно. У людей с полнезависимым стилем ЧЭССМ не влияет на «позу». Исследования со звуковой стимуляцией показали, что спинальные сети на уровне позвонков T11-T12 имеют решающее значение при поддержании «баланса» в условиях дестабилизирующего воздействия, поступающего с супраспинального уровня. Финансовая поддержка: грант РФФ №23-25-00226.

Литература: 1. Posture of Healthy Subjects Modulated by Transcutaneous Spinal Cord Stimulation / N. Shamantseva, O. Timofeeva, A. Gvozdeva [et al.] // Life. – 2023. – V. 13, No 9. – 1909.

**ИЗМЕНЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ И ВЕСТИБУЛЯРНЫХ
РЕАКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СЕНСОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ
ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ
CHANGES IN OCULAR AND VESTIBULAR REACTIONS WITH
VARIOUS SENSORY AFFERENTATION AFTER LONG-TERM
SPACEFLIGHTS**

И.А. Наумов, Д.О. Глухих, Е.А. Билоус, Н.В. Шишкин

I.A. Naumov, D.O. Glukhikh, E.A. Bilous, N.V. Shishkin

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

Russia, Moscow, SSC RF – Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail: naumovivan@gmail.com

Невесомость влияет на вестибулярную функцию как непосредственно из-за потери гравитационного воздействия, так и, устраняя опорную и минимизируя проприоцептивную афферентацию, опосредовано через центральные интегративные мультисенсорные структуры центральной нервной системы, где осуществляется конвергенция афферентных сигналов различной сенсорной модальности (зрительной, вестибулярной, опорной и двигательной) [1].

В ходе пред- и послеполетных экспериментов «Сенсорная адаптация» и «ГейзСпин» методом видеоокулографии у 28 российских космонавтов были исследованы: 1) удержание зра в отсутствие и на фоне ретиальной оптокинетической стимуляции, а также при вращении на центрифуге короткого радиуса (ЦКР); 2) отолито-окулярный рефлекс (ООР) при наклонах головы или туловища (при неподвижно-фиксированной голове), а также при действии центробежного ускорения с использованием ЦКР.

После полета ООР достоверно снижен или нарушен (инверсия или отсутствие рефлекса) вплоть до R+9-12 суток, при этом наблюдались статистически значимые различия между ООР при наклонах головы/туловища и вращении на ЦКР на R+4-5 и R+9 сутки у одних и тех же космонавтов. Сопоставление результатов исследования ООР различными методами продемонстрировали влияние не-вестибулярной афферентации на отолито-окулярный рефлекс и его зависимость от других сенсорных входов.

Анализ глазодвигательных реакций показал значимость объема сенсорной информации (афферентного потока) в обеспечении точности восприятия и ориентации в пространстве и необходимость восполнения сенсорного дефицита стимулами другой модальности в связи с развитием сенсорной депривации в ходе космического полета. Работа выполнена при поддержке гранта РФ № 25-25-00431.

Список литературы

1. Корнилова, Л.Н. Вестибулярные реакции в условиях измененной гравитационной среды / Л.Н. Корнилова, И.А. Наумов // Космическая биология и медицина. Избранные лекции в 3-х томах. Том 2. Гравитационная физиология / под ред.: О.И. Орлов, Л.Б. Буравкова. – М.: ГНЦ РФ–ИМБП РАН, 2023. – С. 53–87.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ КОГНИТИВНЫМ ПРОФИЛЕМ ЧЕЛОВЕКА
И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ РАВНОВЕСИЯ
ПОСЛЕ СЛОЖНЫХ ПОСТУРАЛЬНЫХ ЗАДАЧ
THE INTERVENTION BETWEEN HUMAN COGNITIVE PROFILE
AND EQUILIBRIUM RECOVERY AFTER COMPLEX POSTURAL
TASKS**

М.И. Никулина¹, А.Ф. Желтухина¹, Е.В. Семенова¹, М.Э. Балтин²,
А.А. Шульман¹, Т.В. Балтина¹
M.I. Nikulina¹, A.F. Zheltukhina¹, E.V. Semyonova¹, M.E. Baltin²,
A.A. Shulman¹, T.V. Baltina¹

1 – Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия

*2 – Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет “Сириус”*

1 – Kazan Federal University, Kazan, Russia

2 – Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology

E-mail: margo.nikulina.02@bk.ru

В настоящее время технология VR широко используется в разных сферах клинической практики. Реабилитация на основе VR-терапии показывает определенные положительные результаты в лечении нарушения равновесия, однако четкое понимание долговременного эффекта и механизмов действия VR на нервную систему отсутствует. Целью работы состояла в определении влияния когнитивного профиля на поддержание постурального контроля и восстановление баланса после сложных постуральных задач. Испытуемых разделили на группы по результатам теста по методике Готтшальдта (ПЗ и ПНЗ). Участники проходили тесты с различными сенсорными изменениями (открытые/закрытые глаза, твердая/мягкая поверхность), а также с применением VR в обычных условиях и с ограничением проприоцепции. При депривации зрения, ограничении проприоцепции и воздействии VR наблюдается ухудшение постурального контроля вне зависимости от когнитивного профиля. Однако этот эффект в меньшей степени выражен у ПНЗ. После использования VR и ограничения проприоцепции ПНЗ восстанавливали равновесие медленнее, тогда как в обычных условиях такой динамики замечено не было. Данные различия могут подтвердить связь между когнитивным профилем и способностью поддерживать равновесие при сложных постуральных задачах и после них. Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).

**ОСОБЕННОСТИ ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ (ВМО)
МЫШЦ-РАЗГИБАТЕЛЕЙ ГОЛЕНИ ПОСЛЕ 3-СУТОЧНОЙ
И 5-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ У МУЖЧИН И ЖЕНЩИН
FEATURES OF EVOKED MOTOR RESPONSES (EMR) OF THE LEG
EXTENSOR MUSCLES AFTER 3-DAY AND 5-DAY DRY IMMERSION
IN MEN AND WOMEN**

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

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

*Россия, Москва, Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН*

Russia, Moscow, RF SSC – Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail: nosikovainna@mail.ru

В исследованиях, выполненных в космических полетах (КП) и наземных моделях, воспроизводящих физиологические эффекты невесомости, показано, что переход к микрогравитации сопровождается развитием гиперсенситивности сухожильных рефлексов, проявляющейся резким снижением их порогов и повышением амплитуды спинальных вызванных моторных ответов (сВМО).

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияний безопорности на параметры ВМО мышц-разгибателей голени в мужской и женской группе в условиях «сухой» иммерсии.

В качестве наземной модели использовали «сухую» иммерсию (СИ). До и после завершения СИ оценивали характеристики моторных ответов мышц-экстензоров голени (*m. soleus* и *m. gastrocnemius*), вызванных магнитной стимуляцией моторных зон коры головного мозга (кВМО) и поясничного отдела спинного мозга (сВМО), определяя пороги и максимальные амплитуды ВМО. Длительность пребывания испытуемых (как мужчин, так и женщин) в СИ составляла 3 и 5 суток. В исследовании приняло участие 16 здоровых добровольцев в возрасте $25,6 \pm 3,3$ лет и 16 женщин репродуктивного возраста $30 \pm 5,5$ лет. Во время СИ испытуемые обеих групп не подвергались никаким воздействиям, кроме иммерсионного.

В первые сутки после завершения СИ у всех испытуемых пороги и амплитуды кВМО достоверно не изменялись в обеих мышцах, при этом длительность СИ существенной роли не играла. Пороги сВМО достоверно снижались, а амплитуды повышались по завершению эксперимента только в группе 3-суточной СИ с участием женщин.

Исследование поддержано программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ–ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ
И МОНИТОРИНГА СТАРЕНИЯ
DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR EARLY DIAGNOSIS
AND MONITORING OF AGING**

А.А. Пекониди, А.М. Бекназарова

*Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет “Сириус”*

*Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology
E-mail: aliskapek@mail.ru*

В современном мире наблюдается увеличение продолжительности жизни, что приводит к повышению доли пожилых людей и повышению распространенности старческой мышечной атрофии, которая сопровождается нарушениями двигательной активности и увеличением риска травм. Возникает острая необходимость в разработке инновационных методов диагностики и мониторинга для выявления раннего старения, которые в перспективе значительно повысят эффективность персонализированной медицинской помощи и улучшат качество жизни пожилых людей. Таким образом, основная гипотеза заключается в разработке системы детекция старения мышц и последующего формирования индивидуализированных программ физической активности, основываясь на инструментальных методах диагностики, что будет способствовать снижению риска для здоровья старшего поколения и повышению эффективности тренировок для поддержания здоровья.

В исследовании приняли участие 25 человек, которые были разделены на две группы: от 20 до 44 лет и от 45 до 65 лет. Была проведена оценка поструральной устойчивости при помощи стабิโลграфии, распределения подошвенного давления при помощи тензометрии, силовых показателей при помощи изокинетической динамометрии и показателей выносливости при помощи нагрузочного тестирования на велоэргометре. Также мы определяли домашние методики, которые будут чувствительны к показателям, идентифицирующим старение.

Исследование выявило различия в группах при анализе поструральной устойчивости, распределения подошвенного давления и силовых показателей для ранней диагностики старения. Также нами были сформированы домашние скрининговые методики, чувствительные к рассматриваемым нами показателям, в частности, sit-and-reach test, sitting-rising test, подъемы на носки и тазодоминантный присед. Эти методы позволяют разрабатывать индивидуализированные программы физической активности, направленные на предотвращение старческой атрофии и снижение риска травм у пожилых людей.

СПОСОБНЫ ЛИ ЗЕРКАЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ ОТРАЗИТЬ МОТОРНОЕ ОБУЧЕНИЕ

CAN MIRROR NEURONS REFLECT MOTOR LEARNING?

Е.Д. Помелова¹, Ф. Маттео¹, А.В. Гранкина¹, В. В. Никулин²,
Р. Солодков¹, Т. Банжева¹, Е.Д. Благовещенский¹
E.D. Pomelova¹, F. Matteo¹, A.V. Grankina¹, V.V. Nikulin², R. Solodkov¹,
T. Banjevich¹, E.D. Blagovechtchenski¹

¹*Россия, Москва, Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»*

²*Германия, Лейпциг, Институт Макса Планка*

¹*Russia, Moscow, HSE University*

²*Germany, Leipzig, Max Planck Institute*

E-mail: epomelova@hse.ru

Система зеркальных нейронов (СЗН) активируется как во время выполнения действия, так и при наблюдении за ним. На моторном уровне это проявляется в феномене моторного резонанса — специфическом увеличении кортикоспинальной возбудимости во время наблюдения за движением. Настоящее исследование направлено на изучение взаимосвязи между активацией СЗН до или после моторной тренировки и скоростью моторного обучения. В исследовании приняли участие 23 здоровых человека ($22,7 \pm 2,18$ лет). Эксперимент состоял из шести сеансов. В первый и последний день проводился сеанс транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС) для оценки возбудимости СЗН, выраженной в изменении амплитуды вызванного моторного ответа (ВМО) при предъявлении стимулов (статичная рука, нажатие кнопки, щипковый захват). Со второго по пятый день (всего четыре сеанса) выполнялось моторное обучение в форме задания на последовательное время реакции (SRT). Мы наблюдали статистически значимое уменьшение времени реакции в процессе обучения в SRT и увеличение амплитуды ВМО во время наблюдения за действием. Однако не было обнаружено значимой корреляции между моторным обучением и изменениями возбудимости СЗН в контралатеральном полушарии во время наблюдения за действием на пред- и посттренировочном сеансах ТМС, но мы обнаружили корреляцию между скоростью обучения недоминантной руки с возбудимостью СЗН в доминантном полушарии после тренировки при наблюдении за нажатием кнопки и щипковым захватом. Таким образом, настоящее исследование показывает, что ипсилатеральная активность СЗН после обучения связана с кривой обучения для недоминантной руки.

**ОСОБЕННОСТИ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ МЫШЦ НИЖНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ В УСЛОВИЯХ 14-СУТОЧНОЙ «СУХОЙ»
ИММЕРСИИ**
**SPECIFIC FEATURES OF VISCOELASTIC PROPERTIES OF LOWER
LIMB MUSCLES UNDER CONDITIONS OF 14-DAY DRY IMMERSION**

И.И. Пономарев, И.М. Васильев, Л.Ю. Лакиза, Е.С. Томиловская
I.I. Ponomarev, I.M. Vasiliev, L.Y. Lakiza, E.S. Tomilovskaya
Россия, Москва, ГНЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН
Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy
of Sciences
E-mail: ponom.96@mail.ru

Цель работы — определить изменения вязкоупругих свойств мышц нижних конечностей человека в условиях 14-суточной «сухой» иммерсии (СИ). Вязкоупругие свойства мышц оценивали неинвазивным методом поверхностной пальпации MyotonPro (Myoton AS, Эстония), а также ультразвуковым сканированием (GE Logic E, США). Оценку проводили 3 раза до погружения, на 9-е и 14-е сутки СИ, а также в начале 2-х суток периода восстановления.

Анализ поперечной жесткости мышц голени выявил тенденцию к снижению параметра на всем протяжении воздействия СИ. Наиболее показательным это снижение было в камбаловидной мышце голени к 14-м суткам СИ - на 13% (с $20,75 \pm 1,64$ Гц до $19,15 \pm 0,61$ Гц). Снижение поперечной жесткости передней большеберцовой мышцы наблюдалось к 9-м суткам СИ (с $20,23 \pm 0,82$ Гц до $19,15 \pm 0,61$ Гц). В латеральной головке икроножной мышцы (ЛИМ) наблюдалось незначительное снижение к 14-м суткам (с $16,1 \pm 2,17$ Гц до $15,68 \pm 1,09$ Гц); в медиальной головке икроножной мышцы (МИМ) аналогичные изменения наблюдали только после завершения СИ - к 2-м суткам периода восстановления (с $15,48 \pm 1,65$ Гц до $14,63 \pm 0,81$ Гц). Анализ мышечной архитектуры икроножной мышцы показал прогрессивное уменьшение толщины и угла наклона мышечного волокна в ходе иммерсионного воздействия. В ЛИМ к 14-м суткам СИ толщина мышечного волокна уменьшилась на 24% (с $12,1 \pm 2,62$ мм до $9,2 \pm 0,36$ мм), при этом угол наклона уменьшился на 16% (с $17,0 \pm 2,74^\circ$ до $14,23 \pm 0,21^\circ$). В МИМ к 14-м суткам СИ толщина волокна уменьшилась на 18% (с $15,37 \pm 3,16$ мм до $12,58 \pm 3,04$ мм), при этом угол наклона волокна уменьшился на 13% (с $22,48 \pm 6,4^\circ$ до $19,43 \pm 7,65^\circ$).

В ходе 14-суточного воздействия СИ ультразвуковым методом было зарегистрировано уменьшение толщины и угла наклона мышечных волокон, наиболее выраженное в ЛИМ. Одновременно методом миоэлектрографии выявлены и признаки снижения мышечного тонуса, наиболее ярко проявляющиеся к концу воздействия в камбаловидной мышце, латеральной широкой мышце бедра и передней большеберцовой мышце. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309>.

**МОТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ ДВИГАТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ
"ОТРЯХИВАНИЕ МОКРОЙ СОБАКИ" У КРЫС
MOTOR CONTROL OF THE MOTOR BEHAVIOR OF "WET DOG
SHAKE" IN RATS**

А. А. Попов^{1,3}, Е. Ю. Баженова¹, О. В. Горский^{1,2}, П. Е. Мусиенко^{1,2,3}

А. А. Попов^{1,3}, Е. Yu. Bazhenova¹, O. V. Gorskiy^{1,2}, P. E. Musienko^{1,2,3}

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт Физиологии РАН

²Россия, Санкт-Петербург, Институт Трансляционной Биомедицины, СПбГУ,

³Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический университет
"Сириус"

¹Russia, Saint Petersburg, Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences

²Russia, Saint Petersburg, Institute of Translational Biomedicine, St. Petersburg State
University

³Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology

E-mail: margeit@yandex.ru

«Отряхивание мокрой собаки» от англ. «Wet dog shake» (WDS) – это двигательное поведение у млекопитающих и птиц, которое заключается в энергичных и быстрых противофазных вращениях головы и туловища вокруг оси позвоночника, что позволяет животным очищаться и удалять воду с меха или оперения. WDS требует идеального контроля позы. На сегодняшний день моторный контроль WDS не был изучен. Цель изучить ЭМГ активность мышц туловища и конечностей, а также сопоставить эти данные с кинематикой движения тела и силой реакции опоры в момент WDS у крыс. Несмотря на бипедальную установку крысы на задние конечности в момент WDS, ЭМГ активность мышц передней конечности отчётлива и строго реципрочно между правой и левой сторонами. Также реципрочная активность выявлена между мышцами грудного и поясничного отделов позвоночника на одной стороне. ЭМГ активность мышц задней конечности воспроизводила две чёткие мышечные синергии со строгой реципрочностью между собой и нетипичной коактивностью флексоров и экстензоров, которая ранее описана при отряхивании задней лапой у кошек. Эти две синергии коррелируют с двумя мышечными группами-антагонистами тазовых плавников у рыб. Обнаружено отсутствие типичных для боковых отклонений тела постуральных коррекций на задней конечности в момент WDS.

Очень вероятно, что WDS у крысы и отряхивание лапы у кошек основаны на общих нейронных сетях. Нейрональный контроль эпаксиальных мышц, вероятно, имеет в своей основе два центра, реципрочных между собой и разделённых на уровне пояснично-грудного перехода. Баланс тела в момент WDS поддерживается не типичными постуральными коррекциями, а идеально выбранной частотой вращения и силой мышечных сокращений туловища. Возможно, что биомеханика WDS основывается на нейрональных сетях, сформированных у рыбы для исполнения S-образной реакции испуга.

Данная работа выполнена в рамках проекта ID: 94030803/129660474 СПбГУ, поддержанного грантом РФФИ 22-15-00092 (для анализа данных), работа поддержана Государственным финансированием института физиологии им. И.П. Павлова РАН (№124020100105-6).

**ИЗМЕНЕНИЕ КОРТИКАЛЬНОЙ И СПИНАЛЬНОЙ ВОЗБУДИМОСТИ
В ХОДЕ 14-СУТОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ:
ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
CHANGES IN CORTICAL AND SPINAL EXCITABILITY IN
COURSE OF 14-DAY EXPOSURE TO SUPPORT UNLOADING: A PILOT
STUDY**

А. М. Рябова, И. Н. Носикова, Т. А. Шигуева, В. В. Китов, Е. С. Томиловская
А. М. Riabova, I. N. Nosikova, T. A. Shigueva, V. V. Kitov, E. S. Tomilovskaya
Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН
Russia, Moscow, SSC RF – Institute of Biomedical Problems of RAS
E-mail: aleksriabova@yandex.ru

Космические полёты сопряжены с рядом адаптационных процессов, приводящих к изменениям в функционировании различных систем организма человека. Из-за большой длительности космических миссий изучение острых эффектов адаптации осуществляют в наземных условиях при моделировании факторов космического полёта, таких как, например, опорная и двигательная разгрузка, особенно влияющая на сенсомоторную систему. В то же время ранние хронические эффекты адаптации, происходящие, как правило, после 7 суток полёта, до сих пор остаются мало изученными. Цель данной работы оценить изменения кортикальной и спинальной возбудимости в ходе и после 14-суточной опорной разгрузки.

В исследовании приняли участие 4 здоровых мужчины-добровольца. Опорную разгрузку воспроизводили с помощью модели «сухой» иммерсии (СИ). Кортикальную и спинальную возбудимость оценивали по характеристикам вызванных моторных ответов мышц голени до начала иммерсионного воздействия, на 8-е сутки СИ и через несколько часов после её завершения, а также на 2-е и 4-е сутки периода восстановления. После 7 суток СИ, как уже было показано в предыдущих исследованиях, наблюдали увеличение кортикальной и спинальной возбудимости. После 14 суток СИ было зарегистрировано ещё большее увеличение как кортикальной, так и спинальной возбудимости. В периоде восстановления сохранялась повышенная кортикальная возбудимость, а спинальная возбудимость, наоборот, снижалась относительно уровня, зарегистрированного до начала исследования. Описанные результаты отличны от данных, полученных в экспериментах с СИ длительностью до одной недели, что указывает на развитие более глубоких адаптационных изменений после 14 суток опорной разгрузки.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

**СОЗДАНИЕ МЕТОДА И ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТА
ДЛЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА АСИММЕТРИИ ТЕЛА
И СТАТИЧЕСКОЙ КООРДИНАЦИИ ПАЦИЕНТА НА ОСНОВЕ
ВИДЕОАНАЛИЗА**

**CREATION OF A METHOD AND SOFTWARE TOOL FOR
QUANTITATIVE ANALYSIS OF BODY ASYMMETRY AND STATIC
COORDINATION OF A PATIENT BASED ON VIDEO ANALYSIS**

В. В. Смирнова, Е. В. Семенова, О. А. Саченков

V. V. Smirnova, E. V. Semenova, O. A. Sachenkov

Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

Russia, Kazan, Kazan federal university

E-mail: yaikovavictoriya@mail.ru

В работе рассматриваются современные методы оценки осанки и движений человека, применяемые в медицинской практике для диагностики и мониторинга состояния пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Описываются преимущества и недостатки традиционных методов, таких как гониометрия и топографический анализ тела, а также современных технологий, включая системы 3D-видеоанализа [1]. Предлагается новый подход, основанный на использовании цифровых видеокамер для создания стандартизированных видео-протоколов пациентов. Цель работы заключается в создании технологии для оценки статической координации и выявления асимметрии тела у пациентов. Разработанный программный комплекс обеспечивает автоматизированную обработку видеозаписей для анализа симметрии позы человека, начиная с разметки первого кадра и заканчивая вычислением числовых характеристик на основе сегментации и отслеживания объекта. Программа использует предобученную нейронную модель для сегментации изображений и определения опорных точек, таких как центр массы, ключевые соединения и линии тела, что позволяет сохранять углы, площадь и отклонения в начальный момент времени.

Программное обеспечение предназначалось для создания видео-протоколов, упрощающих динамическую оценку пациентов в амбулаторной болезни и его применение выявило положительный результат: пациенты были разделены на три значимые группы, что коррелирует с распространенными скелетно-мышечными синдромами. Выделенные группы соответствуют сопутствующим патологиям челюстно-шейно-плечевого и пояснично-бедерного областей, а также сочетанию дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с заболеваниями аффективными расстройствами.

Список литературы

1. Walking analysis by video analysis under antiorthostatic hanging conditions in rats / M. Baltin, A. Fedianin, O. Sachenkov [et al.] // European journal of clinical investigation. – 2021. – Vol.51. – P.145–146.

**НЕЙРОТРОФИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕРВНОЙ
И МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ: КЛИНИЧЕСКИЕ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ**
**NEUROTROPHIC INTERACTION OF NERVOUS AND MUSCULAR
TISSUE: CLINICAL AND EXPERIMENTAL CORRELATIONS**

М.Г. Соколова¹, Е.В. Лопатина^{2,3}

M.G. Sokolova¹, E.V. Lopatina^{2,3}

¹*Россия, С-Петербург, Национальный медицинский исследовательский центр
имени В. А. Алмазова*

²*Россия, С-Петербург, Первый Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет им. акад. И.П. Павлова*

³*Россия, С-Петербург, Институт Физиологии им. И.П. Павлова РАН*

¹*Russia, St. Petersburg, Almazov National Medical Research Center*

²*Russia, St. Petersburg, First St. Petersburg State Medical University named after
Academician I.P. Pavlov*

³*Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg,
Russia*

e-mail: sokolova.m08@mail.ru

Сопоставление данных о концентрации нейротрофинов в сыворотке крови у пациентов с наследственными нервно-мышечными заболеваниями и изучение ее нейротрофических свойств в экспериментальном исследовании с использованием органотипической культуры ткани позволяют уточнить особенности нейротрофической регуляции при генетически детерминированных процессах в нервной и мышечной ткани. Было обследовано 90 больных наследственными нервно-мышечными заболеваниями (спинальные мышечные атрофии 1, 2 и 3 типа (n=30), мышечная дистрофия Дюшенна (n=60)); группа контроля – 30 здоровых человек. In vitro – эксплантаты сенсорных ганглиев 10-12 суточных куриных эмбрионов. Концентрации ФРГМ и ФРН определяли иммуноферментным методом в образцах плазмы крови. Для визуализации объектов использовали микроскоп «Axiostar Plus» и программу ImageJ. Статистический анализ осуществлялся с использованием пакета STATISTICA 8.0. Впервые зарегистрировано повышенное содержание нейротрофинов ФРН и ФРГМ в плазме крови у больных с поражением двигательного нейрона и снижение ФРГМ у больных с поражением мышечной системы. В условиях органотипического культивирования спинальных ганглиев 10–12-дневных куриных эмбрионов в присутствии плазмы крови пациентов было установлено разнонаправленное действие на рост нейритов: нейрит-ослабленное и нейрит-ингибирующее действие. Проведенное статистическое исследование выявило корреляционную связь между уровнем концентрации нейротрофинов (ФРН и ФРГМ) и влиянием плазмы крови на рост нейритов ($p < 0,001$).

Уточнены физиологические основы нейротрофического взаимодействия нервной и мышечной ткани. Установлено, что физиологически сохраняющая морфофункциональная двигательная единица способна поддерживать оптимальные уровни нейротрофинов ФРН и ФРГМ.

УДК: 612.88. 159.93

**ПОСТУРАЛЬНЫЙ БАЛАНС КАК ОТРАЖЕНИЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО
СТРЕССА И ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИТУАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ
МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН, ПЕРЕЖИВШИХ СЕКСУАЛЬНОЕ НАСИЛИЕ)
THE IMPACT OF STRESS AND EXTREME SITUATIONS ON
POSTURAL BALANCE IN YOUNG WOMEN WHO HAVE
EXPERIENCED SEXUAL VIOLENCE**

А.Н. Спицына, А.В. Дёмин

A.A. Spitsina, A.V. 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

Цель данной работы заключалась в оценке постурального баланса (ПБ) и сенсорной организации постурального контроля у молодых женщин, переживших сексуальное насилие (СН). Нами было обследовано 200 женщин в возрасте 18–29 лет (средний возраст – $21 \pm 2,6$). В первую группы были включены молодые женщины ($n = 100$), которые на момент обследования пережили СН (от 2 недель до 12 месяцев назад). Во вторую группу были включены женщины того же возраста ($n = 100$), не испытывавшие никаких экстремальных ситуаций за последние два года. Для комплексной оценки компонентов ПБ проводили Sensory Organization Test (SOT) компьютерного постурографического комплекса «Smart Equitest Balance Manager».

При сравнительном анализе SOT установлено, что у женщин, переживших СН, наблюдается ухудшение статического и статодинамического баланса, снижение адаптационных возможностей функции равновесия и автоматического постурального контроля. Сенсорный анализ SOT выявил изменение у женщин с СН сенсорной интеграции, уменьшение соматосенсорной, зрительной и вестибулярной информации в контроле над балансом. Полученные данные указывают, что перенесенный стресс и экстремальная ситуация у женщин в возрасте 18–29 лет негативно влияют на эффективность компонентов их ПБ. Такие изменения, помимо возрастания роли осознанного контроля над балансом, будут увеличивать у них чувствительность к окружающей среде и безопасности, ухудшая социальную адаптацию, а также негативно отражаться на восприятии своего тела и самооценке.

**ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ АНАЛИЗА ПОСТУРАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ
НА ЗВУКОВЫЕ СИГНАЛЫ РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ
И ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ**
**TEMPORAL ASPECTS OF THE ANALYSIS OF POSTURAL REACTIONS
TO SOUND SIGNALS OF DIFFERENT DURATION AND TIME
STRUCTURE**

О.П. Тимофеева, И.Г. Андреева

O.P. Timofeeva, I.G. Andreeva

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

*Russia, saint-Petesburg, I.M. Sechenov Institute of Evolutionary Physiology
and Biochemistry of the RAS*

E-mail: ig-andreeva@mail.ru

Результаты, полученные при регистрации изменения положения центра давления (ЦД) в ответ на короткие или изменяющиеся во времени звуковые сигналы сложно анализировать, поскольку латентный период, продолжительность и величина изменений позы значительно варьируют даже у одного и того же индивида. Вместе с тем, имеющиеся методики и алгоритмы анализа параметров ЦД разработаны для усреднения по длинному временному ряду от 30 до 180 с. Цель исследования обосновать принципиальную возможность применения коротких временных периодов анализа параметров ЦД для выявления постуральных ответов на звуковые сигналы разной временной структуры.

Стабилограммы были зарегистрированы для групп испытуемых в возрасте 18-53 лет в ответ на звуки разной длительности и временной структуры при стандартной позе Ромберга с закрытыми глазами. Уровень звуковой стимуляции в условиях свободного поля составлял 52-75 дБ УЗД. Выполнен анализ параметров позы в последовательные интервалы времени до, во время и после звуковой стимуляции с разным временным шагом. Доказана информативность анализа показателей ЦД за временные интервалы, превышающие 8 с. Показаны изменения позы в ответ на короткие сигналы, которые по длительности меньше, чем время постурального ответа. Выявлена динамика ответов на длительные и ритмические звуковые стимулы. Описаны постуральные эффекты ожидания звукового сигнала и последствие. Определен набор показателей ЦД, которые позволяют охарактеризовать достоверные изменения позы на разных временных интервалах стойки. В их числе интегральные показатели – площадь эллипса и коэффициент его сжатия, описывающий перераспределение колебаний вдоль сагиттальной и фронтальной осей.

Анализ показателей ЦД за короткие временные периоды позволяет оценить динамику позы при разнообразной звуковой стимуляции. Показана информативность базовых и интегративных показателей позы для оценки постурального ответа на звуковые стимулы разной длительности. Источник финансирования. Работа выполнена по госзаданию (тема № 075-00263-25-00).

ИЗМЕНЕНИЯ В ГОЛОВНОМ МОЗГЕ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ: МРТ-ИССЛЕДОВАНИЕ HUMAN BRAIN CHANGES AFTER LONG TERM SPACE FLIGHTS: MRI-STUDY

Е.С. Томиловская¹, И.В. Рукавишников¹, И.Н. Носикова¹,
Е.В. Печенкова², Л.А. Маковская³, А.М. Рябова¹, О.Э. Курбанова¹,
Э.А. Гайнутдинова¹, И.А. Наумов¹, Н.В. Шишкин¹, В.С. Петровичев⁴,
С. Джиллингс⁵, К. Шоенмейкерс⁵, Ф. Уайтс⁵
E.S. Tomilovskaya¹, I.V. Rukavishnikov¹, I.N. Nosikova¹,
E.V. Pechenkova², L.A. Makovskaya³, A.M. Riabova¹, O.E. Kurbanova¹,
E.A. Gainutdinova¹, I.A. Naumov¹, N.V. Shishkin¹, V.S. Petrovichev⁴,
S. Jillings⁵, C. Shoenmaekers⁵, F. Wuyts⁵

¹Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН

²Россия, Москва, Лаборатория когнитивных исследований, ВШЭ

³Россия, Москва, МНОЦ МГУ им М.В. Ломоносова

⁴Россия, Москва, ФГБУ «Лечебно-реабилитационный центр» МЗ России

⁵Бельгия, Антверпен, Университет г. Антверпен

¹Russia, Moscow, RF SSC – IBMP RAS

²Russia, Moscow, Laboratory for Cognitive Research, HSE University

³Russia, Moscow, Lomonosov Moscow State University

⁴Russia, Moscow, National Medical

Research Treatment and Rehabilitation Center,

⁵Belgium, Antwerp, University of Antwerp

E-mail: finegold@yandex.ru

Представлены результаты эксперимента «BRAIN-DTI-Трактография», направленного на изучение структурных и функциональных преобразований в головном мозге человека, происходящих в ходе длительных космических полетов. К настоящему моменту более 20 космонавтов приняли участие в эксперименте, заключающемся в проведении МРТ-исследования до начала длительного космического полета, на 7-9-е сутки, а также через 6 месяцев после его завершения. МРТ-исследование проводили с помощью 3Т томографа (GE) по специально разработанному протоколу. В программу входило как анатомическое сканирование, так и функциональная проба, в которой 20 с механической стимуляции опорных зон стоп чередовали с 20 с покоя. Механическую стимуляцию опорных зон стоп в режиме естественных локомоций (75 шаг/мин) осуществляли с помощью аппарата «КОРВИТ» (ООО «ВИТ», г. Санкт-Петербург). Давление на пяточные и предплюсневые зоны стоп составляло 40 кПа. Результаты исследования выявили у участников космического полета ряд структурных преобразований в головном мозге, связанных с перераспределением жидкости в краниальном направлении, а также изменения коннективности зон интереса, связанных с процессами сенсорной интеграции и моторного контроля. Следующей задачей эксперимента является проверка, связаны ли выявленные изменения функциональной коннективности с изменениями сенсомоторных

функций после космического полета. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ - ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

УДК 612.886

**ВЛИЯНИЕ ЗРИТЕЛЬНЫХ ИЛЛЮЗИЙ ДВИЖЕНИЯ
НА РЕГУЛЯЦИЮ ПОСТУРАЛЬНОГО БАЛАНСА ЧЕЛОВЕКА
THE INFLUENCE OF VISUAL ILLUSIONS OF MOVEMENT
ON THE REGULATION OF HUMAN POSTURAL BALANCE**

Н.В. Холмогорова

N.V. Kholmogorova

Россия, Москва, Московский педагогический государственный университет

Russia, Moscow, Moscow State Pedagogical University

E-mail: natalya_holmogor@mail.ru

В работе приняло участие 20 человек, в возрасте 18–23 лет с нормальным зрением, давших информированное согласие на участие в обследовании. Были рассмотрены воздействия на стабилизацию вертикальной позы человека 3-х оптических иллюзий движения, отличающихся участием глазодвижительных реакций в их осуществлении. В качестве стимульного материала использовали видеоклип, создающий иллюзию вращения силуэта человека (скорость 40 обор. /мин.), иллюзию поступательных движений («Train Moves Both Ways») и фрактальную иллюзию движения («Пульсирующий рисунок»). Смещение центра давления (ЦД) человека регистрировали с помощью компьютерного стабиллоанализатора с биологической обратной связью "Стабилан-01-2" за 30 сек до предъявления изображения, вызывающего оптическую иллюзию движения, во время и 30 сек после выключения изображения. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программного пакета StabMed 2, программного пакета Microsoft Office Excel и ППП «Statistica 7.0». Анализ результатов стабилметрического исследования показал, что иллюзии движения у 85% обследованных стабилизировали вертикальную позу: у 17 из 20 человек, наблюдалось достоверное ($p \leq 0,01$) увеличение коэффициента функции равновесия (КФР), уменьшение средней скорости перемещения ЦД, рабочей области опоры и среднего разброса амплитуды колебаний ЦД по сравнению с теми же параметрами смещения ЦД, зарегистрированными в условиях спокойного стояния до предъявления стимульного материала. Показатели смещения ЦД по завершению иллюзорных воздействий у большинства обследованных были достоверно меньше ($p \leq 0,01$), чем в начале эксперимента. Можно предположить, что наблюдаемые эффекты являются следствием активации механизмов, направленных на предупреждение дестабилизации позы.

**СРАВНЕНИЕ МЕТОДИКИ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ
СПИННОГО МОЗГА И Н-РЕФЛЕКСА
В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА 5-СУТОЧНОЙ ЖЕНСКОЙ
«СУХОЙ» ИММЕРСИИ
COMPARISON OF THE METHODOLOGY
OF TRANSCUTANEOUS ELECTROSTIMULATION
OF THE SPINAL CORD AND H-REFLEX IN THE CONDITIONS OF
THE EXPERIMENT OF 5-DAY FEMALE DRY IMMERSION**

А.Д. Урбанская, Н.М.А. Абу Шели, В.В. Китов, Е.С. Томиловская,
Т.А. Шигуева

A.D. Urbanskaya, N.M.A. Abu Sheli, V.V. Kitov, E.S. Tomilovskaya,
T.A. Shigueva

*Россия, Москва, ГНЦ РФ Институт медико-биологических проблем РАН
Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems of the RAS*

E-mail: t.shigueva@gmail.com

Мультисегментарные спинально вызванные двигательные потенциалы, зарегистрированные в мышцах ног, родственные моносинаптическому Н-рефлексу, предоставляют данные с высоким разрешением о функции и возбудимости нескольких двигательных пулов. Целью данного исследования было изучение спинальной адаптации в условиях опорной разгрузки, с особым акцентом на изменениях рефлекторной активности в мультисегментарных спинальных сетях и сравнение этих данных с показателями Н-рефлекса.

Для воспроизведения безопорности использовали наземную модель микрогравитации – «сухую» иммерсию (СИ). В эксперименте приняло участие 18 женщин, которым проводили методики на различных этапах 5-суточного воздействия СИ. Чрескожную электростимуляцию спинного мозга (ЧЭССМ) применяли к межпозвоночному пространству T11-T12 с использованием поверхностных адгезивных электродов. Ответы регистрировали с двух сторон от латеральной широкой мышцы бедра (VL), полусухожильной (МН), передней большеберцовой (ТА) и камбаловидной мышцы (SOL). Н-ответ SOL вызывали электрической стимуляцией большеберцового нерва. Стимулирующий электрод располагали в подколенной ямке, индифферентный – на поверхности надколенника. Анализировали величины порога вызванных ответов, кривые вовлечения двигательных потенциалов, а также максимальную амплитуду до, в ходе и после СИ. Снижение порогов ответов наблюдалось как в сгибателях, так и в разгибателях к 3-м суткам СИ. Максимальные амплитуды ответов при ЧЭССМ снизились в мышцах VL и SOL. Характеристики вызванных ответов SOL совпадали с результатами исследования Н-рефлекса, установлены статистически значимые корреляционные связи максимальной амплитуды Н-рефлекса и ответов, вызванных методом ЧЭССМ. Таким образом, показана взаимосвязь данных методик в условиях опорной разгрузки. Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ - ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

**СЕНСОРНО-КОГНИТИВНЫЙ СТИЛЬ ВЛИЯЕТ
НА БИОМЕХАНИКУ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ
COGNITIVE STYLE INFLUENCES THE BIOMECHANICS
OF VERTICAL STANCE**

Н.Д. Шаманцева¹, И.А. Сакур¹, Т.А. Клишковская², В.А. Ляховецкий¹,
Т.Р. Мошонкина¹

N.D. Shamantseva¹, I.A. Sakun¹, T.A. Klishkovskaya², V.A. Lyakhovetsky¹, T.R.
Moshonkina¹

¹*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова
РАН* ²*Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»*

¹*Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian
Academy of Sciences,*

²*St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"*
E-mail: shandibinan@infran.ru

Сенсорно-когнитивный стиль определяет поструральную стратегию человека. Голеностопная стратегия создает крутящий момент в голеностопном суставе для поддержания баланса, тазобедренная использует крутящий момент в тазобедренном суставе для противодействия дестабилизирующим силам. В условиях спокойной стойки с закрытыми глазами полезависимые (ПЗ) люди демонстрируют менее стабильную позу по сравнению с полнезависимыми (ПН), используя движения в сегментах плечи-таз *en bloc*, тогда как ПН применяют сегментарную стабилизацию. Целью данной работы было определить поструральную стратегию ПЗ и ПН испытуемых.

В исследовании участвовало 20 испытуемых (11ПЗ, 9ПН, 24 ± 4 года). Регистрировали активность m. tibialis anterior (TA), m. soleus (SOL), m. gastrocnemius (GA), m. vastus lateralis (VL), m. biceps femoris (BF), m. rectus femoris (RF) и движения в суставах во время стойки на стабилметрической платформе с закрытыми глазами. Антропометрические показатели не отличались в двух группах ($p > 0,05$). Группы ПЗ и ПН отличались по площади эллипса 590 [475; 793] и 412 [340; 442] мм², а также по разбросу вдоль сагиттальной оси 5,4 [2,4; 7,9] и 4,0 [3,3; 4,46] мм, соответственно. В группе ПЗ выявлена достоверная положительная корреляция ($r > 0,5$) между активностью RF и площадью эллипса, RF и разбросом вдоль фронтальной оси, RF и длиной траектории центра давления (ЦД) по обеим осям, а также активностью BF и длиной траектории ЦД вдоль сагиттальной оси. В группе ПН выявлена достоверная положительная корреляция ($r \geq 0,5$) между активностью VL и площадью эллипса, VL и разбросом вдоль фронтальной оси, GA и SOL с длиной траектории ЦД вдоль фронтальной оси. Также в группе ПН обнаружили отрицательную корреляцию ($r = -0,7$) между коактивацией мышц голени и длиной траектории ЦД по обеим осям. Результаты указывают на преобладание тазобедренной стратегии у ПЗ и большой вклад голеностопной стратегии в поддержании спокойной стойки у ПН.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ АКТИВНОГО ВЫВОДА ДЛЯ АНАЛИЗА
ПОЗНОГО РАВНОВЕСИЯ**

**APPLICATION OF ACTIVE INFERENCE THEORY TO
POSTURAL BALANCE ANALYSIS**

М.П.Шестаков¹, А.Ю. Корчагин²

M.P.Shestakov¹, A.Yu. Korchagin²

¹*Россия, Москва, Федеральный научный центр физической культуры и спорта*

²*Россия, Москва, Московский государственный университет, Кафедра математической статистики*

¹*Russia, Moscow, Federal Science Center of Physical Education and Sport*

²*Russia, Moscow, Moscow State University, Department of Mathematical Statistics*

E-mail: sasha.korchagin@gmail.com, mshtv@mail.ru

Вертикальное положение человека подразумевает интеграцию множественных сенсорных входов, относящихся к зрительной, тактильной и соматосенсорной системы. Однако то, как модуляция сенсорной информации способствует постуральной стабилизации, все еще остается открытым вопросом для исследователей. Традиционно для характеристики постурального колебания равновесия стоя использовались описательные параметры [1]. Однако эти меры обеспечивают только статистическое описание системы, но не саму динамику [2]. Недавно была предложена объединяющая теория активного вывода, основанная на принципе свободной энергии, для объяснения действия, восприятия и обучения сенсомоторных систем [3]. Цель данного исследования: исследовать систему управления человека в рамках теории активного вывода.

На основе экспериментальных данных 435 детей 5-10 лет, обследованных с помощью стабилметрического комплекса «Стабилан-01» и использования теории активного вывода, получены результаты, говорящие об изменении внутренних генеративных моделей управления позным равновесием по мере взросления детей. Эти изменения, предположительно, связаны с формированием у них схемы тела. Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24-00 (код темы № 001-24/1), утвержденного Минспортом России 26 декабря 2023 года.

Список литературы

1. Measures of postural steadiness: Differences between healthy young and elderly adults / T. Prieto, J. Myklebust, R. Hoffmann [et al.] // IEEE Trans Biomed Eng. – 1996. – V.43. – P. 956–966.
2. Hur, P. Invariant density analysis: Modeling and analysis of the postural control system using markov chains / P. Hur, K. Shorter, P. Mehta, E. Hsiao-Wecksler // IEEE Trans Biomed Eng. – 2012. – V.59. – P.1094–1100.
3. Friston, K. The free-energy principle: a unified brain theory? / K. Friston, // Nat. Rev Neurosci. – 2010. – V.11. – P.127–138.

**ОСТРАЯ И ХРОНИЧЕСКАЯ ФАЗА АДАПТАЦИИ
К БЕЗОПОРНОСТИ В СИСТЕМЕ СПИНАЛЬНЫХ РЕФЛЕКСОВ
ACUTE AND CHRONIC PHASE OF ADAPTATION
TO SUPPORTLESSNESS IN THE SYSTEM OF SPINAL REFLEXES**

Т.А. Шигуева, Н.М.А. Абу Шели, А.Д. Бычкова, В.В. Китов,
Е.С. Томиловская

T.A. Shigueva, N.M.A. Abu Sheli, A.D. Bychkova, V.V. Kitov,
E.S. Tomilovskaya

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

E-mail: t.shigueva@gmail.com

Целью работы является проведение исследований эффектов короткой (от нескольких часов до нескольких суток) и длительной (14 суток) опорной депривации в системе спинальных рефлексов.

В качестве показателей, отражающих состояние мотонейронных совокупностей спинного мозга, в ходе 14-суточной «сухой» иммерсии (СИ) исследовали пороги и максимальные амплитуды кривых вовлечения Н-рефлекса камбаловидной (КМ) и латеральной икроножной (ЛИМ) мышц голени до, во время и после завершения воздействия. Н-ответ вызывали электрической стимуляцией большеберцового нерва.

Исследования характеристик Н-рефлекса выявили снижение порогов рефлекторного ответа КМ уже через 5 ч после начала СИ (с 6,1 до 4,1 мА); максимальное снижение (до 3,5 мА) наблюдалось на 3-и сутки СИ. Аналогичные изменения порога Н-рефлекса наблюдались в ЛИМ голени, однако максимальное снижение наблюдалось несколько позже, на 5-е сутки СИ (3,8 мА против 5,9 мА в фоновых исследованиях), что может быть обусловлено морфофункциональными свойствами мышц. С первых часов СИ в обеих мышцах наблюдалось повышение абсолютной амплитуды Н-рефлекса, достигающее максимума к 5-м суткам СИ (от 7,2 до 10,6 мВ в КМ и от 7,1 до 12,2 мВ – в ЛИМ). Указанные изменения порога и максимальной амплитуды рефлекторных ответов сохранялись в ходе второй недели иммерсионного воздействия. Через двое суток после завершения СИ наблюдалось возвращение к исходным значениям.

Уникальный эксперимент с моделью – «сухая» иммерсия позволил зарегистрировать наличие острых эффектов безопорности, возникающих, как правило, после в первые часы опорной разгрузки. По-видимому, начиная с 5-х суток экспозиции наблюдается начало хронической фазы адаптации, предотвращающей дальнейшее развитие гипогравитационной гиперрефлексии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

**ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ
THE EFFECT OF SUPPORT UNLOADING OF VARIOUS DURATION ON
POSTURAL STABILITY**

Н. В. Шишкин, В. В. Китов, Н. М. А. Абу-Шели, Е. С. Томиловская

N. V. Shishkin, V. V. Kitov, N. M. A. Abu-Sheli, E. S. Tomilovskaya

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

Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail: chachaturan@yandex.ru

После космического полёта и моделей его воздействия изменяются характеристики вертикальной устойчивости. Цель исследования – сравнение изменений стабилметрических характеристик после 14-суточной «сухой» иммерсии (СИ, участвовали 4 чел.) и сравнение её эффектов с эффектами СИ продолжительностью 3 (6 чел.), 5 (10 чел. мужской, 15 чел. в женской), 7 (14 чел.), 21 (10 чел.) сутки, а также с эффектами 21-суточной (11 чел.) антиортостатической гипокинезии (АНОГ).

В разных условиях (открытые или закрытые глаза, твёрдая или мягкая опора, колебания головы) с помощью метода стабилметрии оценивали скорость перемещения центра давления (ЦД) и средний разброс колебаний ЦД.

После 14-суточной СИ обнаружено увеличение скорости и разброса колебаний ЦД при открытых глазах и снижение этих показателей в более сложных тестах с качаниями головой и на твёрдой, и на мягкой опоре.

Вертикальная стойка значимо не ухудшалась ни в одном тесте после 3-суточной СИ и 21-суточной АНОГ. Значимые различия в степени изменений были зарегистрированы между группами 5-суточной и 21-суточной СИ. После 5-суточной и 7-суточной СИ значимо увеличивался (на 32% и 18%, соответственно) разброс колебаний ЦД при закрытых глазах на мягкой опоре, что говорит об изменении в интеграции вестибулярного входа в постуральную устойчивость. Однако при более продолжительном воздействии значимого увеличения разброса колебаний в этом тесте не наблюдалось. В то же время скорость колебаний даже при открытых глазах на твёрдой опоре растёт значимо после 21-суток СИ (на 39%); после 14-суточного воздействия также наблюдается рост (на 28%), что может говорить об изменении в интеграции проприоцептивного входа в постуральный контроль. Мы предполагаем, что при длительной опорной разгрузке её эффект смещается от воздействия на вестибулярное звено постуральной системы к проприоцептивному звену.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

Секция 2. Клеточные и молекулярные механизмы в двигательной системе

УДК 612.816

РОЛЬ БЕТА-АРРЕСТИНА 2 В ДЕЙСТВИИ ЭНДОКАННАБИНОИДОВ НА СПОНТАННУЮ СЕКРЕЦИЮ АЦЕТИЛХОЛИНА В РАЗНЫХ ТИПАХ МЫШЦ МЫШИ

ROLE OF BETA-ARRESTIN 2 IN ENDOCANNABINOID-MEDIATED EFFECTS ON SPONTANEOUS ACETYLCHOLINE SECRETION IN DIFFERENT TYPES OF MUSCLES IN MICE

Г.Ф. Аббарова, П.О. Богачева, Е.О. Тарасова, О.П. Бalezina

G.F. Abrarova, P.O. Bogacheva, E.O. Tarasova, O.P. Balezina

Россия, Москва, Московский государственный университет

имени М.В. Ломоносова

Russia, Moscow, Moscow Lomonosov State University

Оказалось, что бета-аррестины способны запускать собственные сигнальные каскады при взаимодействии с G-белок-сопряженными рецепторами, в частности с каннабиноидными рецепторами CB1-типа [1]. В моторных синапсах мышцы обнаружено неканоническое потенцирующее действие эндоканнабиноидов 2-арахидоноилглицерина (2-АГ) и арахидонилэтаноламина (АЭА) на секрецию ацетилхолина (АХ) [2], но оставалось неизвестным, участвуют ли в нём молекулярные каскады, запускаемые бета-аррестином 2. В работе изучали спонтанную секрецию АХ на фоне аппликации АЭА или 2-АГ в синапсах диафрагмы и m. EDL линии мышей, нокаутных по гену бета-аррестина 2 (линия *-/-*βarr); для этого регистрировали миниатюрные потенциалы концевой пластинки (МПКП) с использованием стандартной микроэлектродной техники.

Аппликация 30 мкМ АЭА приводит к увеличению амплитуды, но не частоты МПКП в синапсах диафрагмы мышей линии *-/-*βarr. Это не согласуется с действием АЭА в синапсах мышей дикого типа, где при неизменной амплитуде МПКП наблюдается рост их частоты. В синапсах m. EDL мышей дикого типа АЭА (30 мкМ) в течение одночасовой аппликации не влиял на параметры спонтанной секреции, что наблюдалось также и у мышей линии *-/-*βarr. Нокаут по бета-аррестину 2 не повлиял на эффекты 2-АГ в моторных синапсах диафрагмы мышцы: как и у мышей дикого типа происходил прирост амплитуды МПКП на второй час аппликации вещества. В синапсах m. EDL мышей дикого типа на фоне 2-АГ также происходил прирост амплитуды МПКП, но у мышей *-/-*βarr линии действие 2-АГ в синапсах m. EDL не проявлялось. Проект поддержан грантом РНФ № 23-25-00065.

Список литературы

1. Balezina, O.P. Myogenic classical endocannabinoids, their targets and activity / O.P. Balezina, E.O. Tarasova, P.O. Bogacheva // *Biochemistry (Moscow)*. — 2024. – V. 89, No 10. – P. 1759–1778.

2. Tarasova, E.O. Spontaneous acetylcholine release potentiation induced by 2-arachidonoylglycerol and anandamide in mouse motor synapses / E.O. Tarasova, N. A. Khotkina, A. E. Gaydukov, O. P. Balezina // *Moscow University Biological Sciences Bulletin*. – 2021. – V. 76, No. 1. – P. 1–6.

**УЧАСТИЕ ЭНДОКАННАБИНОИДОВ В ЛОКОМОТОРНОМ КОНТРОЛЕ
НА УРОВНЕ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ СИНАПСОВ
PARTICIPANCE OF ENDOCANNABINOIDS IN LOCOMOTOR
CONTROL AT THE LEVEL OF PERIPHERAL MOTOR SYNA**

О.П. Балезина, Е.О. Тарасова, П.О. Богачева

O.P. Balezina, E.O. Tarasova, P.O. Bogacheva

*Россия, Москва, Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова*

Russia, Moscow, Moscow M.V. Lomonossov State Unuversity

E-mail: balezina@mail.ru

Эндоканнабиноиды (ЭК) – семейство липофильных сигнальных молекул, вырабатываемых нервной и рядом других тканей, включая скелетную мускулатуру. Наряду с общеизвестной способностью ЭК регулировать психические процессы в ЦНС, большой интерес вызывает малоизученный вопрос о специфике действия ЭК на двигательную систему. Проводилась регистрация потенциалов концевой пластинки (ПКП) у нервно-мышечных синапсов изолированных скелетных мышц (диафрагмы и мышцы голени) в покое или при их интенсивной активности, включающей сокращение мышц в ответ на стимуляцию двигательного нерва. Впервые показали, что экзогенные и эндогенные ЭК – анандамид (АНА) и 2-арахидонилглицерин (2-АГ) – осуществляют необычные избирательные воздействия на синаптическую передачу, активируя пресинаптические эндоканнабиноидные рецепторы CB1 типа. 2-АГ стимулирует рост размеров квантов АХ и амплитуду спонтанных миниатюрных ПКП (МПКП) и вызванных ПКП, не влияя на квантовый состав ПКП, а АНА увеличивает частоту МПКП и квантовый ПКП. Обнаружена возможность аналогичным специфическим образом стимулировать размер квантов АХ и усиливать передачу при действии 2-АГ в новообразуемых моторных синапсах мышц голени, восстанавливающихся после травм двигательного нерва. Найден режим сократительной активности мышц, сопровождающийся высвобождением эндогенных ЭК, действующих на синапсы аналогично экзогенным. Впервые показано, что потенцирующее действие ЭК на нервно-мышечную передачу можно эффективно воспроизводить как действием собственно ЭК, так и путем избирательного ингибирования ферментов, расщепляющих эндогенные ЭК в мышцах. Впервые показано, что и экзогенные ЭК, и высвобождаемые из мускулатуры эндогенные ЭК могут выступать в качестве агентов, поддерживающих и усиливающих двигательную активность в мускулатуре на уровне нервно-мышечной передачи - в норме и в период восстановления периферической двигательной иннервации мышц. Исследование выполнено в рамках научного проекта Государственного задания Правительства Российской Федерации Московскому государственному университету имени М.В. Ломоносова № 121032300071-8. The research was supported by the Scientific Project of the State Order of the Government of Russian Federation to Lomonosov Moscow State University No. 121032300071-8.

МУТАЦИИ В ГЕНАХ *TTN* И *MYBPC3* У ПАЦИЕНТОВ С СЕРДЕЧНЫМИ ПАТОЛОГИЯМИ

MUTATIONS IN THE *TTN* AND *MYBPC3* GENES IN PATIENTS WITH CARDIAC PATHOLOGIES

А. Г. Бобылёв¹, Т. А. Урюпина², О. В. Галзитская^{2,3}, А. В. Глякина³,
А. А. Костарева⁴, И. М. Вихлянец²
A.G. Bobylev^{1,2}, T.A. Uryupina², O.V. Galzitskaya^{2,3}, A.V. Glyakina³,
A.A. Kostareva⁴, I.M. Vikhlyantsev²

¹Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический университет
"Сириус"

²Россия, Пушкино, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН,

³Россия, Пушкино, Институт белка РАН

⁴Россия, Санкт-Петербург, Институт молекулярной биологии и генетики Центра
Алмазова

¹ Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology,

² Russia, Pushchino, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy
of Sciences

³ Russia, Pushchino, Institute of Protein Research, Russian Academy of Sciences

⁴ Russia, Saint-Petersburg, Almazov National Medical Research Centre, Institute of Molecular
Biology and Genetics

Титин и миозин-связывающий белок С относятся к мультидоменным белкам, формирующим саркомерный цитоскелет в поперечнополосатых мышцах позвоночных. Показано, что многие вызывающие заболевания мутации в гене титина (*TTN*) преимущественно имеют расположение в области А-зоны саркомера. Известны мутации в гене *MYBPC3*, кодирующем сердечный миозин-связывающий белок С, что связывают с развитием различных типов кардиомиопатий. Несомненно, что анализ мутаций генов исследуемых белков важен как для лучшего понимания функционирования мышц, так и для поиска подходов коррекции мышечных заболеваний. Мы провели анализ мутаций в генах *TTN* и *MYBPC3*, которые приводят к развитию разных форм миопатий. В частности, было проанализировано 52 мутации гена *TTN*, локализованных в А-зоне и М-линии саркомера. Большая их часть является миссенс-мутациями. Однако присутствуют также мутации, приводящие к образованию стоп-кодона, в результате которых образуется укороченная форма белка (*TTNtr*). При анализе мутаций в гене *MYBPC3* впервые обнаружен вариант G2557T у 70% исследованных пациентов с диагнозом рестриктивная кардиомиопатия. При этом у 14 из 19 исследованных пациентов с этой мутацией были также обнаружены разные миссенс-варианты и в гене *TTN*.

По данным биоинформатического анализа обнаруженная мутация в гене *MYBPC3* может приводить к изменениям во вторичной структуре миозин-связывающего белка С. Расчет амилоидогенных участков, проведенный с помощью 4 алгоритмов (FoldAmyloid, PASTA, AGGRESCAN, Waltz), не выявил, однако, значимых изменений. Таким образом, можно предположить, что обнаруженный вариант в гене *MYBPC3* может приводить к изменениям структуры миозин-связывающего белка С, но не увеличивать его склонность к агрегации. Таким образом, проведенный анализ показал перспективность используемого подхода обработки данных для исследования мутаций пациентов с кардиомиопатиями.

**РОЛЬ ЦЕРАМИДА В ПЕРЕСТРОЙКЕ МИОЗИНОВОГО ФЕНОТИПА
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ
РАЗГРУЗКИ**

**THE ROLE OF CERAMIDE IN THE RESTRUCTURING OF THE
MYOSIN PHENOTYPE OF SKELETAL MUSCLES UNDER
CONDITIONS OF GRAVITATIONAL UNLOADING**

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

I. G. Bryndina, V. A. Protopopov, A. V. Sekunov

Россия, Ижевск, Ижевская государственная медицинская академия

Russia, Izhevsk, Izhevsk state medical academy

E-mail: i_bryndina@mail.ru

Нами ранее показано, что гравитационная разгрузка *m. soleus* крыс, вызванная вывешиванием (*hindlimb suspension*, HS), приводит к накоплению церамида (Cer) в мышце как в ранние (6-12 часов), так и в более длительные (4-14 дней) периоды бездействия [1]. В мышцах Cer может влиять на ряд сигнальных процессов, связанных с регуляцией экспрессии тяжелых цепей миозина (МУН). Известными внутриклеточными мишенями, которые Cer активирует прямо или косвенно, являются атипичная протеинкиназа C ζ (PKC ζ), протеинфосфатаза 2A (PP2A), киназа гликогенсинтазы 3 (GSK-3), фактор миогенной дифференцировки MyoD и другие. В работе представлены данные о влиянии кислой сфингомиелиназы (ASM) и Cer на сигнальные механизмы, которые в условиях функциональной разгрузки способствуют перестройке фенотипа «медленной» постуральной скелетной мышцы (*m. soleus*) в сторону усиления экспрессии быстрых миозинов. Нами установлено, что ингибиторы ASM ослабляют влияние мышечной разгрузки на фенотип *m. soleus*, уменьшая вызванное HS усиление экспрессии быстрых миозинов. При 7-дневном HS ингибитор ASM амитриптилин ограничивает повышение в *m. soleus* инактивированного фосфорилированием по Ser326 NFAT1 - p-NFAT1, а также предотвращает уменьшение неактивных фосфорилированных форм p-MyoD (Thr115) и p-GSK-3 β (Ser9) [2, 3]. Работа поддержана грантом РНФ (проект № 23-25-00420).

Список литературы

1. Sphingolipid signaling in disused skeletal muscle / I. Bryndina, M. Shalagina, A. Petrov[et al.] // Pathophysiology (Abstracts of the 8th Intern. Congress of Pathophysiology). – 2018. – V.25, No3. – P. 225–226.
2. Мышечная пластичность в условиях функциональной разгрузки: эффекты ингибитора кислой сфингомиелиназы кломипрамина / А.В. Секунов, В.А. Протопопов, В.В. Скурыгин [и др.] // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2021. – Т.107, №6–7. – С. 911–924.
3. Bryndina, I.G. Role of ceramide in remodeling of skeletal muscle myosin phenotype during disuse: possible mechanisms / I.G. Bryndina // J. Evol. Biochem. Physiol. – 2024. – V.60, No6. – P. 2255–2270.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ РЕЦЕПТОРОВ СЛЕДОВЫХ АМИНОВ
5- ГО ТИПА (TAAR5) В ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОМОТОРНЫХ
ФУНКЦИЙ ПОСЛЕ СПИНАЛЬНОЙ ТРАВМЫ
TRACE AMINE RECEPTOR TYPE 5 (TAAR5) IN RECOVERY OF
SENSORYMOTOR FUNCTIONS AFTER SPINAL CORD INJURY**

А.Д. Буглинина¹, Д.С. Калинина^{1,2,3}, С.И. Милов¹, П.Ю. Шкорбатова⁴,
Н.В. Павлова⁴, П.Е. Мусиенко^{1,2,4}
A.D. Buglinina¹, D. S. Kalinina^{1,2,3}, S. I. Milov¹, P.Yu. Shkorbatova⁴,
N.V. Pavlova⁴, P. E. Musienko^{1,2,4}

¹*Россия, Федеральная территория Сириус, Научно-технологический университет «Сириус», Направление Нейробиология*

²*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт трансляционной биомедицины*

³*Россия, Санкт-Петербург, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. Сеченова, РАН*

⁴*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. Павлова, РАН, Санкт-Петербург, Россия*

¹*Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology, Department of Neuroscience*

²*Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University, Institute of Translational Biomedicine*

³*Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences*

⁴*Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences*

E-mail: pol-spb@mail.ru

Травма спинного мозга (ТСМ) является тяжелым патологическим состоянием, связанным с нарушением сенсомоторных функций каудальнее места повреждения. На сегодняшний день ТСМ остается заболеванием, требующим поиска новых подходов и мишеней для минимизации последствий, снижающих качество жизни. Согласно опубликованным литературным данным, рецепторы следовых аминов 5-го типа (TAAR5), экспрессия которых обнаружена в гиппокампе, базальных ганглиях и ряде других структур ЦНС, принимают участие в регуляции двигательных функций и могут быть вовлечены во взрослый нейрогенез [1]. Таким образом, целью данного исследования было изучение влияния TAAR5 на восстановление сенсомоторных функций после ТСМ.

В качестве модельного объекта были использованы самцы мышей с нокаутом гена, кодирующего TAAR5 (TAAR5-KO, n=11), а также мыши дикого типа (TAAR5-WT, n=11) в возрасте 8-10 месяцев. ТСМ моделировали с помощью метода латеральной левосторонней гемисекции между 7-м и 8-м позвонками (изофлуран 1,5%). Сенсомоторные функции и скорость

восстановления оценивали с помощью тестов горизонтальная регулярная лесенка и модифицированной шкалы BBB при ходьбе по ровной поверхности (Toiyama Mouse Score, TMS) до травмы и с 1 по 4 неделю после TCM. В тесте лесенка оценивалось общее количество ошибок, совершенное каждой лапой, а также средняя скорость прохождения. Восстановление сенсомоторной функции после TCM, включая функционирование конечностей, поддержку тела и координацию, оценивались во время ходьбы по ровной поверхности по шкале TMS от 0 до 30 баллов. Полученные данные были проанализированы с помощью программного обеспечения RealTimer и GraphPad Prism 9.

Тест горизонтальная лесенка не показал разницы в количестве ошибок, совершаемых левой и правой задними лапами между разными группами, однако выявил достоверное увеличение средней скорости у нокаутной группы на 7-ой день (Mann-Whitney test, $p = 0,0343$). TMS показал улучшение динамики восстановления в группе TAAR5-KO (Two-way ANOVA, $p = 0,0131$). Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что TAAR5 оказывает влияние на восстановление двигательных функций, однако при сложном моторном поведении оказывает небольшой и кратковременный эффект в организации координации движений и поддержке баланса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-20036, <https://rscf.ru/project/24-15-20036/>.

Список литературы

1. Increased dopamine transmission and adult neurogenesis in trace amine-associated receptor 5 (TAAR5) knockout mice / E.V. Efimova, A.A. Kozlova, V. Razenkova [et al.] // *Neuropharmacology*. – 2021. – Т.182. – С.108373. – DOI: 10.1016/j.neuropharm.2020.108373.

**УСИЛЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВКА МИОБЛАСТОВ,
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ M. SOLEUS КРЫСЫ ПОСЛЕ 7-СУТОЧНОГО
ВЫВЕШИВАНИЯ, СОПРОВОЖДАЕТСЯ СНИЖЕНИЕМ
АКТИВНОСТИ АМРК
ENHANCED DIFFERENTIATION OF MYOBLASTS ISOLATED FROM
FROM M. SOLEUS OF THE RAT AFTER 7-DAY HANGING IS
ACCOMPANIED BY A DECREASE IN THE ACTIVITY OF AMRK**

Вильчинская Н.А., Мирзоев Т.М., Шенкман Б.С.

Vilchinskaya N.A., Mirzoev T.M., Shenkman B.S.

Россия, Москва, ГНЦ РФ-ИМБП РАН.

Russia, Moscow, IBMP, RAS

E-mail: vilchinskayanatalia@gmail.com

Хорошо известно, что при различных видах мышечного бездействия наблюдается развитие атрофических процессов в мышцах, при этом снижается общее число сателлитных клеток, осуществляющих регенерацию. Основная цель оценить роль АМРК в регуляции дифференцировки миобластов камбаловидной мышцы при действии моделируемой гравитационной разгрузки. Для проверки этой гипотезы применили специфический активатор АМРК – AICAR для предотвращения снижения фосфорилирования АМРК при дифференцировке миобластов *in vitro*, выделенных из камбаловидных мышц крыс подвергшихся 7-суточному воздействию функциональной разгрузки. С помощью метода ПЦР в реальном времени оценивали уровень экспрессии МРФ, факторов слияния миобластов и экспрессию различных изоформ ТЦМ. При помощи методов иммуноцитохимии определяли индекс дифференцировки миотуб. Уровень активности АМРК измерялся вестерн блоттингом. В дифференцирующихся миобластах, полученных из *m.Soleus* после 7 суток вывешивания, наблюдается снижение содержания фосфо-АМРК, фосфо-ACC и фосфо- pS6 по сравнению с контрольными миобластами, при инкубации таких миобластов с AICAR содержание этих белков не отличается от уровня контрольной группы. Применение AICAR при дифференцировке миобластов камбаловидной мышцы после действия функциональной разгрузки предотвращает усиление экспрессии мРНК *MyoD*, *Myogenin*, *Mymx* и быстрых изоформ ТЦМ $\text{I}\beta$ и IIdx , способствует поддержанию экспрессии мРНК медленных изоформ ТЦМ I и IIa . В дифференцирующихся миобластах полученных из *m.Soleus* после 7 суток вывешивания наблюдается увеличенный индекс дифференцировки миотуб, при действии AICAR на такие миобласты уровень дифференцировки миотуб возвращается к значениям контрольной группы. Таким образом, аномально ускоренная дифференцировка миобластов, выделенных из атрофированной камбаловидной мышцы крысы компенсируется поддержанием контрольного уровня активности АМРК с помощью AICAR. При этом нормализуется повышенная экспрессия МРФ, факторов слияния миобластов, а также ряда изоформ тяжёлых цепей миозина. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 20-75-10080.

**СОЗРЕВАНИЕ BDNF И СИНАПТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРОДУКТОВ
ЭТОГО СОЗРЕВАНИЯ В МОТОРНЫХ СИНАПСАХ МЫШИ**
**BDNF MATURATION AND SYNAPTIC EFFECTS OF THE PRODUCTS
OF THIS MATURATION IN MOUSE MOTOR SYNAPSES**

А.Е. Гайдуков, А.И. Молчанова, Е.И. Шепелёв

A.E. Gaydukov, A.I. Molchanova, E.I. Shepelyov

Россия, Москва, МГУ им. М.В.Ломоносова

Russia, Moscow, Lomonosov Moscow State University

E-mail: gaydukov@gmail.com

Синтез зрелого нейротрофина мозга (BDNF) с образованием продомена за счет протеолиза проBDNF может происходить внутри- или внеклеточно. При трактовке синаптических воздействий эндогенного BDNF необходим учет возможного действия продомена. Регистрировали в зрелых диафрагмальных моторных синапсах мышей спонтанные (миниатюрные) и вызванные стимуляцией моторных аксонов многоквантовые потенциалы концевой пластинки - МПКП и ПКП, соответственно.

Зрелый BDNF TrkB-опосредованно потенцирует нервно-мышечную передачу преимущественно за счет увеличения размера квантов ацетилхолина (АХ), а продомен BDNF (1 нМ), напротив, тормозит квантовую секрецию АХ – быстро снижает амплитуду постсинаптических потенциалов, частоту МПКП и квантовый состав ПКП. ПроBDNF (1 нМ) не влияет на спонтанную и вызванную секрецию АХ. Продомен BDNF активирует рецепторный комплекс р75/сортилин и запускает сигнальный путь с участием Rho-киназы и фосфатазы PTEN, направленного на стимулирование G-белок-управляемых K^+ -каналов входящего выпрямления (GIRK) и Ca^{2+} -активируемых K^+ -каналов малой проводимости (SK). Вовлечение GIRK требует эндогенной активности паннексинов 1 и аденозиновых A_1 -рецепторов. SK компенсируют повышение уровня пресинаптического Ca^{2+} при активации рианодиновых рецепторов (РиР) при действии продомена BDNF. PTEN является ключевым ферментом, обеспечивающим бифуркацию сигнального пути, направленного на активацию GIRK и SK. Ингибируя р75, выявили, что при выбросе эндогенного BDNF при стимуляции рецепторов, активируемых протеазами (PAR1), в синаптической щели появляется не только зрелый BDNF, но и его продомен. Путем сопоставления ингибирования присутствующей в синаптической щели MMP-3 и проконвертазы фурина в сочетании с выбросом эндогенного нейротрофина, были получены приоритетные данные о внутриклеточном созревании BDNF. В зрелых моторных синапсах для терминирования созревания BDNF и получения PAR1-опосредованной секреции проBDNF вместо зрелого BDNF и продомена необходимо пероральное введение селективного ингибитора фурина BOS-318 (10 мг/кг) за сутки до электрофизиологических экспериментов. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта 24-25-00073.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДТИПОВ P2-РЕЦЕПТОРОВ В СИНАПСАХ БЫСТРЫХ И МЕДЛЕННЫХ МЫШЦ КРЫСЫ DETERMINATION OF P2-RECEPTOR SUBTYPES IN SYNAPSES OF FAST AND SLOW MUSCLES OF THE RAT

Д.В. Ефимова^{1,2}, А.А. Еремеев², А.Е. Хайруллин¹

D.V. Efimova^{1,2}, A.A. Ereemeev², A.E. Khairullin¹

¹Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет

²Россия, Казань, Казанский федеральный университет

¹Russia, Kazan, Kazan State Medical University

²Russia, Kazan, Kazan federal university

E-mail: dina.efimova27@yandex.ru

Функционирование скелетной мускулатуры в норме и при патологических состояниях осуществляется путём активации пуринорецепторов, расположенных в нервно-мышечном соединении, с помощью ко-медиатора АТФ и её метаболита аденозина. В ряде исследований выявлено разнонаправленное действие на сократительную активность различных типов мышечных единиц: снижение амплитуды мышечных сокращений длинного разгибателя пальцев (*EDL*) и камбаловидной мышцы крысы под влиянием АТФ, одновременно показано увеличение амплитуды сокращений диафрагмальной мышцы [1-2]. Двойное действие АТФ может быть связано с типом рецепторов (P2X или P2Y) и локализацией этих рецепторов.

Для оценки наличия P2-рецепторов в нервно-мышечных синапсах был проведён иммуногистохимический анализ срезов скелетных мышц крысы — *m. soleus*, *m. EDL*, *m. diaphragma*.

Нами получены новые данные по типам пуринергических рецепторов, участвующих в холинергической сигнализации нервно-мышечных синапсов млекопитающих. Иммуофлюоресцентным методом с помощью конфокальной микроскопии нами показано наличие P2X₁, P2X₂ и P2Y₁₃ рецепторов в скелетных мышцах крысы. Другие подтипы P2X и P2Y рецепторов обнаружены не были. Имеются убедительные доказательства того, что воздействие на пуринергические рецепторы потенциально может быть использовано в лечении различных патологических состояний, но необходимо дополнительное определение роли пуринергической сигнализации в определённых патологических реакциях.

Список литературы

1. Effects of ATP and adenosine on contraction amplitude of rat soleus muscle at different temperatures / A.U. Ziganshin, A.E. Khairullin, V.V. Zobov [et al.] // Muscle and Nerve. – 2017. – V. 55, No 3. – P. 417–423.

2. The effects of ATP on the contractions of rat and mouse fast skeletal muscle / A.U. Ziganshin, A.E. Khairullin, A. Y. Teplov [et al.] // Muscle and Nerve. – 2019. – V. 59, No 4. – P. 509–516.

**ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРА VDAC КАНАЛА МИТОХОНДРИЙ
VBIT-4 НА ФУНКЦИЮ ОРГАНЕЛЛ И СОСТОЯНИЕ СКЕЛЕТНЫХ
МЫШЦ В НОВОЙ МОДЕЛИ ДИСТРОФИН-ДЕФИЦИТНЫХ МЫШЕЙ
DMDDEL8-34/DBA**

**EFFECTS OF THE MITOCHONDRIAL VDAC CHANNEL INHIBITOR
VBIT-4 ON THE FUNCTION OF ORGANELLES AND SKELETAL
MUSCLE HEALTH IN A NEW DYSTROPHIN-DEFICIENT MICE
MODEL DMDdel8-34/DBA**

А. Д. Игошкина¹, Т. А. Попёнова¹, В. А. Шарапов¹, А. В. Поликарпова²,
В. А. Логинов², Т. В. Егорова², М. В. Дубинин¹
A. D. Igoshkina¹, T. A. Popyonova¹, V. A. Sharapov¹, A. V. Polikarpova²,
V. A. Loginov², T. V. Egorova², M. V. Dubinin¹

¹*Россия, Йошкар-Ола, Марийский государственный университет*

²*Россия, Москва, Институт биологии гена РАН*

¹*Russia, Yoshkar-Ola, Mari State University*

²*Russia, Moscow, Institute of gene biology RAS*

E-mail: anastasi.igoshkina@yandex.ru

Мышечная дистрофия Дюшенна (МДД) представляет собой наследственное заболевание, обусловленное мутациями в гене, кодирующем белок дистрофин. Развитие патологии характеризуется прогрессирующей мышечной слабостью, развитием дыхательной и сердечной недостаточностей, приводящим к инвалидизации и ранней смертности. Одной из причин прогрессирования патологии является нарушение функции митохондрий, которое можно устранить при помощи модуляторов митохондриальных каналов и пор. В настоящей работе нами изучено влияние VBIT-4, являющегося ингибитором поринового канала митохондрий (VDAC), на развитие митохондриальной дисфункции и состояние ткани скелетных мышц дистрофин-дефицитных мышей линии DmdDel8-34/DBA, демонстрирующих тяжелый фенотип МДД, а именно снижение мышечной силы и выносливости, некротизацию мышечной ткани и развитие фиброза. Установлено, что для этой линии мышей, впервые полученной в ИБГ РАН, также характерно угнетение функции митохондрий, что проявляется в снижении эффективности окислительного фосфорилирования и способности накапливать ионы кальция в матриксе. Показано, что введение мышам VBIT-4 в дозе 20 мг/кг приводит к достоверному увеличению кальциевой емкости митохондрий скелетных мышц. Однако этого эффекта оказалось недостаточно для улучшения параметров окислительного фосфорилирования, снижения интенсивности окислительного стресса и нормализации состояния скелетной мышечной ткани. В докладе обсуждаются проявления митохондриальной дисфункции в новой модели дистрофин-дефицитных мышей, а также влияние VBIT-4 на развитие патологии. Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 23-75-10006.

**МИОКИНЫ КАК ФАКТОР ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ВОСПАЛЕНИЯ
ПРИ МЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**
**MYOKINES AS A FACTOR OF PHYSIOLOGICAL
INFLAMMATION DURING MUSCLE ACTIVITY**

Л. В. Капилевич, А. Н. Захарова, К. Г. Милованова, А. А. Орлова, И. Ю.
Шувалов, С. А. Попов, О. В. Коллантай

L. V. Kapilevich, A. N. Zakharova, K. G. Milovanova, A. A. Orlova, I. Yu.
Shuvalov, S. A. Popov, O. V. Kollantay

Россия, Томск, Томский государственный университет

Russia, Tomsk, Tomsk State University

E-mail: kapil@yandex.ru

В настоящее время сформирован новый подход к понятию «воспаление». Все больше данных указывает на то, что клеточные и молекулярные медиаторы воспаления участвуют в широком спектре биологических процессов, включая ремоделирование тканей, метаболизм, термогенез и функцию нервной системы [1]. Учитывая разнообразие биологических процессов, включающих воспалительные сигналы и клетки, традиционный взгляд на воспаление как реакцию на инфекцию или повреждение тканей является неполным, поскольку воспаление может формироваться и в отсутствие этих триггеров [2]. Предложенный 15 лет назад термин «паравоспаление» [3] не получил распространения, и в современной литературе постепенно распространяется понятие «физиологическое воспаление», которое обеспечивает поддержание гомеостаза и адаптацию организма в отсутствие инфекций [4].

Рассмотрев эффекты миокинов, продуцируемых на фоне физической нагрузки, мы приходим к выводу, что эти белки участвуют в обеспечении адаптационных изменений, про- и противовоспалительных реакциях для поддержания гомеостаза и суммарный эффект их может быть охарактеризован как физиологическое воспаление. При этом механизмы активации транскрипции многих миокинов значительно отличаются от аналогичных механизмов в клетках иммунной системы. Это позволяет предположить, что миокины можно рассматривать как факторы физиологического воспаления, которое не является патологическим процессом, а обеспечивает нормальные физиологические реакции при физических нагрузках, включая энергетическое обеспечение, мышечную гипертрофию, ангиогенез и ремоделирование, восстановление поврежденных мышечных волокон.

Список литературы

1. Rankin L.C., Artis D. // Cell. – 2018. – V.173. – P. 554-562.
2. Punctard N.A., Whelan C.J., Adcock I. // J. Inflamm. – 2004. – V.1. – P.1-18.
3. Medzhitov R. // Nature. – 2008 – V. 454(7203). – P. 428-435
4. Medzhitov R. // Cell. – 2010. – V. 140(6). – P. 771– 88.

**МОДЕЛИРУЕМАЯ ВЫСОКОГОРНАЯ ГИПОКСИЯ ПОВЫШАЕТ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ Na,K-АТФазы В ДИАФРАГМЕ КРЫСЫ
SIMULATED HIGH-ALTITUDE HYPOXIA INCREASES THE
EFFICIENCY OF Na, K-ATPase IN THE RAT DIAPHRAGM**

В. В. Кравцова, И. И. Кривой

V. V. Kravtsova, I. I. Krivoi

*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет*

Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University

E-mail: iikrivoi@gmail.com

Длительное нахождение в условиях высокогорья сопровождается дисфункцией и атрофическими нарушениями скелетной мускулатуры, что приводит к существенному снижению работоспособности. Одной из основных причин таких нарушений является гипоксия за счет снижения парциального давления кислорода. Широкое распространение высокогорного туризма и экспедиций, существование различных высокогорных баз и технических объектов требуют решения проблем адаптации к таким условиям. Na,K-АТФаза, ответственная за поддержание электрогенеза, возбудимости и работоспособности скелетной мускулатуры, играет важную роль в адаптации к гипоксии. В скелетных мышцах ко-экспрессируются альфа1- и альфа2-изозимы Na,K-АТФазы. Диафрагма является основной респираторной мышцей, во многом определяющей работоспособность организма в целом. Именно этой мышце уделяется особое внимание при поиске неинвазивных превентивных методов адаптации к хронической гипоксии. Превентивные эффекты гипоксического преко кондиционирования хорошо известны при ряде расстройств, включая дисфункцию диафрагмальной мышцы. В нашей работе изолированные диафрагмальные мышцы крыс исследовали после моделирования в течение 3 ч высокогорной гипобарической гипоксии (ВГГ, соответствует высоте 6000 м над уровнем моря) с помощью барокамеры. В течение 24 ч после ВГГ развивалась устойчивая гиперполяризация сарколеммы за счет увеличения электрогенной активности альфа2-изозима Na,K-АТФазы. При этом общий уровень белка альфа2-субъединицы Na,K-АТФазы в мышцах не изменялся. Концентрация циркулирующего эндогенного убаина, специфического лиганда Na,K-АТФазы, после ВГГ снижалась. Это позволяет предположить, что увеличение электрогенной активности было обусловлено увеличением мембранного пула альфа2-изозима Na,K-АТФазы за счет ослабления ее убаин-зависимой интернализации. Учитывая растущий интерес к проблемам адаптации к высокогорью, полученные результаты могут представлять практический интерес при поиске мер поддержания двигательной активности в этих условиях. Работа поддержана грантом РФ № 24-25-00032.

**ЭФФЕКТ 20-ГИДРОКСИЭКДИЗОНА НА СОСТОЯНИЕ СКЕЛЕТНЫХ
МЫШЦ МЫШЕЙ C57BL/10 В МОДЕЛИ ИШЕМИЧЕСКИ-
РЕПЕРФУЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ**
**EFFECT OF 20-HYDROXYECDYSONE ON THE STATE OF SKELETAL
MUSCLES OF C57BL/10 MICE IN A MODEL OF ISCHEMIA-
REPERFUSION DAMAGE OF THE HIND LIMBS**

Н. В. Микина¹, А. А. Семенова¹, Л. В. Парфенова², М. В. Дубинин¹

N. V. Mikina¹, A. A. Semenova¹, L.V. Parfenova², M.V. Dubinin¹

¹Россия, Йошкар-Ола, Марийский государственный университет

¹Russia, Yoshkar-Ola, Mari State University

²Россия, Уфа, Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН

²Russia, Ufa, Institute of Petrochemistry and Catalysis, Russian Academy of
Sciences

E-mail: natasamikina@gmail.com

Ишемия, вызванная сдавливанием конечности, приводит к дисфункции скелетных мышц и к нарушению функционирования конечностей. Актуальным вопросом является подбор препарата, способствующего восстановлению мышечной ткани после повреждения. Имеются данные, что 20-гидроксиэкдизон способен оказывать множество физиологических эффектов на организм млекопитающих и повышать физическую работоспособность [1]. В данной работе оценено влияние 20-гидроксиэкдизона (20Е) на состояние скелетной мускулатуры задней конечности мышей после ишемически-реперфузионного повреждения (ИРП). Показано, что применение 20Е приводит к снижению интенсивности дегенеративных процессов в скелетной мускулатуре, которое выражается в снижении количества мышечных волокон, содержащих центрально расположенные ядра. Это может быть связано с противовоспалительным эффектом 20Е. При анализе уровня экспрессии генов (HIF-1 α , VEGF-A, PGC1 α и PDGF-BB) нами отмечена тенденция к постепенному снижению экспрессии указанных генов, что может быть обусловлено адаптогенным эффектом 20Е. Показано, что 20Е снижает уровень малонового диальдегида в митохондриях, что может свидетельствовать о запуске механизма антиоксидантной защиты в клетках исследуемых тканей, однако они, по всей видимости, не связаны с прямым влиянием этого агента на функцию митохондрий, так как 20Е не оказал влияния на скорость дыхания и кальциевую емкость органелл. Таким образом, 20Е частично ослабляет повреждение скелетных мышц при ИРП и может быть использован в составе комплексной терапии. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда №23-75-01061.

Список литературы:

1. Phytoecdysteroids accelerate recovery of skeletal muscle function following in vivo eccentric contraction-induced injury in adult and old mice. / K.A. Zwetsloot, R.A. Shanely, J.S. Godwin, C.F. Hodgman // *Frontiers in Rehabilitation Sciences* – 2021 – V.2 – 757789.

**ЗАЩИТНОЕ ДЕЙСТВИЕ СУБТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ДОЗ ХЛОРИДА
ЛИТИЯ НА *M. SOLEUS* КРЫСЫ**

**ПРИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ
PROTECTIVE EFFECTS OF SUBTHERAPEUTIC DOSES
OF LITHIUM CHLORIDE ON RAT SOLEUS MUSCLE DURING
MECHANICAL UNLOADING**

Т.М. Мирзоев, С.А. Тыганов, О.В. Туртикова, В.Е. Калашников,
К.А. Шарло, Б.С. Шенкман

T.M. Mirzoev, S.A. Tyganov, O.V. Turtikova, V.E. Kalashnikov,
K.A. Sharlo, B.S. Shenkman

Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS

E-mail: tmirzoev@yandex.ru

Цель исследования состояла в оценке влияния субтерапевтических доз LiCl на морфофункциональные свойства и метаболические процессы в камбаловидной мышце (*m. soleus*) крысы в условиях 7-суточной функциональной разгрузки. Разгрузка задних конечностей крыс осуществлялась методом антиортостатического вывешивания грызунов. Крысы Вистар были разделены на 4 группы: 1) «виварный контроль» (C), 2) «виварный контроль + LiCl» (C+Li), 3) 7-суточное вывешивание (7HS) и 4) «7-суточное вывешивание + LiCl» (7HS+Li). LiCl (40 мг/кг) вводили внутривентрально ежедневно на протяжении эксперимента. Морфофункциональные свойства *m. soleus* исследовали с помощью физиологической установки для изолированных мышц и иммуногистохимии. Маркеры анаболических и катаболических процессов в мышце оценивались с помощью вестерн-блота и ПЦР.

Введение животным LiCl на фоне вывешивания предотвратило уменьшение размеров мышечных волокон и трансформацию «медленных» волокон в «быстрые». Кроме того, введение LiCl при вывешивании не только предотвратило снижение, но увеличило удельную максимальную силу и удельную пассивную жёсткость изолированной *m. soleus* по сравнению с контролем. Введение крысам LiCl в течение вывешивания привело к предотвращению снижения фосфорилирования GSK-3 β (Ser9) и 4E-BP1 (Thr37/46) в *m. soleus* крысы. Также применение LiCl на фоне вывешивания полностью предотвратило повышение экспрессии мРНК убиквитина, Atrogin-1, Ulk1 и кальпаина-1 и частично предотвратило повышение содержания мРНК MuRF-1. Таким образом, ежедневное введение крысам LiCl на фоне 7-суточной функциональной разгрузки задних конечностей предотвратило уменьшение размеров мышечных волокон и трансформацию миофибриллярного фенотипа, а также способствовало увеличению силы и пассивной жёсткости *m. soleus*. Морфофункциональные изменения, вызванные действием LiCl при функциональной разгрузке, сопровождались полным или частичным предотвращением активации экспрессии ключевых маркеров протеолиза. Исследование было поддержано грантом РФФИ № 17-75-20152.

**РОЛЬ $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -ОБМЕННИКА В КОНТРОЛЕ СИНТЕЗА ОКСИДА
АЗОТА (II) В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ**
**ROLE OF $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ - EXCHANGE IN CONTROL OF Nitric Oxide (II)
SYNTHESIS IN NERVOUS MUSCLE SYNAPSE**

С. Нгомси¹, Г.Ф. Закирьянова^{2,3}, А.М. Петров^{2,4}

C. Ngomsi¹, G.F. Zakiryanova^{2,3}, A.M. Petrov^{2,4}

¹Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

²Россия, Казань, Федеральный исследовательский центр «Казанский
научный центр РАН»

³Россия, Москва, Московский государственный университет

⁴Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет

¹Russia, Kazan, Kazan Federal University

²Russia, Kazan, FRC Kazan Scientific Center of RAS

³Russia, Moscow, Moscow State University,

⁴Russia, Kazan, Kazan State Medical University

e-mail: danicastats@yahoo.fr

$\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обменник является важным компонентом плазматической мембраны, обеспечивающий кальциевый гомеостаз в различных клетках [1]. Однако мало известно о его роли в нервно-мышечном синапсе и скелетной мышце. В экспериментах использовалась диафрагмальная мышца мышей (n=10-12). Для детекции флуоресценции оксида азота использовался краситель DAF-FM. Для индукции выброса кальция из эндоплазматического ретикулума через рианодиновые рецепторы применялся кофеин (1 мМ), для блокирования $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обменника – ORM-10103 (1 мкМ). Ранее, используя краситель на кальций, нами было показано, что в нервно-мышечном синапсе активность обменника имеет NO-зависимый характер, также NO способен влиять на активность рианодиновых рецепторов в эндоплазматическом ретикулуме. В данной части работы с применением красителя на NO DAF-FM было обнаружено, что в ответ на блокирование обменника происходило увеличение уровня NO в синаптическом регионе. Сам по себе кофеин практически не влиял на продукцию NO, однако на фоне блокатора обменника ORM-10103 при добавлении кофеина наблюдалось увеличение флуоресценции красителя DAF-FM. Таким образом, эксперименты указывают на то, что накопление кальция вследствие блокировки $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обменник способствует синтезу NO как в базальных условиях, так и при индукции накопления кальция за счет его выхода из внутриклеточных депо. Следовательно, в нервно-мышечном синапсе $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ -обменник не только поддерживает уровень кальция, но и способен сдерживать синтез NO. Работа поддержана грантом РФФ № 23-75-10022.

Список Литературы

1. Matsuoka S. Forefront of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ exchanger studies: regulation kinetics of $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ exchangers / S. Matsuoka // Journal of Pharmacological Sciences. – 2004. – V. 96, № 1. – P. 12–14.

**Ca²⁺-АКЦЕПТОРНЫЕ БЕЛКИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ
ДЛЯ ВЕЗИКУЛЯРНОГО ЦИКЛА СЕКРЕЦИИ МЕДИАТОРА
В ДВИГАТЕЛЬНЫХ ХОЛИНЕРГИЧЕСКИХ НЕРВНЫХ ОКОНЧАНИЯХ
СОМАТИЧЕСКОЙ МЫШЦЫ ДОЖДЕВОГО ЧЕРВЯ
Ca²⁺-ACCEPTOR PROTEINS AND THEIR SIGNIFICANCE FOR THE
VESICULAR CYCLE OF MEDIATOR SECRETION IN MOVING
CHOLINERGIC NERVOUS ENDINGS OF THE SOMATIC MUSCLE OF THE
DRY WILD WORM**

Л. Ф. Нуруллин^{1,2,*}, М. Е. Волков^{2,**}, Е. М. Волков²

L. F. Nurullin^{1,2,*}, M. E. Volkov^{2,**}, E. M. Volkov²

¹Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики - структурное
подразделение ФИЦ КазНЦ РАН

¹Russia, Kazan, Kazan institute of biochemistry and biophysics

²Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет

²Russia, Kazan, Kazan state medical university

E-mail: *leniz2001@mail.ru, **eruditeworm@gmail.com

В соматической мышце дождевого червя *Lumbricus terrestris* методами флуоресцентной конфокальной микроскопии определяли наличие ряда Ca²⁺-акцепторных белков, а также их участие в процессах экзо-эндоцитозного цикла квантовой секреции медиатора в холинергических нервно-мышечных синапсах. Показали присутствие кальмодулина, Ca²⁺-кальмодулин зависимой протеинкиназы типа 1 и типа 2, синаптотагмина типа 2 и типа 7 и кальциневрина А. Данные белки определяются как в синаптических, так и во внесинаптических регионах двигательной мышцы. Однако для синаптотагмина типа 2 и типа 7, кальциневрина А установлена их преимущественная локализация в зоне нервно-мышечных синапсов. При этом синаптическая локализация для синаптотагмина типа 7 и кальциневрина А выражена наиболее отчетливо. Процессы экзо-эндовезикулярного цикла в нервно-мышечных синапсах изучались методом окрашивания с помощью липофильного флуоресцентного маркера FM2-10. Ингибирование кальциневрина, кальмодулина и Ca²⁺/кальмодулин-зависимых протеинкиназ приводило к усилению процесса эндоцитоза. Блокирование фосфорилирования синаптических белков усиливало процесс эндоцитоза, вызывало увеличение размеров общего везикулярного пула и ускоряло кругооборот синаптических везикул. Кальциевая модуляция экзо-эндоцитоза везикул в синапсах эволюционно-первичной соматической мускулатуры аннелид происходит при участии ключевых Ca²⁺-акцепторных белков, таких как кальциневрин, кальмодулин, Ca²⁺/кальмодулин-зависимых протеинкиназ, а также синаптотагмина типа 2 и типа 7. Работа выполнена за счет гранта АН РТ, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях РТ в рамках Государственной программы РТ «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение №76/2024-ПД от 16.12.2024).

**ВЛИЯНИЕ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ
НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МОТОНЕЙРОНОВ ГРУДНОГО СПИННОГО МОЗГА**

**THE EFFECT OF ANTI-ORTHOSTATIC HANGING
ON THE STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS
OF THORACIC SPINAL CORD MOTOR NEURONS IN MICE**

В.В. Порсева, Е.С. Саблин, П.М. Маслюков

V.V. Porseva, E.S. Sablin, P.M. Maslyukov

*Россия, Ярославль, Ярославский государственный медицинский
университет*

Russia, Yaroslavl, Yaroslavl State Medical University

E-mail: vvporseva@mail.ru

Цель исследования состояла в изучении морфофункциональных характеристик мотонейронов верхних грудных сегментов спинного мозга (СМ) в условиях длительной наземной модели антиортостатической гипокинезии. Исследование выполнено на самцах мышей C57/BL в возрасте 16-20 недель в условиях 30-суточного антиортостатического вывешивания (n=7) по методу Ильина-Новикова в модификации Morey-Holton [1], группой сравнения служил виварный контроль (n=7). Иммуногистохимическим методом изучали топографию мотонейронов Т3-Т5 сегментов СМ, иммунореактивных (ИР) к холинацетилтрансферазе (ХАТ) и белкам нейрофиламентов 200 кДа (НФ200) на поперечных криостатных срезах (толщина 14 мкм) с помощью микроскопа Олимпус ВХ43 (Olympus Corporation, Япония). Измерение площади сечения мотонейронов проводили по программе Image J (NIH, США). Окраску всей популяции клеток выполняли с использованием Fluorescent Nissl Stains.

Результаты исследования показали, что на поперечном срезе грудного СМ мотонейроны образуют две группы (медиальную и латеральную), содержащие ХАТ, количество которых сопоставимо с таковым при окраске по Нисслю. Большинство холинергических мотонейронов одновременно содержат НФ200 (90%). Средняя площадь сечения ХАТ- и НФ200-ИР мотонейронов в группе виварного контроля значительно превышала (в 1,2 раза) таковые показатели в группе вывешивания, а количество мотонейронов в условиях вывешивания значительно уменьшалось в популяциях, содержащих ХАТ и НФ200 на 21.4% и 21.2%, соответственно.

Таким образом, в условиях длительного антиортостатического вывешивания в мотонейронах грудных сегментов СМ мышей развиваются структурно-функциональные изменения, которые проявляются уменьшением размеров и количества мотонейронов с ХАТ и НФ200.

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, No44. – P. 744–756.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ РАЗНЫХ
МОДЕЛЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF SKELETAL MUSCLES IN
DIFFERENT MODELS OF MOTOR ACTIVITY RESTRICTION**

Д. Э. Сабирова^{1,2}, А. А. Еремеев¹, Т. В. Балтина¹

D. E. Sabirova^{1,2}, A. A. Eremeev¹, T. V. Baltina¹

¹Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

²Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет «Сириус»

¹Russia, Kazan, Kazan Federal University

²Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and
Technology

E-mail: sabirova.dianka@list.ru

Целью настоящего исследования было проведение морфологической оценки скелетных мышц в разных моделях ограничения двигательной активности. Исследование проводили на крысах массой 180–220 граммов в соответствии с правилами обращения с лабораторными животными. Использовали метод вывешивания по модели Е. Р. Морей Холтон в модификации Е. А. Ильина и В. Е. Новикова (АОВ). Нарушение нервного контроля осуществлялось по методике С. De Angelis (ДЕН). Для моделирования нарушения сократительной активности мышц проводили операцию тенотомии (ТЕН). После окрашивания гематоксилин-эозином мышечные волокна камбаловидной (КМ), передней-большеберцовой (ПБМ) и икроножной (ИМ) мышц крыс контрольной группы (КОН) имели четко определенные границы, равномерное окрашивание и регулярный диаметр с периферическими ядрами. При проведении количественного анализа было отмечено уменьшение диаметра мышечных волокон на 7 сутки АОВ во всех группах по сравнению с КОН. Максимальное уменьшение диаметра мышечного волокна на 7 сутки наблюдали в КМ. На 14 и 35 сутки АОВ также было отмечено уменьшение диаметра во всех исследуемых мышцах, с максимальным уменьшением в КМ до $63 \pm 3\%$ ($p < 0,01$) и $59 \pm 2\%$ ($p < 0,01$). После ТЕН наблюдали уменьшение диаметра мышечных волокон на 7 сутки относительно КОН, Максимальное снижение наблюдали у ИМ и КМ, диаметр которых к 35 суткам составил $52 \pm 1\%$ ($p < 0,05$) и $64 \pm 3\%$ ($p < 0,05$) относительно КОН. Диаметр волокон ПБМ был больше относительно диаметра ИМ и КМ ($p < 0,01$). После ДЕН наблюдали уменьшение диаметра мышечных волокон всех исследуемых мышц на 7, 14 и 35 сутки относительно КРН. Максимальное снижение отмечали для волокон КМ, диаметр мышечных волокон которой на 35 сутки составил $51 \pm 5\%$ ($p < 0,05$) относительно КОН.

Таким образом, нарушение афферентации, эфферентации и двигательной активности оказывает отрицательное влияние на функциональное состояние скелетных мышц и специфически влияет на изменения структуры мышечных волокон. Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).

**АСТРОГЛИОЗ И РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ВНЕКЛЕТОЧНОГО
МАТРИКСА В ОТДАЛЁННЫХ СЕГМЕНТАХ СПИННОГО МОЗГА
ПОСЛЕ КОНТУЗИОННОЙ ТРАВМЫ В ГРУДНОМ ОТДЕЛЕ
ASTROGLIOSIS AND EXTRACELLULAR MATRIX
REMODELING IN REMOTE SPINAL CORD SEGMENTS AFTER
THORACIC CONTUSION**

О.Н. Тутова¹, И.М. Кабдеш¹, А.Р. Билалова¹, Я.О. Мухамедшина^{1,2},
Ю.А. Челышев^{1,2}

Olga Tutova¹, Ilyas Kabdesh¹, Aizilya Bilalova¹, Yana
Mukhamedshina^{1,2}, Yuri Chelyshev^{1,2}

¹Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет,
²Россия, Казань, Казанский государственный медицинский
университет,

¹ Russia, Kazan, Kazan Federal University,

² Russia, Kazan, Kazan State Medical University

E-mail: ONTutova@kpfu.ru

При травме спинного мозга (ТСМ) в отдаленных сегментах не изучены механизмы активации и перепрограммирования астроцитов, не оценено содержание во внеклеточном матриксе (ВКМ) его ключевых компонентов, таких как протеогликаны, в частности, глипиканы (GPCs). Крысам (самки, порода Wistar) наносили контузионную ТСМ тяжелой степени при помощи импактора Impact One (Leica) на уровне VTh8. На 7 и 60 сутки после ТСМ область, приближенная к эпицентру (Th10) и удаленная (L3-4), были выделены и зафиксированы в 4% формалине. Полученные с помощью криостата поперечные срезы спинного мозга использовали для иммунофлуоресцентного анализа с использованием антител-маркеров астроцитов (GFAP, S100A10). Методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) был проведен количественный анализ мРНК генов *GFAP*, *GPC4* и *GPC6* в сером веществе интактного и травмированного спинного мозга указанных сегментов. В отдалённом от эпицентра травмы поясничном отделе (L3-4) явные морфологические признаки астроглиоза не проявляются. Тем не менее, в этих сегментах отмечено увеличение мРНК гена *GFAP* на 7 сутки с последующим уменьшением к 60 суткам. В вентральных рогах L3-4 к 60 суткам усиливается коэкспрессия белков S100A10 и GFAP в астроцитах, что свидетельствует о поляризации данных клеток в сторону A2 фенотипа. Этот эффект зарегистрирован также в пенумбре (Th10) на сроке 7 и 60 суток. ПЦР-РВ показывает уменьшение мРНК гена *GPC6* на обоих сроках в области L3-4. В сером веществе к 7 суткам уровень мРНК гена *GPC4* увеличивается в сегментах Th10 и L3-4. Наблюдаемые сдвиги в экспрессии глипиканов в отдалённом от области ТСМ могут отражать реакции ремоделирования ВКМ и восстановления функции нейронных сетей. Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

**РАЗВИТИЕ ИЗОПРЕНАЛИН-ИНДУЦИРОВАННОЙ
КАРДИОМИОПАТИИ СОПРОВОЖДАЕТСЯ УМЕНЬШЕНИЕМ
СОДЕРЖАНИЯ ГИГАНТСКОЙ ИЗОФОРМЫ ОБСКУРИНА
В МИОКАРДЕ КРЫСЫ
DEVELOPMENT OF ISOPRENALINE-INDUCED CARDIOMYOPATHY
IS ACCOMPANIED BY A DECREASE
IN THE CONTENT OF GIANT OBSCURIN ISOFORM
IN THE MYOCARDIUM OF RATS**

Т.А. Урюпина, Ю.В. Грицына, А.Д. Уланова, Г.З. Михайлова,
Л.Г. Бобылёва, Н.В. Белослудцева, Г.Д. Миронова, И.М. Вихлянтцев

T.A. Uryupina, Yu. V. Gritsyna, A.D. Ulanova, G.Z. Mikhailova,
L.G. Bobyleva, N.V. Belosludtseva, G.D. Mironova, I.M. Vikhlyantsev

*Россия, Пушкино, Институт теоретической и экспериментальной биофизики
РАН*

*Russia, Pushchino, Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian
Academy of Sciences*

Исследованы изменения содержания гигантской А-изоформы обскурина (м.м. 880 кДа), а также мРНК этого белка в миокарде левого желудочка крыс при моделировании стресс-индуцированной кардиомиопатии (takotsubo cardiomyopathy), возникающей вследствие избыточного действия катехоламинов на сердечную мышцу. Обскурин был открыт в 2001 году в поперечно-полосатых мышцах позвоночных животных. Обнаружена локализация этого белка в разных зонах саркомера, а также вне миофибрилл и считается, что обскурин, формируя вместе с титином трёхмерный эластичный цитоскелетный каркас, определяет поперечные размеры мышечных клеток. Обсуждается также роль обскурина в миофибрилlogenезе, сборке толстых нитей и его участие в регуляции процессов внутриклеточной сигнализации в мышцах. Исследования изоформного состава обскурина в норме, а также его изменений при развитии патологических процессов немногочисленны. При развитии изопреналин-индуцированной кардиомиопатии исследования обскурина не проводились.

В работе использовали самцов белых беспородных крыс массой 190-220 г в возрасте трёх месяцев ($n=12$). Вестерн-блоттинг проводили с использованием полученных нами антител к обскурину крысы. ОТ-ПЦР в режиме реального времени использовали для анализа мРНК обскурина. Обнаружено увеличение (на 12%, $p \leq 0,05$) относительной массы сердца у крыс после введения изопреналина, что может указывать на развитие гипертрофии миокарда. Вестерн-блот анализ выявил уменьшение в 1,2 раза ($p \leq 0,01$) содержания А-изоформы обскурина в миокарде крыс с введением изопреналина. Это уменьшение наблюдалось на фоне повышенного (в 3,5 раза, $p \leq 0,05$) содержания мРНК обскурина. Полученные результаты открывают перспективы исследования обскурина в качестве маркера развития патологических изменений в мышечной ткани. Интересен также поиск протеаз, ответственных за протеолиз этого белка. Работа выполнена в рамках Государственного задания № 075-00223-25-00.

**СИМПАТИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ
В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ МЫШИ ПРИ СТАРЕНИИ
SYMPATHETIC REGULATION OF SYNAPTIC TRANSMISSION
IN THE MOUSE NEUROMUSCULAR JUNCTION IN AGING**

В. Ф. Хузахметова, С. А. Дмитриева, Г. В. Сибгатуллина, Э. А. Бухараева
V. F. Khuzakhmetova, S. A. Dmitrieva, G. V. Sibgatullina, 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

Симпатическая нервная система играет центральную роль в стрессовой сигнализации, которая связана с изменением редокс-статуса клеточных процессов. Старение и стресс являются взаимозависимыми факторами. Мы показали, что у мышей по мере увеличения их возраста от 3 до 24 месяцев повышается уровень перекисного окисления липидов, увеличивается содержание пероксида водорода и снижается активность супероксиддисмутазы. Окислительный стресс, развивающийся с возрастом, способствует повреждению клеточных структур. Наиболее активно эти процессы проявляются в скелетных мышцах.

Исследование возрастных изменений параметров нервно-мышечной передачи возбуждения в синапсах локомоторных скелетных мышц показало увеличение скорости проведения нервного импульса, увеличение интенсивности секреции нейромедиатора, а также повышение степени ее синхронности с возрастом. Анализ влияния агонистов $\alpha 2$ и $\beta 2$ адренорецепторов на нервно-мышечные синапсы скелетной мускулатуры мыши выявил преобладание активации $\beta 2$ адренорецепторов на амплитудно-временные параметры постсинаптического ответа и кинетику секреции нейромедиатора по мере увеличения возраста животного. Иммуногистохимический анализ с помощью специфических антител к разным подтипам адренорецепторов продемонстрировал диффузное расположение как $\alpha 2$, так и $\beta 2$ адренорецепторов в нервно-мышечном контакте. Однако у животных старших возрастов $\beta 2$ адренорецепторы локализуются в основном в синаптических областях. Таким образом, адренергическая регуляция синаптической передачи возбуждения с возрастом претерпевает значительные изменения, а одна из ключевых ролей в этом процессе может принадлежать $\beta 2$ адренорецепторам.

Работа поддержана частично грантом РФФ 23-15-00124

**ИЗМЕНЕНИЯ В КАСКАДАХ АНАБОЛИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
В СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦАХ У ЛЮДЕЙ С ТРАВМОЙ СПИННОГО
МОЗГА**
**ALTERATIONS IN ANABOLIC SIGNALING CASCADES IN SKELETAL
MUSCLE FROM SPINAL CORD INJURED INDIVIDUALS**

А.В. Чибалин

A.V. Chibalin

*Russia, Tomsk, Department of Sport Tourism, Sport Physiology and Medicine,
National Research Tomsk State University*

*Sweden, Stockholm, Department of Molecular Medicine and Surgery, Section of
Integrative Physiology, Karolinska Institutet*

E-mail: alexander.chibalin@ki.se

У людей травма спинного мозга (ТСМ) связана с атрофией мышц. Кроме того, регуляция концентраций ионов (Ca^{2+} , Na^+ , K^+) играет важную роль в контроле сократительной функции и других процессов в скелетных мышцах. Таким образом, понимание механизмов, регулирующих атрофию мышц и регуляцию концентраций ионов в скелетных мышцах у людей с ТСМ, может способствовать разработке новых терапевтических мер для уменьшения атрофии мышц и контроля изменений функциональных и метаболических свойств, вызванных травмой. Однако на молекулярном уровне, особенно у человека, эти механизмы остаются во многом неизвестными.

Целью данного исследования был анализ изменений в анаболических сигнальных каскадах скелетных мышц у пациентов с ТСМ. Исследовались изменения в сигнальном пути Akt/mTOR в скелетных мышцах пациентов, и результаты показали значительное снижение активности путей синтеза белка. С другой стороны, белки, отвечающие за регуляцию концентраций ионов Ca^{2+} , были значительно менее выражены в мышцах пациентов.

Для восстановления, регуляции концентраций ионов в качестве модели скелетных мышц пациентов использовались первичные клетки человеческих скелетных мышц. Клетки кратковременно обрабатывали кофеином, который увеличивает уровень внутриклеточного кальция; повышение экспрессии мРНК белков, ответственных за регуляцию концентраций ионов кальция, свидетельствует об улучшении этого процесса, однако значительного влияния на митохондриогенез не наблюдалось.

Кроме того, мы проверили гипотезу о том, что содержание Na^+ , K^+ -АТФазы в скелетных мышцах и связанных с ней регуляторных белков семейства FXYD изменяется у пациентов с ТСМ в зависимости от степени тяжести поражения спинного мозга и уровня физической активности после травмы.

Дальнейшие исследования будут сосредоточены на изменениях в путях разрушения белка в скелетных мышцах пациентов, а также на дополнительных тестах, связанных с митохондриогенезом, как на уровне мРНК, так и на уровне белков.

**ИНГИБИРОВАНИЕ DHPR ПРЕДОТВРАЩАЕТ ПАДЕНИЕ СИЛЫ
И АКТИВИРОВАНИЕ КАЛЬЦИЙ-ЗАВИСИМОГО СИГНАЛЛИНГА
ПРИ 3-СУТОЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ РАЗГРУЗКЕ
M. SOLEUS КРЫС WISTAR
INHIBITION OF DHPR PREVENTS A DROP IN FORCE
AND ACTIVATION OF CALCIUM-DEPENDENT SIGNALING DURING 3-
DAY FUNCTIONAL UNLOADING
M. SOLEUS OF WISTAR RATS**

К.А.Шарло, С.А. Тыганов, Д.А.Сидоренко, Р.О. Боков, К.А. Зарипова,
Т.Л. Немировская

К.А. Charlo, S.A. Tyganov, D.A. Sidorenko, R.O. Bokov, K.A. Zaripova,
T.L. Nemirovskaya

Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Russia, Moscow, SSC RF – IBMP RAS

E-mail: Nemirovskaya@bk.ru

При гипокинезии наблюдается атрофия мышц и снижение силы, причём снижение силы может происходить на самых ранних этапах функциональной разгрузки [1,2]. Мы использовали трёхсуточный срок разгрузки для исследования этого процесса и разработки средств профилактики. Самцам крыс Wistar вводили блокатор дигидропиридиновых рецепторов (DHPR) нифедипин. Использовали 3 группы крыс (по 8 крыс в каждой): Контроль (С), вывешивание (HS), вывешивание + нифедипин (HSN). Обнаружили снижение веса m. soleus на 22% в обеих вывешенных группах ($p < 0,05$). В то же время трёхдневное ингибирование DHPR при функциональной разгрузке предотвращает падение силы, протеолиз джанктофиллина, а также увеличение уровня Ca^{2+} в миоплазме и митохондриях m. soleus. Введение нифедипина на ранних сроках функциональной разгрузки препятствует падению силы медленной постуральной мышцы m. soleus.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 24-15-00088.

Список литературы

1. Baldwin, K. M. Skeletal muscle plasticity: cellular and molecular responses to altered physical activity paradigms / K. M. Baldwin, F. Haddad // Am J. Phys Med. Rehabil. – 2002. – V.81. – P.540–551.

2. Nonuniform loss of muscle strength and atrophy during bed rest: a systematic review / U. Marusic, M. Narici, B. Simunic // J. Appl Physiol. (1985). – 2021. – V.131. – P.194–206.

**ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ ФУНКЦИИ
ПОСЛЕ ТРАВМЫ СПИННОГО МОЗГА У КРЫС
С НОКАУТОМ ГЕНА ТРИПТОФАН-ГИДРОКСИЛАЗЫ ВТОРОГО ТИПА
SPECIFIC FEATURES OF SENSORIMOTOR FUNCTION RECOVERY
AFTER SPINAL CORD INJURY IN RATS WITH KNOCKOUT OF THE
TRYPTOPHAN HYDROXYLASE TYPE 2 GENE**

Д. Д. Шиц¹, С. П. Коновалова², М. М. Пучик¹, Ю. И. Сысоев^{1,3},
П. Е. Мусиенко^{1,2,3}

D. D. Shitc¹, S. P. Konovalova², M. M. Puchik¹, Yu. I. Sysoev^{1,3},
P. E. Musienko^{1,2,3}

¹*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет, Институт трансляционной биомедицины*

²*Россия, Федеральная Территория Сириус, Направление
“Нейробиология”, Научный центр генетики и наук о жизни, Научно-
технологический университет “Сириус”*

³*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН*

¹*Russia, St. Petersburg, Saint Petersburg State University, Institute of
Translational Biomedicine*

²*Russia, Sirius, Sirius University of Science and Technology, Center of
Genetics and Life Sciences, Department of Neuroscience*

³*Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS*

E-mail: st121065@student.spbu.ru

Травма спинного мозга (ТСМ) приводит к значительному двигательному и сенсорному дефициту. Серотонин, важнейший нейротрансмиттер в центральной нервной системе, играет ключевую роль в моторном контроле, нейронной пластичности и функциональном восстановлении после ТСМ [1]. В настоящей работе была изучена роль серотонина в функциональном восстановлении после ТСМ у крыс.

Исследование выполнено на крысах дикого типа (TRH2 +/-) и животных с нокаутом гена триптофан-гидроксилазы 2 типа (TRH2 -/-). ТСМ моделировали методом левосторонней латеральной гемисекции. Оценивали спонтанное восстановление двигательной функции животных в течение 4 недель после операции. Регистрацию движения и обработку данных осуществляли с использованием системы кинематического анализа Motorater (TSE Systems, Германия). Положение суставов определяли по маркерам, заранее нанесенным на подвздошный гребень, тазобедренный, голеностопный, метатарзафалангеальный (МТР) суставы, дистальную фалангу мизинца стопы. Для каждой крысы были рассчитаны кинематические показатели, включая углы, угловые скорости и угловые ускорения суставов, постуральные параметры, временные характеристики локомоторных циклов, корреляции между высотами суставов в разные фазы

циклов и скорость передвижения.

Наиболее показательная разница между двумя группами была отмечена в максимальной угловой скорости голеностопного сустава и протракции. Было показано повышение угловой скорости голеностопа ТРН2 -/- на 1-й ($p < 0,05$), 3-й ($p < 0,0001$) и 4-й ($p < 0,01$) неделе по сравнению со значениями той же группы до операции. Также были выявлены различия между группами на 3-й ($p < 0,0001$) и 4-й ($p < 0,01$) неделе тестирования, отражающие повышение показателя у ТРН2 -/- по сравнению с ТРН2 +/+. Внутри группы ТРН2 +/+ значения показателя оставались неизменны в течении всех недель тестирования. В показателе протракции не было выявлено достоверных различий между группами, однако наблюдалась четкая тенденция к восстановлению протракции у ТРН2 +/+ и отсутствие восстановления показателя у ТРН2 -/- по сравнению со значениями до гемисекции. Также скорость передвижения ТРН2 -/- была выше, чем у ТРН2 +/+ до перерезки ($p < 0,01$) и на 4-й неделе после ($p < 0,01$). Во все остальные недели наблюдалась тенденция к повышению скорости нокаутных животных.

Полученные данные свидетельствуют о различиях локомоторного поведения ТРН2 +/+ и ТРН2 -/- до гемисекции, а также о снижении способности нокаутных крыс к восстановлению после ТСМ, что подчеркивают роль серотонина в восстановлении после травмы спинного мозга.

Результаты получены при финансовой поддержке проекта, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории “Сириус” “Научно-технологическое развитие федеральной территории “Сириус” (Соглашение №18-03 от 10.09.2024).

Список литературы:

1. Role of the Serotonergic System in Functional Recovery after Spinal Cord Injury / S.P. Konovalova, Yu.I. Sysoev, A. Vetlugina [et al.] // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. – 2024. – V. 60, No 5. – P. 1943-1959.

**Секция 3: Прикладные вопросы физиологии движения:
микрогравитация, спорт, биомеханика**

УДК 57

**ОЦЕНКА МАССЫ ТЕЛА И МОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЕЙ
MDX НА ФОНЕ ГИПОЛИПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ
ASSESSMENT OF BODY WEIGHT AND MOTOR ACTIVITY OF
MDX MICE ON THE BACKGROUND OF LIPID-LOWERING THERAPY**

А.П. Абрамова¹, Ю.И. Поляков^{1,3}, М.Г. Соколова², А.В. Киселев⁴
А.Р. Abramova¹, Yu.I. Polyakov^{1,3}, M.G. Sokolova², A.V. Kiselev⁴

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт Физиологии им. И.П. Павлова РАН

²Национальный медицинский исследовательский центр
имени В.А. Алмазова

³Россия, С-Петербург, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский
университет им. акад. И.П. Павлова

⁴Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии
имени Д. О. Отта

¹Russia, St.-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences

²Russia, St.- Petersburg, Almazov National Medical Research Centre

³Russia, St.- Petersburg, First St. Petersburg State Medical University named after
Academician I.P. Pavlov

⁴D. O. Ott Scientific Research Institute of Obstetrics, Gynecology and Reproductology

E-mail: anyutka30_94@mail.ru

Изучение взаимодействия мышечной и жировой ткани является актуальным направлением в физиологии, которое позволит уточнить роль жирового обмена в формировании саркопении. Цель. Оценка изменений массы тела и моторной активности у мышей mdx на фоне гипOLIПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ. Исследование проведено на группе экспериментальных животных (15 самцов мышей mdx в возрасте 3 месяцев), которые в течение 90 дней получали ежедневно с питанием гипOLIПИДЕМИЧЕСКОЙ препарат (аторвастатин в дозе 20 мг/кг). Группой сравнения была группа из 15 самцов мышей mdx того же возраста, не получавших препарат. В контрольных точках проводилось измерение массы тела, проводился тест прогулка по приподнятой перекладине. Статистический анализ-пакет STATISTICA 8.0.

На старте исследования масса тела мышей в экспериментальной группе и в контрольной группе статистически не различалась. По данным измерений массы тела в контрольных точках установлено, что в экспериментальной группе, масса тела увеличилась в последней контрольной точке в среднем на 2,1 грамм. В контрольной группе масса тела снизилась в среднем на 3,4 грамма ($p<0,005$). В начале исследования и в финале значимой разницы между группами по скорости подъема по наклонной поверхности не выявлено ($p=0,3$).

Установлено, что на фоне гипOLIПИДЕМИЧЕСКОЙ ТЕРАПИИ наблюдалось увеличение массы тела у мышей mdx. Данный феномен требует дальнейшего изучения, однако можно сделать предположение о влиянии жирового обмена на мышечную ткань.

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЕРИНЕЙРОНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ
ПОЯСНИЧНЫХ НЕЙРОНОВ КРЫС ПОСЛЕ ТРАВМЫ СПИННОГО
МОЗГА, ЛОКОМОТОРНОЙ ТРЕНИРОВКИ
И БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ОПТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ
QUANTITATIVE ASSESSMENT OF PERINEURONAL NETS IN LUMBAR
NEURONS OF RATS FOLLOWING SPINAL CORD INJURY, LOCOMOTOR
TRAINING, AND BIOLUMINESCENT OPTOGENETIC STIMULATION**

Т.В. Агеева¹, А.Р. Билалова¹, Е.А.Плотникова¹, Я.О. Мухамедшина^{1,2}
Tatyana Ageeva¹, Aizilya Bilalova¹, Elizaveta Plotnikova¹,
Yana Mukhamedshina^{1,2}

¹*Россия, Казань, Казанский (Приволжский) федеральный университет,*

²*Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет,*

¹*Russia, Kazan, Kazan (Volga Region) Federal University,*

²*Russia, Kazan, Kazan State Medical University*

E-mail: t.povysheva@gmail.com

Травма спинного мозга (ТСМ) приводит к структурным изменениям в нейрональных сетях, включая образование перинейрональных сетей, которые ограничивают синаптическую пластичность. Биолюминесцентная оптогенетика (BL-OG) – метод модификации нейронной активности с помощью опсинов, открывает возможности восстановления нейросетевой организации после ТСМ.

В экспериментах использовались самки крыс породы Wistar (250-300 г), разделённые на три группы: Sham (контроль), SCI (ТСМ без лечения) и BL-OG (ТСМ+BL-OG терапия). Травма моделировалась контузией на уровне Th8 (1,5 м/с). В группу BL-OG вводился вирус AAV-Hb9-LMO3-EYFP с дозой $3,5 \times 10^{13}$ ГК/мл в объёме 10 мкл в области L2. Реабилитация проводилась с 7 по 28 сутки, включая интратекальное введение козлентеразина (СТЗ) для активации люминопсинов. На 28-е сутки был выполнен анализ срезов спинного мозга в пластинках VII–X серого вещества поясничного утолщения. Количество вершин клеток стабильно для всех групп и пластинок, без значительных различий. Площадь и периметр клеток варьируются в зависимости от пластинки, при этом показатели площади и периметра выше в IX пластинке, где локализуются мотонейроны. В VII и VIII пластинках наблюдается достоверное снижение плотности GPC-4 в группе BL-OG на 20% ($p < 0,01$) и 19 % ($p < 0,01$) соответственно. Для других маркеров изменений не наблюдается. В X пластинке также зафиксировано снижение плотности GPC-4 на 21% ($p < 0,001$), в то время как изменения в других маркерах (PARV и WFA) достоверны только в IX пластинке, где плотность PARV увеличивается на 6% ($p < 0,05$), а WFA — на 1% ($p < 0,05$). Биолюминесцентная оптогенетика в совокупности с реабилитацией после ТСМ способствует модуляции компонентов перинейрональной сети, особенно в вентральных отделах поясничного сегмента спинного мозга, что указывает на потенциальные терапевтические эффекты в восстановлении перинейрональной организации. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-75-10041 (<https://rscf.ru/project/23-75-10041/>).

**ВЛИЯНИЕ ТРАНССПИНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
СТИМУЛЯЦИИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ НА ВОЗБУДИМОСТЬ
НЕЙРОНОВ ШЕЙНОГО УТОЛЩЕНИЯ СПИННОГО МОЗГА
EFFECT OF TRANSSPINAL DIRECT CURRENT ELECTRICAL
STIMULATION ON THE EXCITABILITY OF NEURONS OF THE
CERVICAL ENLARGEMENT OF THE SPINAL CORD**

С.С. Ананьев, Е.Д. Благовещенский, В.А. Ляховецкий, Ю.П. Герасименко
A.A. Ananyev, E.D. Blagovechtchenski, V.A. Lyakhovetsky,
Yu.P. Gerasimenko

Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН
Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

E-mail: sergananev13@gmail.com

Одним из, возможных, эффективных воздействий на активность нервных сетей спинного мозга, а соответственно на активность тех или иных мышц является трансспинальная стимуляция постоянным током (тсСПТ). Однако ее эффекты до сих пор не систематизированы, а механизмы недостаточно изучены. Цель данного исследования - оценить эффекты анодной тсСПТ шейного утолщения на возбудимость моторных пулов дистальных и проксимальных мышц рук.

В исследование приняло участие 14 здоровых испытуемых. Для оценки возбудимости нейронных структур шейного утолщения применялась методика вызванных моторных ответов (ВМО) мышц верхних конечностей на импульсную стимуляцию шейного утолщения (C5-C6). ВМО регистрировали до (контроль) и после проведения тсЭСПТ, и спустя 15, 45 и 60 минут (T0-T60). Анодная тсЭСПТ шейного утолщения с расположением электрода в проекции позвонков C7-Th1 и расположением катода в проекции правой ключицы проводилась в течение 11 минут, интенсивность стимуляции составляла 1,5 мА. Оценивалась максимальная амплитуда ВМО мышц верхних конечностей. Для статистической обработки данных применялся двухфакторный дисперсионный анализ с учетом поправок на множественное сравнение ($p \leq 0.05$). Полученные результаты свидетельствуют о снижении ВМО как дистальных, так и проксимальных мышц левой руки после проведения тсЭСПТ во всех временных интервалах (T0-T60). Амплитуды ВМО мышц правой руки на протяжении всех тестирований после тсЭСПТ не изменились. Сравнительный анализ выявил выраженную асимметрию амплитудных характеристик ВМО мышц правой и левой рук.

Применение анодной тсЭСПТ шейного утолщения спинного мозга с расположением катода в проекции правой ключицы представляет мозаичную картину как с точки зрения временного паттерна, так и симметрии ответов. Мы предполагаем, что асимметрия ответов связана с выбранным монтажом электродов. Изменение ответов во времени, возможно, свидетельствует о долговременных процессах, связанных с восстановлением мембранного потенциала сетей спинного мозга, в том числе и мотонейронов, как одних из самых крупных клеток таких сетей.

**ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ ДИНАМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ
СПОРТСМЕНОВ ПРИ СТОЯНИИ НА ОДНОЙ НОГЕ
FEATURES OF REGULATION OF DYNAMIC BALANCE OF
ATHLETES AT UNIPEDAL STANCE**

Андреева А.М., Спиридонов И.О., Мельников А.А.

Andreeva A.M., Spiridonov I.O., Melnikov A.A.

Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

The Russian University of Sport «GTSOLIFK», Moscow, Russia

E-mail: moymioyandex.ru

Определяли постуральную устойчивость у 14 здоровых квалифицированных студентов-спортсменов в вертикальной стойке на подвижной тензоплатформе. Параметры динамического равновесия оценивали с помощью подвижной тензоплатформы Biodex Balance System 3D в стойке на одной (опорной) ноге с открытыми глазами (30 сек) на двух уровнях сложности стояния: 10 (легкий) и 2 (более сложный). Подвижность голеностопа определяли на электронном гониометре Muscle Lab, измеряя максимальную амплитуду сгибания, разгибания, супинации и пронации в голеностопном суставе в положении сидя. Измеряли параметры антропометрии.

Уровень 10 (легкий). Согласно корреляционному анализу Спирмена, при $p < 0,05$, в более простых условиях поддержания динамического равновесия, угол максимального сгибания и пронации голеностопного сустава опорной ноги были тем больше, чем выше риск падения по фронтالي ($r=0,65$), а % пребывания ОЦД в центральной зоне отрицательно коррелировал ($r=-0,67$) с амплитудой сгибания в голеностопном суставе.

Уровень 2 (сложный). Чем больше стаж спортивных занятий, тем более центральное положение занимают тела спортсменов стоя на опорной ноге с открытыми глазами ($r=0,5$ между стажем и временем пребывания ОЦД в центральной зоне), тем меньше их общий риск падения ($r=-0,62$ между общим риском падений и стажем занятий). Корреляционные взаимосвязи между параметрами антропометрии при сложных условиях динамического одноопорного баланса на подвижной платформе многочисленны: общий риск падения ($r=0,75$) и риск падения по сагиттали ($r=0,71$) тем больше, чем выше спортсмены; при большей длине тела процент времени пребывания ОЦД в центральной зоне меньше ($r=-0,75$); чем выше масса тела спортсменов, больше длина ноги и длина стопы, тем выше риск падения по сагиттали ($r=0,66$, $r=0,65$, $r=0,74$ соответственно).

Таким образом, влияние показателей антропометрии (меньшая длина, масса тела, длина ноги и стопы) и большего спортивного стажа обуславливают успешное поддержание равновесия спортсменов на опорной ноге в усложненных условиях стояния на тензоплатформе. Высокая подвижность голеностопа по сагиттали у спортсменов является фактором, снижающим вероятность успешного сохранения одноопорного баланса в более простых условиях динамического равновесия.

**НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ
ПАРАМЕТРОВ НАГРУЗКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СИЛОВЫХ
УПРАЖНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ
NON-INVASIVE METHODS FOR DETERMINING THE TRAINING
PARAMETERS OF THE LOAD WHEN PERFORMING STRENGTH
EXERCISES IN VARIOUS MODES OF OPERATION**

Н.И. Аньшаков, Р. В. Тамбовцева, А.В. Козлов, В.Д. Сонькин

N.I. Anshakov, R.V. Tambovtseva, A.V. Kozlov, V.D. Sonkin

Россия, Москва, РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СПОРТА «ГЦОЛИФК»

Russia, Moscow, RUSSIAN UNIVERSITY OF SPORTS "GTSOLIFK"

E-mail: anshakov.nikolya@mail.ru

Цель исследования – поиск информативных пульсометрических показателей физической нагрузки при выполнении силовых упражнений в различных режимах работы.

Вело-спринтеры (2 человека, КМС, возраст 34 и 19 лет, вес 87,5 и 76 кг, МПК 42 и 45 мл/мин/кг) выполняли тест с повышением нагрузки на велоэргометре Lode, далее в разные дни упражнения со штангой: жим лежа, становая тяга и приседания в режимах 100,90,80,70,60,50% от однократного максимума (1ПМ) до отказа. ЧСС и потребление O_2 измеряли переносным эргоспирометром MetaMax 3В. Концентрацию лактата (La) определяли анализатором Biosen C-Line. Вертикальное перемещение и время движения штанги измерялось с помощью GymAware. По пульсовым суммам (ПС) рассчитывалась удельная интенсивность физиологических затрат упражнения – $УИФЗ_{пс} = СПЗ / \Delta ЧСС_{max}$ (СПЗ – скорость накопления пульсового запроса, $\Delta ЧСС_{max}$ – пульсовой резерв). Доза воздействия нагрузки в упражнении – $ДН_{пс} = t_{упр} \times УИФЗ_{пс}$ ($t_{упр}$ – продолжительность упражнения). По потреблению кислорода аналогично рассчитывались одноименные показатели. Между значениями $УИФЗ_{O_2}$ и $УИФЗ_{пс}$, $ДН_{O_2}$ и $ДН_{пс}$ во всех упражнениях выявлены высокие линейные взаимосвязи (соответственно: $R^2 > 0,9$, $R^2 > 0,9$, $p < 0,05$). Между $УИФЗ_{пс}$ и массой штанги, $УИФЗ_{пс}$ и скоростью накопления максимального La выявлены тесные экспоненциальные взаимосвязи (соответственно: $R^2 > 0,85$, $R^2 > 0,85$, $p < 0,05$). Между $ДН$ и внешней работой выявлены тесные линейные взаимосвязи ($p < 0,05$, $R^2 > 0,80$).

Результаты исследования позволяют расширить область применения предложенных пульсометрических показателей интенсивности энергозатрат и дозы воздействия физической нагрузки на силовые нагрузки, наряду с циклическими.

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ
КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ ТРАВМЕ СПИННОГО МОЗГА У КРЫС**
**INFLUENCE OF PHYSICAL ACTIVITY ON BONE TISSUE RECOVERY
IN SPINAL CORD INJURIES IN RATS**

А. И. Ахметзянова, Т.В. Балтина, Е. В. Семенова, О. А. Саченков
A.I. Akhmetzyanova, T.V. Baltina, E. V. Semenova, O. A. Sachenkov
Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет
Russia, Kazan, Kazan Federal University
E-mail: ahmetzyanovaa@mail.ru

Традиционные методы диагностики костной ткани, такие как денситометрия и КТ, не всегда дают полное представление о состоянии костей и их механических характеристиках [1]. Также отсутствуют методы для ранней диагностики остеопороза после травмы спинного мозга.

Исследование проводилось на 57 белых лабораторных крысах 4-х группах: контроль (n=10); контузинная травма спинного мозга (кТСМ), (n=27); полная травма спинного мозга (ТСМ), (n=8); группа крыс с кТСМ, которых подвергли двигательной тренировке после травмы (кТСМ+Тр), (n=12). На 30-й день эксперимента проводились испытания костей на изгиб, рассчитывались механические свойства. Компьютерная томография использовалась для анализа образцов, данные обрабатывались в программе Avizo. Пористость определялась по количеству вокселей пор в кости в программе MatLab. В ходе исследования измерялись геометрические, массовые и прочностные свойства бедренной и большеберцовой костей.

При кТСМ прочность костей значительно ниже, чем при полном повреждении спинного мозга. Двигательная тренировка после кТСМ приводила к потере прочности костей, но не их эластичности. Анализ изображений показал значительные различия в характеристиках пор между экспериментальными группами. Это исследование поможет понять влияние ТСМ на структуру и прочность костной ткани, что может привести к более эффективным методам лечения и реабилитации.

Работа выполнена при финансовой поддержке, выделенной Казанскому Федеральному университету на выполнение государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2023-0009.

Список литературы

1. Determination of the mechanical properties of bone tissue by numerical and numerical method based on computed tomography data / O. Gerasimov, R. Rakhmatullin, T. Baltina, O. Sachenkov // Russian Journal of Biomechanics. – 2023. – V.27, No3. – P.53–66.

**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ
ЧЕТЫРЁХГЛАВОЙ МЫШЦЫ БЕДРА НА ПОСТУРАЛЬНУЮ
УСТОЙЧИВОСТЬ**
**BIOMECHANICAL FACTORS INFLUENCING THE STRENGTH OF
THE QUADRICEPS FEMORAL MUSCLE ON POSTURAL STABILITY**

М. Э. Балтин, Д. А. Онищенко

M. E. Baltin, D.A. Onishchenko

*Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет «Сириус»*

*Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and
Technology*

E-mail: Baltin.me@talantiuspeh.ru

Постуральная устойчивость и сила мышц взаимосвязаны, и четырёхглавая мышца бедра играет в этом процессе ключевую роль. Исследования показывают, что сила и выносливость четырёхглавой мышцы бедра напрямую связаны с показателями постуральной устойчивости. Эта мощная мышца, участвующая в разгибании коленного сустава и стабилизации тазобедренного сустава, помогает поддерживать равновесие и контролировать движения, что особенно важно для предотвращения падений у пожилых людей и пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Слабость четырёхглавой мышцы может ухудшить баланс и увеличить риск падений, что делает её укрепление важной задачей для улучшения постуральной устойчивости и профилактики травм. Целью данного исследования было изучение взаимосвязи между силой четырёхглавой мышцы бедра и постуральной устойчивостью.

Тестирование силовых возможностей четырёхглавой мышцы проводилось на изокINETическом динамометре IsoMed 2000. Постуральный контроль оценивался на мягкой поверхности стабилметрической платформе. Результаты показали положительную корреляцию между отношением разброса по сагитали к разбросу фронтالي и скоростно-силовой потенциал, что свидетельствует о том, что увеличение силы четырёхглавой мышцы бедра способствует улучшению постуральной устойчивости. Однако коэффициент детерминации указывает на умеренную силу этой связи, подчеркивая важность других факторов в поддержании равновесия. Таким образом, четырёхглавая мышца бедра является важным компонентом постуральной устойчивости, и её укрепление может быть эффективной стратегией для улучшения баланса и профилактики падений, особенно в группах риска, таких как пожилые люди или пациенты с нарушениями опорно-двигательного аппарата.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АНАЭРОБНОГО ПОРОГА У ТРИАТЛЕТОВ-ЛЮБИТЕЛЕЙ
СТАРШЕГО ВОЗРАСТА
COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DETERMINING
THE LACTATE THRESHOLD IN ADULT AMATEUR TRIATHLETES**

А.М. Бекназарова*, Г.В. Искаревский, А.С. Тамразов

A.M. Beknazarova, G.V. Iskarevskii, A.S. Tamrazov

*Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический
университет "Сириус"*

Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University

*E-mail: ansdailys@gmail.com

В последние годы наблюдается высокий интерес к неинвазивным методам определения уровня ПАНО. Такие методы как газоанализ, инфракрасная спектроскопия и ЭМГ, имеют свои ограничения. Газоанализ теряет точность у опытных спортсменов. Популярны сочетанные методы: например, вместе инфракрасная спектроскопия и ЭМГ позволяет определять как общий, так и локальный порог. Сочетание различных методов определения ПАНО открывает возможности для индивидуального подхода к тренировкам.

В исследовании участвовали 10 триатлетов-любителей в возрасте от 30 до 55 лет. Участники выполнили тест со ступенчато-возрастающей нагрузкой на велоэргометре Lode Excalibur PFM (Lode, Нидерланды): начальная мощность - 30 Вт, прирост - 15 Вт/мин, каденс - 85–90 об./мин. Во время теста регистрировали: параметры газообмена, ЧСС, уровень лактата, ИК-спектроскопию (Moxu Monitor, США) и ЭМГ (Delsys, США) с m. vastus lateralis. Дополнительно, уровень лактата в крови определялся не только стандартным методом (ПАНО при 4 ммоль/л), но и набором других (OBLa, Dmax, LTP, Bsln, LTratio).

По группе триатлетов обнаружена разность в определении ПАНО по параметрам лактата в крови и ЭМГ. В сравнении с определением ПАНО по данным ИК-спектрометрии в сочетании с ЭМГ, метод с параметрами лактата в крови показал большую точность. Методы определения ПАНО на основе уровня лактата в крови показали различия в результатах.

Несмотря на недостатки методов (чувствительность к % жира, анализ динамической нагрузки), сочетанное применение различных методов позволяет персонализировать собственные значения для каждого спортсмена.

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА КОГНИТИВНЫЕ
СПОСОБНОСТИ ЛЮДЕЙ СТАРШЕГО ВОЗРАСТА
THE IMPACT OF PHYSICAL EXERCISE ON COGNITIVE FUNCTIONS
IN OLDER ADULTS**

А.М. Бекназарова*, А.А. Пекониди

A.M. Beknazarova, A.A. Pekonidi

*Россия, Федеральная территория Сириус, Научно-технологический
университет "Сириус"*

Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University

*E-mail: ansdailys@gmail.com

Физическая активность замедляет старение, поддерживает метаболическое и когнитивное здоровье. Однократная нагрузка может улучшать когнитивные функции за счет изменений кровотока, уровня BDNF и катехоламинов. Исследования показывают, что интенсивные упражнения способствуют сохранению семантической памяти и улучшению вербального запоминания, что связано с повышением периферического уровня BDNF.

В исследовании участвовали 41 человек (из них 22 женщины, средний возраст $43,6 \pm 1,7$ года), разделенные на контрольную ($n=21$) и экспериментальную ($n=20$) группы. Участники проходили когнитивный тест до и после 15-минутной велоэргометрии (65% от максимальной ЧСС) или просмотра 15-минутного видеоряда в качестве контроля. Когнитивные функции оценивали по скорости распознавания настоящих и псевдослов, что позволяло определить семантическую доступность и скорость обработки информации.

Физическая нагрузка значительно повысила скорость реакции при распознавании слов и псевдослов. Просмотр видео также изменял скорость реакции, но эффект в группе с нагрузкой был более выражен. В контрольной группе ЧСС оставалась стабильной, тогда как в экспериментальной наблюдалось значительное увеличение во время нагрузки и снижение после неё, что подтверждает выполнение физической активности на требуемом уровне интенсивности.

Увеличение скорости реакции и улучшение распознавания слов после физической активности свидетельствуют о её положительном влиянии на когнитивные способности и важной роли в их сохранении.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЙ НЕДЕЛЬНОЙ
И ДВУХНЕДЕЛЬНОЙ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
НА ПОСТУРАЛЬНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF ONE-WEEK
AND TWO-WEEK DRY IMMERSION ON HUMAN POSTURAL STABILITY**

М. П. Бекренева, А. А. Савеко, И. И. Пономарев, Е. С. Томиловская
М. P. Bekreneva, A. A. Saveko, I. I. Ponomarev, E. S. Tomilovskaya
*Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем
РАН*

*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, Russian Academy
of Sciences*

E-mail: mbekreneva@gmail.com

«Сухая» иммерсия (СИ) является широко используемой моделью физиологических эффектов невесомости, обеспечивает условия аксиальной и опорной разгрузки. Несколько дней экспозиции в СИ сопоставимы с несколькими неделями постельного режима. В ходе предыдущих исследований вертикальной устойчивости после СИ было отмечено, что после длительной 21-суточной СИ не наблюдалось значимого увеличения амплитуды колебаний центра давления, подобно эффектам короткого (до 7 суток) иммерсионного воздействия [1]. Было выдвинуто предположение о наличии хронических эффектов СИ, ассоциированных с развитием компенсаторных явлений в системе постурального контроля. Цель работы составляло сравнение изменений параметров постуральной устойчивости после 7- и 14-суточной СИ для определения постуральных явлений, вызванных адаптационными процессами, протекающими после первой недели СИ. Доклад включает промежуточные индивидуальные результаты 4-х испытуемых, выполнявших тест на поддержание вертикального равновесия с визуальной обратной связью (БОС) и с закрытыми глазами непосредственно после 7 и 14 суток СИ. Данные регистрировали с помощью бароподометрического полотна Footscan (Бельгия) и беспроводного миографа Trigno Wireless (США). Результаты теста с БОС согласуются с выдвинутым предположением – у 3 из 4 испытуемых после 14 суток СИ по сравнению с результатами, полученными после 7 суток СИ, наблюдалось снижение скорости колебаний центра давления на $0,45 \pm 0,01$ мм/с, однако в тесте с закрытыми глазами аналогичный феномен отсутствовал. Исследование поддержано Российским научным фондом № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

Список литературы

1. Карточка проекта №19-15-00435, поддержанного Российским научным фондом [Электронный ресурс]. – URL: https://rscf.ru/prjcard_int?22-15-35030.

**БИЛАТЕРАЛЬНАЯ СТАБИЛОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКТИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ
В СПОРТЕ**
**BILATERAL STABILOGRAPHY IN ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF
VERTICAL POSTURE CORRECTION IN SPORTS**

Е. М. Бердичевская

E. M. 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

Контроль функционального состояния спортсменов на основе методов и средств компьютерной стабیلοграфии не имеет альтернатив по чувствительности к отклонениям и нормализации функционального состояния, возможности формирования индивидуальных и групповых нормативов, мониторингу текущего состояния. Нами была исследована эффективность стабیلοграфии для диагностики постурального состояния и его индивидуальной коррекции у юных футболистов – правой (возраст 13-15 лет, стаж игры–8-9 лет). Двухплатформенный стабیلοанализатор «Стабилан-01» позволил провести билатеральный анализ параметров, дифференцируя вклад правой (ведущей) и левой (неведущей) опоры в сохранение вертикализации [1]. После предварительной врачебной диагностики, которая выявила у большинства исследуемых дисфункцию различных звеньев кранио-сакральной оси, проведено первое, а после 4х недель индивидуализированной коррекции нарушений опорно-двигательного аппарата – повторное исследование. Обнаружены положительные стабیلοграфические результаты: в тесте Ромберга при закрытых глазах улучшилось проприоцептивное звено постуральной системы регуляции, а при открытых глазах снизились энерготраты на поддержание вертикальной позы. Установлен вклад ведущей и неведущей опоры. Результаты свидетельствуют о целесообразности использования билатеральной стабیلοграфии в спорте, как для групповой, так и индивидуальной оценки качества постурального контроля и его динамики при воздействии различных факторов.

Список литературы

1. Бердичевская, Е.М. Компьютерная билатеральная стабیلοграфия в оценке физиологической дихотомии «симметрия-асимметрия» постуральной регуляции в спорте / Е.М. Бердичевская [и др.] // XXIII съезд физиологического общества им. И.П.Павлова с международным участием: сборник трудов (Воронеж, 18–22 сентября 2017 года 2017 года). – М.: Издательство «Истоки», 2017. – С. 2079–2081.

**ОСОБЕННОСТИ БИОПOTЕНЦИАЛОВ МОЗГА У ДЕТЕЙ
С ТЯЖЕЛЫМИ МОТОРНЫМИ ПАТОЛОГИЯМИ ВЕРХНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ**
**BRAIN BIOPOTENTIALS IN CHILDREN WITH SEVERE MOTOR
PATHOLOGIES OF THE UPPER EXTREMITIES**

Е.Д. Благовещенский

E. Blagovechtchenski

Россия, Москва, Институт когнитивных нейронаук, НИУ ВШЭ

Russia, Moscow, Institute for Cognitive Neuroscience, HSE

E-mail: eblagovechensky@hse.ru

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) является чувствительным методом для выявления особенностей работы мозга как в покое, так и при обработке той или иной информации. В данной работе мы приводим данные 4х исследований с применением различных парадигм у детей моторными нарушениями и здоровых детей.

Цель работы: оценить различные эффекты в ЭЭГ при различных когнитивных задачах.

В исследованиях приняло участие в сумме 159 пациентов и 163 здоровых ребенка. В качестве пациентов были дети с диагнозом артрогрипоз и акушерский парез Дюшен-Эрба с осложнениями на верхние конечности. Использовалась запись ЭЭГ как в спокойном состоянии, так и при когнитивных нагрузках. Также использовался метод вызванных потенциалов (ВП) ЭЭГ при предъявлении слов связанных с движениями разных конечностей.

Результаты показали, что пациенты с моторными нарушениями отличались от здоровых детей при сравнении ЭЭГ в состоянии покоя. Основные отличия выражались в общем падении мощностей основных диапазонов спектров у больных детей. При когнитивной нагрузке достоверного отличия не наблюдалось, однако имелось отличие в нейродинамических характеристиках в диапазоне альфа-ритма. Наблюдалась корреляция изменение мощности альфа-ритма с эффективностью реабилитации. Метод ВП показал изменение пассивной реакции мозга на слова, связанные с движением рук у пациентов, по сравнению со здоровыми детьми.

Таким образом, метод ЭЭГ/ВП может быть использован как биомаркер моторных расстройств у детей. Мы предполагаем, что его использование необходимо для перехода к персонализированному подходу в современной медицине.

**КАК ВООБРАЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ СТОП
ПРИ УПРАВЛЕНИИ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОМ ВЛИЯЕТ
НА АКТИВНОСТЬ МЫШЦ НОГ?
HOW DOES MOTOR IMAGERY OF FEET DURING BCI CONTROL
AFFECT THE ACTIVITY OF THE LEG MUSCLES?**

Е. В. Боброва¹, В. В. Решетникова¹, А. А. Гришин¹, Е. А. Вершинина¹,
И. Н. Богачева¹, Н. А. Щербак¹, М. Р. Исаев^{2,3}, П. Д. Бобров^{2,3},
Ю. П. Герасименко¹

E. V. Bobrova¹, V. V. Reshetnikova¹, A. A. Grishin¹, E. A. Vershinina¹,
I. N. Bogacheva¹, N. A. Shcherbakova¹, M. R. Isaev^{2,3}, P. D. Bobrov^{2,3},
Yu. P. Gerasimenko¹

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН

²Россия, Москва, Институт высшей нервной деятельности и
нейрофизиологии РАН

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

¹Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of
Sciences

²Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,
Russian Academy of Sciences

³Russia, Moscow, Pirogov Russian National Research Medical University
E-mail: eabobrovy@yandex.ru

При работе с нейроинтерфейсами, основанными на воображении движений, пользователь должен воображать, но не осуществлять движение. Литературные данные об активности мышц при этом противоречивы.

Мы анализировали ЭМГ мышц ног 42 здоровых волонтеров при управлении нейроинтерфейсом, основанным на кинестетическом воображении тыльного сгибания стоп, без и с активацией механотренажера, пассивно осуществляющего воображаемое движение в случае его успешного воображения. Оказалось, что у большинства испытуемых при воображении движений увеличивается активность мышц голени, в среднем по испытуемым на 50-70% по сравнению с покоем, а также значимо, но в меньшей степени (не более чем на 10%) – мышц-антагонистов и мышц бедра. Добавление к работе нейроинтерфейса механотренажера увеличивает ЭМГ мышц голени на 100-200% и уменьшает активность мышц бедра.

Таким образом, работа с нейроинтерфейсом, основанным на воображении движений, приводит к существенным увеличениям активности мышц, движение которых воображается, а добавление механотерапии приводит к увеличению адресности воздействия, обеспечивая возможности оптимальной активации механизмов нейропластичности.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411782-5-3.1.8).

**ЭФФЕКТЫ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ ГОЛЕНИ В СОЧЕТАНИИ
СО СПИНАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИЕЙ НА КИНЕМАТИКУ ХОДЬБЫ У
ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ**

**EFFECTS OF ANKLE MUSCLES STIMULATION COMBINED
WITH SPINAL STIMULATION ON WALKING KINEMATICS
IN HEALTHY HUMANS**

И.Н. Богачева, Н.А. Щербакова, А.А. Ананьев, В.А. Ляховецкий,
А.А. Гришин, Т.Р. Мошонкина, Ю.П. Герасименко
I.N. Bogacheva, N.A. Shcherbakova, A.A. Ananyev, V.A. Lyakhovetsky,
A.A. Grishin, T.R. Moshonkina, Yu.P. Gerasimenko
Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН
Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of
Sciences
E-mail boiss@mail.ru

Для пациентов после инсульта типичным является волочение стопы при ходьбе, и проблема облегчения движений в голеностопном суставе имеет важное значение. С этой целью применяли непрерывную стимуляцию локомоторных нейронных сетей спинного мозга и ритмическую стимуляцию сгибательных/разгибательных мышц голени.

Цель работы. Определить изменения кинематических параметров шага здоровых испытуемых во время ходьбы на беговой дорожке при электрической стимуляции *m. gastrocnemius* (Gs) и *m. tibialis anterior* (TA) в соответствующие периоды шагательного цикла на фоне непрерывной мультисегментарной чрескожной стимуляции спинного мозга (ЧССМ).

Здоровые добровольцы (N=8) выполняли шагательные движения по движущейся ленте тредбана “Venus” (скорость 1.5 км/ч). Стимуляцию спинного мозга и стимуляцию мышц правой ноги осуществляли посредством устройства для многоканальной ЧССМ «Нейропротез» (ООО “Косима”, Россия). Оценивали различия средних групповых значений кинематических параметров ходьбы при периферической, спинальной стимуляции и их сочетании (непараметрический парный Т-критерий Уилкоксона, $p < 0.05$). Показано, что стимуляция *m. Gs* (в разных сочетаниях), вызывала подошвенное сгибание стопы, оказывала значимое влияние на размах движений в суставах стимулируемой ноги и вызывала увеличение подъема ноги над поверхностью опоры. Билатеральные эффекты в нестимулируемой (контралатеральной) ноге выражены в большинстве случаев как тенденция. Во время стимуляции *m. TA* правой ноги, (при стимуляции только *m. TA* и различных сочетаниях) достоверно увеличивалась амплитуда тыльного сгибания стопы и уменьшалась асимметрия движений правой и левой ноги.

ЧССМ в сочетании с адресной стимуляцией мышц голени в определенные фазы шагательного цикла является эффективным методом регуляции ходьбы, и может быть рекомендована для клинического применения.

**ПОСТУРАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТХЭКВОНДИСТОВ
НА ЭТАПАХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА
POSTURAL STABILITY OF TAEKWONDO PLAYERS
AT THE STAGES OF THE TRAINING PROCESS**

Я. Е. Бугаец

Y. E. 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

Изменение вертикальной устойчивости тхэквондистов в тренировочном цикле может свидетельствовать об уровне адаптации постуральной системы к предъявляемым нагрузкам [1, 2]. В связи с этим, был проведен анализ параметров стабильнографического теста, характеризующего произвольный контроль поддержания динамического равновесия.

У 10 тхэквондистов 20-22 лет (КМС) проводили стабильнографическую оценку динамической вестибулярной устойчивости в специально-подготовительном и переходном периодах учебно-тренировочного процесса.

Полученные результаты выявили статистически значимое снижение только стабильнографического параметра оценки движения на 16%, что характеризует устойчивость регуляторных механизмов поддержания равновесия тела, активацию связей между сенсорными и корковыми представительствами. Можно отметить развитие общих и специфических механизмов устойчивости к утомлению и высокий уровень поддержания работоспособности у тхэквондистов [3].

Список литературы

1. Тришин, А.С. Особенности постуральной устойчивости у баскетболистов в течение годичного макроцикла тренировочного процесса / А.С. Тришин, Е.М. Бердичевская, Е.С. Тришин // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8, № 4. – С. 138 – 145

2. Сарайкин, Д.А. Динамика постурального баланса в вертикальной позе тхэквондистов высокой квалификации в годовом макроцикле / Д.А. Сарайкин, В.В. Епишев, В.И. Павлова, Ю.Г. Камскова // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 3. – С. 25-34.

3. Назаренко, А.С. Поддержание равновесия тела на фоне физического утомления после субмаксимальной аэробной нагрузки у спортсменов разных специализаций / А.С. Назаренко, Ф.А. Мавлиев, Н.В. Рылова, А.С. Чинкин // Практическая медицина. – 2015. — Т. 1, №3 (88). – С. 65-68.

**ДИНАМИКА ВЕЛИЧИНЫ ОПОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ДЛИТЕЛЬНОМ
КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ КАК ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ
ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В
КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ**
**DYNAMICS OF THE VALUE OF SUPPORT REACTIONS IN A LONG-
TERM SPACE FLIGHT AS ONE OF THE APPROACHES TO
INDIVIDUALIZATION OF PREVENTIVE MEASURES IN SPACE FLIGHT**

А.А. Буракова, А.О. Савинкина, Е.В. Фомина

A.A. Burakova, A.O. Savinkina, E.V. Fomina

Россия, Москва, Государственный научный центр Российской Федерации -

Институт медико-биологических проблем РАН

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

E-mail: burakovaanya@ya.ru

Тренировки на бегущей дорожке являются основой российской системы профилактики негативных влияний невесомости и, наряду с силовыми тренировками, обеспечивают воспроизведение эффектов весовой нагрузки по вертикальной оси тела и опорной нагрузки на рецепторы опоры стопы, что позволяет противодействовать негативным эффектам микрогравитации. Величина опорных реакций индивидуальна и одновременно определяется скоростью и режимом локомоций, а также величиной притяга. Величина опорных реакций во время локомоций на бегущей дорожке имеет обратную взаимосвязь с послеполетными изменениями в нервно-мышечной системе.

Были проанализированы величины опорных реакций космонавта в тренировках на бегущей дорожке БД-2 во время двух длительных орбитальных КП на МКС. Длительность полетов составляла 6 месяцев, между КП прошло 4 года. Величина опорных реакций определялась по данным тензометрических датчиков, расположенных под полотном бегущей дорожки БД-2. Оценивались средние и максимальные значения опорной реакции в килограммах на различных скоростях и в различных режимах движения полотна бегущей дорожки.

На начальном этапе полета значения опорных реакций были снижены. Величина опорных реакций на протяжении всего первого КП была выше в активном режиме движения полотна по сравнению с пассивным режимом при одних и тех же скоростях движения. Эта индивидуальная характеристика опорных реакций космонавта не изменилась во втором КП, что, по нашему мнению, обусловлено формированием и восстановлением соматического комплексного двигательного навыка. Таким образом, индивидуальные характеристики локомоций на неустойчивой опоре сохраняются при повторных КП, однако требуется время для восстановления соматического комплексного двигательного навыка. Работа поддержана базовым финансированием РАН (тема FMFR-2024- 0037).

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА
СПРИНТЕРСКУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ВЫСОТУ ПРЫЖКА
У ФУТБОЛИСТОВ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР
И СЕТЕВОЙ МЕТА-АНАЛИЗ**

**EFFECTS OF VARIOUS EXERCISE INTERVENTIONS ON SPRINT
PERFORMANCE AND JUMP HEIGHT IN SOCCER PLAYERS: A
SYSTEMATIC REVIEW AND NETWORK META-ANALYSIS**

Ван Ян, Ло Цзысюань, Чжан Муянь, Л.В. Капилевич
Wang Yang, Luo Zixuan, Zhang Muyan, L.V. Kapilevich
Россия, Томск, Томский государственный университет
Russia, Tomsk, Tomsk State University,
E-mail: 695427144@qq.com

Проведен мета-анализ 42 рандомизированных контролируемых исследований с участием 1285 футболистов, используя сетевой мета-анализ. Целью исследования было оценить влияние различных тренировочных вмешательств на спринтерскую производительность и высоту прыжка у футболистов, сравнив эффективность тренировки на ловкость, силу, прыжковую мощность, скорость, выносливость и функциональную тренировку.

Результаты показали, что тренировка на ловкость была наиболее эффективной для улучшения результатов на коротких дистанциях (5 м и 10 м), в то время как силовая тренировка и тренировка на выносливость показали наибольшую эффективность на длинных дистанциях (30 м, 40 м) и для высоты прыжка. Тренировка на ловкость имела наибольшую вероятность улучшения коротких спринтов (SUCRA = 93,2%).

Таким образом, тренировка на ловкость эффективна для коротких спринтов, а силовая тренировка и тренировка на выносливость — для длинных спринтов и высоты прыжка.

**ДИНАМИКА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВИ В НИЖНИЕ
КОНЕЧНОСТИ ПРИ ОРТОСТАЗЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРЕБЫВАНИЯ
В АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОКИНЕЗИИ СОЧЕТАННОЙ
С ИСКУССТВЕННОЙ СИЛОЙ ТЯЖЕСТИ
DYNAMICS OF BLOOD REDISTRIBUTION TO THE LOWER
EXTREMITIES IN TILT TEST UNDER THE INFLUENCE OF BED REST
COMBINED WITH ARTIFICIAL GRAVITY**

О.Л. Виноградова¹, Р.Ю. Жедяев¹, А.Н. Хробостова¹, О.С. Тарасова²,
А.В. Сальников¹, М.И. Колотева¹, А.С. Боровик¹

O.L. Vinogradova¹, R.Yu. Zhedyaev¹, A.N. Khrobostova², O.S. Tarasova²,
A.V. Salnikov¹, M.I. Koloteva¹, A.S. Borovik¹

¹Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИМБП РАН

²Россия, Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова

¹Russia, Moscow, SRC RF – IBMP RAS

²Russia, Moscow, M. V. Lomonosov Moscow State University

E-mail: microgravity@mail.ru

Пребывание в невесомости может привести к ортостатической неустойчивости. Антиортостатическая гипокинезия (АНОГ) — модель перераспределения жидких сред организма в краниальном направлении (один из эффектов микрогравитации). Периодическое создание искусственной гравитации во время АНОГ может замедлить развитие ортонеустойчивости.

12 молодых здоровых добровольцев находились в условиях АНОГ 21 день. 5 из 12 добровольцев с 8 дня подвергались интервальным дозированным перегрузкам направления «голова-ноги» в центрифуге короткого радиуса общей длительностью до 35 минут, раз в 3 дня. Методом спектроскопии в ближнем инфракрасном диапазоне оценивали общий (tHb), оксигенированный (OHb) и дезоксигенированный (HHb) гемоглобин в m. gastrocnemius medialis при пассивной ортопробе (15 мин) до и на 19 день АНОГ.

У здоровых добровольцев после пребывания в АНОГ при вертикализации наблюдается рост OHb, HHb и tHb в сравнении с тестированием до АНОГ ($p < 0.05$), что отражает увеличение кровенаполнения мелких сосудов при ортостазе. Отсутствие после АНОГ снижения OHb после первичного быстрого роста при вертикализации может быть связано с нарушением компенсаторной вазоконстрикции сосудов голени.

У группы, подвергшейся центрифугированию, к концу вертикализации различия в динамике tHb, OHb и HHb между тестированиями до и на 19 день АНОГ практически отсутствовали. Динамика OHb отличалась в двух группах, что может отражать сохранение способности к вазоконстрикции мелких сосудов нижних конечностей при вертикализации после центрифугирования. Выполнено при финансовой поддержке программы фундаментальных научных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН (тема FMFR-2024-0032).

ИНТЕГРАЦИЯ ПРЫЖКОВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В СКОРОСТНО-СИЛОВУЮ ТРЕНИРОВКУ ФУТБОЛИСТОВ
IMPLEMENTATION OF JUMPING EXERCISES IN SPEED-STRENGTH TRAINING OF FOOTBALL PLAYERS

А.В. Воронов¹, А.В. Шпаков^{1,2}, А.В. Воронова¹, Н.Н. Соколов¹,
Г.К. Чилингарян³
A.V. Voronov¹, A.V. Shpakov^{1,2}, A.V. Voronova¹, N.N. Sokolov¹,
G.K. Chilingarian³

¹ Россия, Москва, ГНЦ РФ-ИМБП РАН

² Россия, Москва, ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

³ Россия, Долгопрудный, Московский физико-технический институт

¹ Russia, Moscow, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports

² Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, RAS

³ Russia, Dolgoprudny, Moscow Institute of Physics and Technology

E-mail: voronov3057@gmail.com

Задача педагогического эксперимента состояла в оценке эффективности интеграции прыжков с силовыми упражнениями футболистов. Прыжковые упражнения повышают скоростной компонент мощности при ускорениях, улучшают межмышечную координацию, десенсибилизируют сухожильные органы Гольджи. Скоростно-силовая тренировка кроме силовых упражнений со штангой (приседания с весом в % от ПМ) включала следующие виды прыжков: вверх полуприседа (ПП) начальный угол в коленном суставе 90 градусов, с подседом (СП, руки на поясе), с подседом и махом рук (СМР). Тренировки проводили в период ноябрь 2023 г. – май 2024 г. 2 раза в неделю в подготовительном периоде (ноябрь-февраль) и 1 раз в соревновательном периоде (март-май). В эксперименте приняли участие юноши ФК «Салют-2» (n=12): 17-18 лет; 171,1±9,5 см; 65,3±9,5 кг.

Контроль высоты прыжков осуществлялся с помощью ПАК «СпортТест». Высота прыжков в ноябре составляла: ПП – 30,5±3,1 см, СП – 33,9±3,5 см, СМР – 41,8±4,4 см (ноябрь); в мае: ПП – 31,8±2 см; СП – 36±1,8 см; СМР – 45,8±3 см. Достоверное увеличение высоты прыжков (при p<0,01) зарегистрировано при прыжках СП и СМР. Для оценки эластического корсета мышц нижних конечностей (НК) сравнивали высоту прыжка из ПП с высотой прыжка СП. Чем выше высота прыжков с подседом, тем больше запасается потенциальной энергии в эластическом корсете НК. Средний коэффициент эластичности по команде в ноябре составил 9±6%, в мае 12±3%. Уровень координации оценивали по изменению высоты прыжка СМР по отношению к высоте прыжка с СП. Межмышечная координация в ноябре составила 19±6%, в мае 20±4%. Достоверное увеличение высоты прыжков СП, СМР, повышение упруго-вязких свойств мышц, улучшение межмышечной координации свидетельствует об эффективности интеграции прыжковых упражнений с силовой тренировкой футболистов. Работа выполнена по теме Госзадания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24-00 (код темы № 001-22/4).

**ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ОПОРНЫХ ЗОН
СТОП НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ ЗАДАЧИ**
**EFFECT OF MECHANICAL STIMULATION OF THE FOOT
SUPPORT ZONES ON VISUAL-MOTOR TASK PERFORMANCE**

С.О. Глаголева, Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова
S.O. Glagoleva, N.V. Miller, L.N. Zbova

Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН
Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of
Sciences

E-mail: LanaTechg@yandex.ru

Факторы космического полета, в особенности микрогравитация и опорная разгрузка, негативно влияют на качество выполнения зрительно-моторных задач. Основные их эффекты связаны с изменениями опорно-двигательного аппарата (например, снижение тонуса мышц), когнитивных и сенсомоторных функций (снижение скорости реакции, точности моторного контроля).

Механическое воздействие на опорные зоны стоп с имитацией локомоторных паттернов стимуляции в этих условиях вносит существенный вклад в восстановление баланса и координации позы. Активизация рецепторов в этой области способствует поддержанию функционального состояния скелетных мышц. Опорная афферентация может обеспечивать быструю адаптацию к изменениям в пространственной ориентации, что особенно важно для сохранения работоспособности космонавтов. Однако изучению подобного воздействия на качество операторской деятельности до сих пор уделялось недостаточно внимания.

В рамках исследования влияния измененной опорной нагрузки на выполнение зрительно-моторной задачи проведена оценка скоростных и точностных характеристик ее выполнения во время механической стимуляции стоп в статическом режиме.

Имеющиеся на сегодняшний день данные не позволяют с уверенностью говорить об однозначном эффекте воздействия. Наблюдаемый результат демонстрирует слабовыраженные эффекты стимуляции на систему планирования и воспроизведения движений, требующих точного контроля. Данная работа посвящена критической оценке выдвинутой гипотезы о положительном влиянии механической стимуляции опорной зоны стоп на выполнение зрительно-моторной задачи, а также формулированию новых гипотез.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

**ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОСТОЙ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ
РЕАКЦИИ КИБЕРСПОРТСМЕНОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
DYNAMICS OF INDICATORS OF SIMPLE VISUAL-MOTOR REACTION
OF CYBERSPORTSMEN
UNDER THE INFLUENCE OF SPECIALIZED PHYSICAL TRAINING**

Д.И. Гончаренко, А.П. Бровкин

D.I. Goncharenko, A.P. Brovkin

*Россия, Казань, Поволжский государственный университет физической
культуры, спорта и туризма*

Russia, Kazan, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism

E-mail: vaymilay@gmail.com

В современном мире киберспорт становится все более популярным и профессиональным видом деятельности, требующим комплексного подхода к подготовке спортсменов.

В рамках проведенного формирующего педагогического эксперимента были сформированы две группы киберспортсменов, специализирующихся в соревновательной дисциплине «Dota 2». В ходе данного исследования регистрировалась с помощью системы психофизического тестирования (Нейрософт. Психотест) простая зрительно-моторная реакция (мс) [1].

Анализ динамики психофизических показателей выявил значительное улучшение простой зрительно-моторной реакции в обеих группах испытуемых. В экспериментальной группе среднее улучшение составило 11,83% (диапазон от 3,67% до 23,37%, $p=0,001$), при этом отрицательная динамика наблюдалась лишь у двух участников. В контрольной группе улучшение составило 10,47% (диапазон от 4,51% до 24,18%, $p=0,002$), с отрицательной динамикой у одного спортсмена.

Положительная динамика может быть обусловлена систематическим применением упражнений нейроатлетического блока, направленных на развитие межполушарных связей и активизацию работы вестибулярного аппарата, что способствует улучшению нейропластичности и оптимизации проведения нервных импульсов. Комплексное воздействие данных упражнений предположительно привело к оптимизации работы зрительно-моторной системы и, как следствие, к улучшению показателей простой зрительно-моторной реакции у киберспортсменов.

Список литературы

1. Гончаренко, Д. И. Исследование эффективности методики физической подготовки в компьютерном спорте / Д. И. Гончаренко, Ф. Р. Зотова // Наука и спорт: современные тенденции. – 2024. – Т. 12, № S2 (47). – С. 91-98. – DOI 10.36028/2308-8826-2024-12-S2-91-98.

**СТАДИЯ РАЗВИТИЯ ДРОЗОФИЛЫ ВО ВРЕМЯ КОСМИЧЕСКОГО
ПОЛЕТА ВЛИЯЕТ НА ВОЗМОЖНОСТЬ АДАПТАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ
К ГРАВИТАЦИИ**
**DROSOPHILA DEVELOPMENTAL STAGE DURING SPACEFLIGHT
AFFECTS THE POSSIBILITY OF BEHAVIORAL ADAPTATION TO
GRAVITY**

А. А. Гончарова, Н. Г. Беседина, Л. В. Даниленкова,
Е. А. Камышева, Ю. В. Брагина

A. A. Goncharova, N. G. Besedina, L. V. Danilenkova,
E. A. Kamysheva, J. V. Bragina

*Россия, Санкт-Петербург, ФГБУН Институт физиологии
им. И.П. ПавловаРАН*

*Russia, St. Petersburg, I.P. Pavlov Institute of Physiology,
Russian Academy of Sciences*

E-mail: goncharovaaa@infran.ru

Факторы космического полета (КП) оказывают влияние на все уровни организации живых организмов. Ограничения, накладываемые условиями КП на содержание, необходимые манипуляции, вес, делают дрозофилу наиболее подходящим объектом для космических исследований. Единство базовых молекулярно-генетических процессов дрозофилы и млекопитающих, в том числе человека, свидетельствует о высокой актуальности получаемых данных.

Поведение является интегративным показателем физиологического состояния организма. В данной работе представлено сравнение динамики восстановления параметров поведения самцов дрозофилы после КП на разных стадиях развития (личинки, куколки, имаго). После возвращения на Землю были проведены тесты на взбирание, двигательную активность, поведение ухаживания и звукопродукцию. Полет на МКС на стадии имаго оказал негативное влияние на все формы поведения. Однако через 2-4 недели после КП наблюдалось восстановление большинства параметров. В то же время изменения параметров поведения у мух, летавших в космос личинками, но проходивших финальные стадии метаморфоза на Земле, практически отсутствовали. У мух, проходивших метаморфоз на МКС, обнаружены необратимые нарушения параметров поведения и работы песенного центрального генератора моторного паттерна.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о наличии критического периода воздействия факторов КП (стадия метаморфоза) на поведение самцов дрозофилы.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБУН ИФ РАН (№ 1021062411629-7-3.1.4) и при финансировании госкорпорации «Роскосмос». Выражаем благодарность ЦКП «Биоколлекция» ИФ РАН и научному руководителю КЭ «Цитомеханариум» проф. И.В. Огневой.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НИЖНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ НА ФОНЕ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
НА ДИНАМИКУ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КРОВИ ПРИ ОРТОСТАЗЕ
INFLUENCE OF LEG MUSCLES ELECTRICAL MYOSTIMULATION
DURING «DRY» IMMERSION ON BLOOD REDISTRIBUTION
DYNAMICS IN TILT-TEST**

Р. Ю. Жедяев¹, А.С. Боровик¹, О. С. Тарасова², И.В. Рукавишников¹,
И.И. Пономарев¹, А. Н. Хробостова², В. А. Яшина², О. Л. Виноградова¹
R.Yu. Zhedyayev¹, A.S. Borovik¹, O.S. Tarasova², I.V. Rukavishnikov¹,
I.I. Ponomarev¹, A.N. Khrobostova², V.A. Yashina², O.L. Vinogradova¹

¹Россия, Москва, ГНЦ РФ – ИББП РАН

²Россия, Москва, МГУ им. М. В. Ломоносова

¹Russia, Moscow, SRC RF – IBMP RAS

²Russia, Moscow, M. V. Lomonosov Moscow State University

E-mail: zhedyayev-r@mail.ru

Гравитационная разгрузка приводит к развитию ортостатической неустойчивости, одной из причин которой является избыточное накопление крови в сосудах нижних конечностей при вертикализации вследствие нарушения регуляции тонуса сосудов. Одним из воздействий, положительно влияющих на локальные механизмы регуляции кровотока при гипокинезии, является электростимуляция скелетных мышц (ЭМС). Цель исследования – оценить влияние ЭМС нижних конечностей на фоне 7-суточной «сухой» иммерсии (СИ - модель гравитационной разгрузки) на динамику перераспределения крови в нижнюю часть тела при ортостазе.

13 молодых здоровых добровольцев, находились в условиях СИ в течение 7 суток. Десять добровольцев проходили ежедневные тренировки с ЭМС передней и задней поверхности голени и бедра (группа СИ+ЭМС); трое – не подвергались профилактическим воздействиям (группа СИ). До и на первые сутки после СИ проводили 3-минутную ортопробу, в течение которой непрерывно регистрировали ЭКГ, АД (Finometer, Нидерланды), а также содержание оксигенированного (ОНб), дезоксигенированного (ННб) и общего гемоглобина (тНб) в медиальной головке икроножной мышцы (NIRO-200, Япония).

В группе СИ при вертикализации наблюдали однонаправленное повышение тНб (отражает увеличение кровенаполнения мелких сосудов при ортостазе) в сравнении с тестированием до СИ, что связано как с увеличением содержания ННб, так и с изменением динамики накопления ОНб, отражающей уменьшение компенсаторной вазоконстрикции сосудов голени в условиях СИ. В группе СИ+ЭМС резко уменьшался прирост ОНб, и, как следствие, тНб при вертикализации, что может отражать усиление способности к вазоконстрикции мелких сосудов мышц нижних конечностей под влиянием ЭМС. При поддержке Минобрнауки России (№ 075-15-2022-298 от 18.04.2022 г.).

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛИТНЫХ
ФИГУРИСТОК-ОДИНОЧНИЦ ПО ДАННЫМ
СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**
**THE CHARACTERISTICS OF VERTICAL STABILITY IN ELITE SINGLE
SKATERS ACCORDING TO THE DATA FROM STABILOMETRIC
TESTING**

Н. Н. Захарьева, И. Д. Коняев, Д. А. Рыбкин

N. N. Zakharyeva, I. D. Konyaev, D. A. Rybkin

Россия, Москва, РУС «ГЦОЛИФК»

Russia, Moscow, RUS «GTSOLIFK»

E-mail: zakharyeva.natalia@mail.ru

У 20 фигуристок-одиночниц высокой квалификации, занимающихся фигурным катанием на коньках (ФК), имеющих высокую квалификацию, оценены показатели вертикальной устойчивости по результатам выполнения стабилOMETРИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ на базе лаборатории научно-методического сопровождения спортивных сборных команд. Средний возраст спортсменок составил: $18,8 \pm 0,7$ лет; в среднем стаж занятий ФК: $13,9 \pm 1,1$ лет; объем тренировочной нагрузки: $26,7 \pm 0,3$ (часы в неделю). Вделены 2 группы сравнения спортсменок: 1 группа (gr1) – МС, занимающие призовые места на соревнованиях ($n=10$); 2 группа (gr2) – фигуристки спортивной квалификации КМС и I взрослый спортивный разряд ($n=10$). Выполнены тесты, оценивающие вертикальную устойчивость: «Мишень», «Устойчивость в позе Ромберга» на 2-х ногах и отдельно на каждой ноге, тест «Устойчивость в специфической позе» (стойка «ВЫКАТ» на опорной ноге со зрительным контролем и его ограничением) на отечественном стабилоанализаторе Стабилан 01-2 (ЗАО ОКБ «РИТМ», г. Таганрог).

Установлены различия показателей вертикальной устойчивости у фигуристок групп сравнения при выполнении теста «Мишень» по показателям: средняя скорость перемещения центра давления ($gr1 < gr2$ при $p \leq 0,05$), среднее направление колебаний ($gr1 > gr2$ при $p \leq 0,04$), длина траектории по сагитали ($gr1 < gr2$ при $p \leq 0,01$). В тесте Ромберга, выполненного на 2-х ногах выявлены различия по параметрам: площадь доверительного эллипса ($gr1 < gr2$ при $p \leq 0,05$), длина траектории по фронтالي ($gr1 < gr2$ при $p \leq 0,05$), длина траектории по сагитали ($gr1 < gr2$ при $p \leq 0,05$). Самым информативным в отношении выявления межгрупповых различий является тест «Устойчивость в специфической позе», где у спортсменок из gr1 установлены лучшие возможности поддержания вертикальной позы, что подтверждается меньшими величинами значений показателей: коэф. Ромберга ($p \leq 0,05$), площади эллипса ($p \leq 0,01$), среднего разброса ($p \leq 0,05$), средней скорости перемещения центра давления ($p \leq 0,05$), длины траектории по фронтали и сагитали ($p \leq 0,05$), качества функции равновесия ($p \leq 0,05$). При выполнении тестов с ограничением зрительного контроля различия указанных показателей увеличиваются до $p \leq 0,01$.

**ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЕЧНОЙ
АКТИВНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АТАКУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ В
АРМРЕСТЛИНГЕ
ELECTROMYOGRAPHIC STUDY OF MUSCLE ACTIVITY DURING
THE PERFORMANCE OF ATTACKING ACTIONS IN ARM
WRESTLING**

А.А. Зверев, Н.Н. Чершинцева, Е.Е. Платошкина, Е.С. Ниази, А.О. Федянин,
Ю.И. Смолина, Д.Р. Ислямов

A.A. Zverev, N.N. Chershinceva, E.E. Platoshkina, E.S. Niazi, A.O. Fedianin, J.I.
Smolina, D.R. Isliamov

*Россия, Казань, Поволжский государственный университет физической
культуры, спорта и туризма*

*Russia, Kazan, Volga Region State University of Physical Culture, Sports and
Tourism*

E-mail: Alekcei5@rambler.ru

Армрестлинг представляет собой состязание, в котором двое соперников используют одну руку для приложения усилия. В ходе поединка участники опираются локтем на устойчивую поверхность, захватывают друг друга руками и стремятся прижать руку противника к специальной поверхности. Активация мышц играет ключевую роль в успехе этого спорта. Для оценки мышечной активности используется метод поверхностной электромиографии (ПЭМГ), который важен в биомеханике и биомедицине. Полученные сигналы ПЭМГ помогают в разработке клинических подходов, диагностике и изучении анатомии работы мышц. Целью нашего исследования явилось изучение электрической активности мышц пояса верхней конечности при выполнении различных атакующих техниках. Исследование биоэлектрической активности мышц проводилось в Поволжском ГУФКСиТ с использованием беспроводных сенсоров «Нейросенс» и ПО BMViewer (Нейрософт, Россия). Регистрировались амплитудно-временные показатели мышц предплечья, дельтовидной, двуглавой и трехглавой мышц ведущей руки во время атакующих действий (борьба в крюк, бок и верхом). В наших экспериментах максимальный электрический потенциал был зарегистрирован на дистальной головке двуглавой мышцы плеча, а общая активность мышцы — на проксимальной головке. Эта тенденция сохранялась при всех атакующих действиях. Наибольшая суммарная активность мышц наблюдалась при выполнении «Крюка», требующего максимального усилия от спортсменов. Наименьшая совокупная активность фиксировалась при «Борьбе в бок», что указывает на меньшую нагрузку и возможность использования этого элемента в тренировках и разминках.

**УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯМИ РУКИ В УСЛОВИЯХ ОПОРНОЙ
РАЗГРУЗКИ**

**CONTROL OF ARM MOVEMENTS UNDER CONDITIONS
OF SUPPORT UNLOADING**

Л.Н. Зобова, Н.В. Миллер

L.N. Zobova, N.V. Miller

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

E-mail: lnz75@mail.ru

У обезьян в условиях 3-часовой водной иммерсии показано ухудшение точности траекторий движения курсора при выполнении зрительно-двигательной задачи [1]. После воздействия иммерсии функциональное состояние нейронов представительства руки в первичной моторной коре не изменилось, а нейрональная активность во время выполнения задачи изменялась в 3 из 4-х областей париетальной коры (ППС). Таким образом, основываясь на литературных данных и полученных результатах, можно предположить, что иммерсия воздействует на нейрональную активность ППС, ухудшая планирование и контроль движений руки.

Проведено исследование влияния опорной разгрузки в условиях «сухой» иммерсии (СИ) у мужчин (7 сут) и женщин (5 сут) при выполнении аналогичной зрительно-двигательной задачи. Анализ скоростно-точностных характеристик движения курсора показал ухудшение выполнения задачи в 1-3 сут СИ и последующее восстановление показателей, связанное, по-видимому, с постепенной адаптацией к условиям опорной разгрузки, сопровождающейся изменением стратегии выполнения задачи, что так же как и у обезьян свидетельствует о воздействии опорной разгрузки на нейрональную активность структур париетальной коры, участвующие в планировании и контроле движения руки. Однако у женщин при большем латентном времени отмечено более быстрое и точное выполнение задачи, чем у мужчин, связанное с планированием и контролем движения в ППС [2].

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

Список литературы:

1. Бадаква, А. М. Влияние водной иммерсии обезьян на активность структур заднетеменной коры, участвующих в планировании и коррекции движений руки при выполнении моторной задачи / А. М. Бадаква, Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова // Физиология человека. – 2021. – Т. 47, №. 3. – С. 13-19.

2. Миллер Н.В., Зобова Л.Н., Бадаква А.М. Влияние «сухой» иммерсии на характеристики управления джойстиком при выполнении зрительно-двигательной задачи у мужчин и женщин / Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова, А. М. Бадаква // Физиология человека. – 2024. – Т. 50, №. 4. – С. 49-58.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ
ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С БИОНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ
УПРАВЛЕНИЯ**

**MODELING OF MOTOR PATTERNS OF A DYNAMIC SYSTEM
WITH A BIONIC CONTROL SYSTEM**

А.Д. Иванова, П.С. Вансков, Я.И. Москалев, Т.В. Балтина, О.А. Саченков

A.D. Ivanova, P.S. Vanskov, Y.I. Moskalev, T.V. Baltina, O.A. Sachenkov

Россия, Казань, Казанский Федеральный Университет

Russia, Kazan, Kazan Federal University

E-mail: 4works@bk.ru

Вопрос формирования двигательных паттернов остается открытым по настоящее время. Настоящее исследование посвящено численному моделированию динамических систем управления, которыми осуществляется на основе моделей биологических нейронов.

В качестве динамической системы была рассмотрена система из трех звеньев, соединенными двумя одноподвижными вращательными шарнирами. Положение в пространстве звеньев регулируются парой мышц – мышцы антагонисты. То есть сокращение одной мышцы увеличивает угол в шарнире, а сокращение второй – уменьшает. Архитектура системы управления была спроектирована на основе модели Рыбака, в этом случае на вход системы управления постоянно подается частотный сигнал – частотный генератор. Частотный генератор подается на сенсорный нейрон. Управление корректируется, так называемым, паттерн-генератором, сигнал с которого перемножается сигналом сенсорного нейрона. Перемноженный сигнал передается на вставочный нейрон, после чего передается на мотонейрон. Мотонейрон активизирует соответствующую мышцу, и ингибирует мышцу антагониста. Для моделирования нейрон использовалась LIF модель. Мышцы моделировались моделью Милларда. Поведение динамической системы производилось в плоской постановке, но с учетом массовых и инерциальных сил. Рассматривалась задача стабилизации положения системы в различных постановках.

Работа выполнена в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

**ЭФФЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ТОНКО-КООРДИНАЦИОННОМУ НАВЫКУ
В СОЧЕТАНИИ С ТРЕНИРОВКОЙ ДИСКРЕТНОГО
РАССЛАБЛЕНИЯ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ
МЫШЦ**
**EFFECTS OF FINE COORDINATION SKILL TRAINING COMBINED
WITH DISCRETE RELAXATION TRAINING ON BIOELECTRIC MUSCLE
ACTIVITY**

Е.С. Иконникова¹, А.А. Мельников², П.Д. Бобров³

E.S. Ikonnikova¹, A.A. Melnikov², P.D. Bobrov³

¹*Россия, Москва, ФГБНУ Научный центр неврологии*

²*Россия, Москва, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»*

³*Россия, Москва, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии
РАН*

¹*Russia, Moscow, Research Center of Neurology*

²*Russia, Moscow, Russian University of Sport «GTSOLIFK»*

³*Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology*

E-mail: ikonnikovaes@list.ru

Цель исследования – изучить электрическую активность ведущих мышц супинаторов и пронаторов предплечья, их коактивацию, а также сопутствующую мышечную активность трапециевидной мышцы под влиянием трех тренировочных программ: а) обучения тонко-координационному мануальному навыку (прохождения лабиринта), б) сочетанного обучения с тренировкой дискретного расслабления мышц предплечья и в) одиночной тренировки дискретного расслабления мышц предплечья у здоровых добровольцев (4 группы по n = 10). Регистрация ЭМГ сигнала целевых мышц во время прохождения лабиринта до и после курса тренировок (n=10) осуществляли с помощью беспроводных ЭМГ-датчиков Delsys, интегрированных с системой видеозахвата «Vison». Установлено, что эффективность прохождения лабиринта (скорость и безошибочность) повышалась только после обычного повторения и сочетанного обучения с тренировкой расслабления, но не изменялась после одиночной тренировки дискретного расслабления. Биоэлектрическая активность пронаторов во время фаз супинации, а также сопутствующая активность трапециевидной мышцы во время пронации и супинации снижалась в результате обучения прохождения лабиринта и не значительно - после сочетанной тренировки, при этом коактивация супинатора в фазу пронации повышалась. Напротив, тренировка дискретного расслабления не изменяла активность супинаторов при супинации и пронаторов при пронации, но повышала дополнительную активность трапециевидных мышц, а коактивация супинатора в фазу пронации повышалась. В целом, совершенствование тонко-координационного навыка вызывало снижение биоэлектрической активности мышц агонистов и дополнительных трапециевидных мышц, при увеличении коактивности антагонистов. Добавление или одиночная тренировка упражнений на дискретное расслабление мышц предплечья не оказывало позитивного эффекта и, скорее, мешало освоению целевого навыка.

**ВЛИЯНИЕ TAAR1 НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕ ТРАВМЫ
СПИННОГО МОЗГА НА НОКАУТНОЙ МОДЕЛИ МЫШЕЙ EFFECT
OF TAAR1 ON RECOVERY AFTER SPINAL CORD INJURY IN A
KNOCKOUT MICE MODEL**

Д.С. Калинина^{1, 2, 3}, А.А. Чесноков¹, С.И. Милов¹, Д.В. Хузин¹,
П.Ю. Шкорбатова⁴, Н.В. Павлова⁴, П.Е. Мусиенко^{1, 2, 4}
D. S. Kalinina^{1, 2, 3}, A. A. Chesnokov¹, S. I. Milov¹, D.V. Khuzin¹, P.Yu.
Shkorbatova⁴, N.V. Pavlova⁴, P. E. Musienko^{1, 2, 4}

¹Россия, Федеральная территория Сириус, Научно-технологический университет «Сириус», Направление Нейробиология

²Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт трансляционной биомедицины

³Россия, Санкт-Петербург, Институт эволюционной физиологии и биохимии им. Сеченова, РАН

⁴Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. Павлова, РАН, Санкт-Петербург, Россия

¹Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology, Department of Neuroscience

²Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University, Institute of Translational Biomedicine

³Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Russian Academy of Sciences

⁴Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences

E-mail: pol-spb@mail.ru

Травма спинного мозга (ТСМ) — тяжелая патология, приводящая к инвалидизации, потере сенсомоторных функций, дисфункции вегетативной нервной системы и значительному снижению качества жизни пациентов. И на сегодняшний день является актуальным поиск новых путей и мишеней для лечения, снижения степени повреждения и долгосрочных последствий. Одним из перспективных направлений являются следовые амины (СА) и их рецепторы (TAAR), которые участвуют в нейромодуляции и влияют на иммунную, сердечно-сосудистую системы, ЦНС и метаболизм. Для исследования роли TAAR в восстановлении после ТСМ использовали мышей дикого типа и мышей с нокаутом гена, кодирующего TAAR1.

Эксперимент включал проведение поведенческих тестов до и после латеральной гемисекции спинного мозга, а также морфологический анализ тканей спинного мозга и коры головного мозга.

Результаты исследования показали, что у мышей TAAR1-KO после травмы спинного мозга наблюдается кратковременное улучшение сенсомоторных функций. Иммуногистохимический анализ

выявилувеличение количества астроцитов и провоспалительной астроглии в коре головного мозга по сравнению с диким типом. В белом веществе спинного мозга адаптивные процессы смещены в сторону усиления провоспалительных реакций при отсутствии TAAR1 сигналинга.

Эти данные свидетельствуют о двойственной роли TAAR1 в регуляции нейровоспаления. Кратковременное улучшение функций у TAAR1-КО мышей может быть связано с временным снижением провоспалительной активности, однако долгосрочные эффекты требуют дальнейшего изучения. Полученные результаты подчеркивают потенциал TAAR1 как терапевтической мишени, но также указывают на необходимость осторожного подхода к модуляции его активности для минимизации нежелательных провоспалительных последствий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-20036, <https://rscf.ru/project/24-15-20036/> и при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета (ID 129660474).

**ЭЭГ-ПАТТЕРНЫ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ И ВЫПОЛНЕНИИ
ДВИЖЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАТАХ ИМИТАЦИОННОГО
НАУЧЕНИЯ**

**EEG PATTERNS WHEN OBSERVING AND PERFORMING
MOVEMENTS IN VARIOUS FORMATS OF IMITATION LEARNING**

Е.Д. Каримова, И.В. Гусев

E.D. Karimova, I.V. Gusev

*Россия, Москва, Институт высшей нервной деятельности и
нейрофизиологии РАН*

*Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology,
Russian Academy of Sciences*

E-mail: e.d.karimova@gmail.com

Имитационное научение представляет собой фундаментальный аспект индивидуального развития и социализации человека, предположительно, обеспечиваемое сетью наблюдения действий (AON) и зеркальной системой мозга. В данной работе была предпринята попытка классифицировать методами интерпретируемого машинного обучения специфические аспекты имитационного научения, связанные с форматом демонстрации движений – вживую или на экране монитора.

Показатели абсолютной и относительной мощностей альфа- и бета ритмов были зарегистрированы с 32-канальной ЭЭГ у 83 испытуемых (22-40 лет). В ходе эксперимента в рамках каждого блока (живая и видео демонстрация) испытуемым было необходимо последовательно наблюдать, выполнять самостоятельно и производить их совместное с демонстратором выполнение.

На первом этапе исследования происходил отбор моделей машинного обучения, обеспечивающих наилучшее качество классификации в соответствующих задачах. На втором этапе исследования производился отбор релевантных электродов при помощи алгоритма последовательного прямого плавающего отбора, использующим модели, отобранные на предыдущим этапе. Для интерпретации были использованы аддитивные объяснения Шепли.

Наилучшие результаты показала модель многослойного перцептрона, обученного на относительной мощности бета-ритма. Ключевой вклад в распознавание формата демонстрации жестов вносят электроды FT9, T8, TP9, C4, Cz. Сниженными значениями относительной мощности бета1-ритма при демонстрации вживую отличаются центральные электроды; а повышенным значением – средне- и задневисочные электроды, и теменные электроды. Большинство значимых электродов располагаются именно над областями локализации зеркальной системы мозга человека и сети наблюдения действий AON.

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ
ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ ЧЕЛОВЕКА В ПРОЦЕССЕ
РЕАБИЛИТАЦИИ**
**HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR ASSESSING HUMAN
WALKING PARAMETERS DURING REHABILITATION**

М. Ю. Катаев, О.А. Кошевой, М. Я. Брагинский, И. А. Байтуев
M. Yu. Kataev, O. A. Koshevoy, M. Ya. Braginskii, I. A. Baituev
Россия, Сургут, Сургутский государственный университет
Россия, Томск, Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники
Russia, Surgut, Surgut State University
Russia, Tomsk, Tomsk State University of Control Systems and
Radioelectronics
E-mail: braginskij_my@surgu.ru

В современных условиях медико-биологической реабилитации существуют критерии воздействия реабилитационных процедур на организм человека – как субъективные ощущения пациента, так и данные измерений физиологических параметров организма человека. Так, существует шкала Борга для оценки степени физической нагрузки и способы оценки толерантности к физической нагрузке путем измерения ЧСС, АД и сатурации кислорода (до и после нагрузки).

Предлагаемый способ количественной оценки влияния реабилитационных процедур на организм человека основан на сравнительном анализе параметров шагов пациента во второй и третьей фазах реабилитации (улучшение диапазона движений и проприоцепции).

В состав данного аппаратно-программного комплекса входит беговая дорожка, видеокамера и персональный компьютер с разработанным программным обеспечением. Камера располагается сбоку от беговой дорожки с обзором нижней трети идущего человека. Программа обработки видеозаписи ходьбы находит на каждом кадре область метки, координаты которой записываются в числовой массив, который представляет траекторию движения ног человека. Далее рассчитываются кинематические и динамические параметры движения ноги во время ходьбы, а также временные характеристики фаз шага.

Сравнение полученных параметров осуществляется с аналогичными – полученных ранее у этого же пациента. Апробация данного аппаратно-программного комплекса для оценки параметров ходьбы человека проходила в Центре Медицины и Реабилитации города Сургута [1].

Список литературы

1. Байтуев, И. А. Анализ состояния опорно-двигательного аппарата у населения Сургута (различные возрастные группы) / И. А. Байтуев, О. А. Кошевой // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2022. – № 4. – С. 49-56.

**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ МАРКЕРЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАЛАНСА
РАВНОВЕСИЯ В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ 2 ЭТАПА
РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ
КРУПНЫХ СУСТАВОВ**

**BIOMECHANICAL MARKERS OF RESTORATION OF EQUILIBRIUM
BALANCE IN ASSESSING THE EFFICIENCY OF STAGE 2 OF
REHABILITATION OF PATIENTS AFTER ENDOPROSTHESIS OF
LARGE JOINTS**

С.В. Королева¹, П.В. Королёв²
S.V. Koroleva¹, P.V. Korolyev²

¹*Россия, Иваново, Ивановский государственный медицинский университет*

²*Россия, Иваново, Ивановский энергетический университет*

¹*Russia, Ivanovo, Ivanovo State Medical University*

²*Russia, Ivanovo, Ivanovo Power Engineering*

E-mail: drqueen@mail.ru

Необходимым условием эффективной медицинской реабилитации пациентов после эндопротезирования крупных суставов является возможность объективной оценки / визуализации функции опорно-двигательной системы, лежащей в основе восстановления функции ходьбы. Хронический характер заболеваний пациентов, нуждающихся в ортопедической коррекции, приводит к формированию каскада компенсаторных двигательных феноменов. Выявить нарушения, а затем целенаправленно восстанавливать наиболее адаптивный вариант локомоций - краеугольная задача реабилитации пациентов этого профиля. Признанным предиктором восстановления ходьбы является баланс равновесия в вертикальной стойке в части статокINETической и проприоцептивной коррекции. В докладе представлены обоснование выбора маркера реабилитации, клинические примеры использования 3d-стабилометрии в оценке и тренировке баланса равновесия, варианты коррекции программы реабилитации. Метод 3d-стабилометрии может быть корректен в объективизации результатов соматосенсорной и проприоцептивной коррекции при реабилитации пациентов травматолого-ортопедического профиля. Критерием улучшения ограничено-устойчивого равновесия в модели пациента 1 – увеличение частоты вибраций в доли от максимальной, уменьшение доли быстрых возмущений, характерных для Н-стратегии. Спектр частот ускорений с улучшением динамического теста либо теста границ устойчивости – могут рассматриваться интегральным критерием эффективности реабилитации. Скрининг возможен по «светофору» реабилитации с выделением ведущего звена баланса. Степень вклада отдельных составляющих возможна по портрету ускорений.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОТЕЗА СТОПЫ НА
КИНЕМАТИКУ ХОДЬБЫ АМПУТАНТА
THE EFFECT OF PROSTHETIC FOOT POSITION ON AMPUTEE GAIT
KINEMATICS**

Д.А. Коростовская, Т.П. Шашкина, В.С. Сердюков

D.A. Korostovskaya, T.P. Shashkina, V.S. Serdyukov

Россия, Новосибирск, Новосибирский Государственный Университет

Russia, Novosibirsk, Novosibirsk State University

E-mail: d.korostovskaya@gs.nsu.ru

Поиск оптимальной настройки протеза для обеспечения его максимальной эффективности использования пациентом является важной проблемой реабилитации. Особенно сильно эта проблема проявляется у ампутантов нижних конечностей, когда протезисту сложно оценить в комплексе все аспекты ходьбы ампутанта. К сожалению, сегодня в практике протезирования крайне слабо распространены методы количественной оценки биомеханики походки ампутанта, а вопрос о влиянии настроек положения протезов и их комплектующих на кинематику походки остается открытым.

Целью настоящей работы является исследование возможности применения IMU-системы захвата движений для отслеживания влияния настроек протеза на биомеханику ходьбы. В ходе работы был проведен анализ походки мужчины с транстибиальной ампутацией. Исследовано 8 различных настроек положения протеза стопы высокой степени активности в сагиттальной и фронтальной плоскостях.

В результате работы были построены графики сравнения усредненных углов сгибания/разгибания бедра, колена и стопы для различных настроек, которые сопоставлялись с ГОСТ [1]. Обнаружено, что расхождение углов сгибания/разгибания суставов по сравнению с ГОСТ может достигать 30 гр., а изменение скорости походки – до 0.5 м/с. Также сравнивались углы наклона корпуса и анализировалась симметрия походки.

Исследование показало, что настройки могут значительно влиять на кинематику ходьбы ампутанта. Предложенная методика может быть использована в процессе обучения ходьбы на протезах пациентов для определения наиболее эффективной настройки положения протеза для успешной реабилитации.

Работа выполнена при поддержке РНФ, проект №24-71-00069.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53871-2021. - Методы оценки реабилитационной эффективности протезирования нижних конечностей. - Введ. 2021-12-01. - М., 2021. - 16с.

**АРХИТЕКТУРА ТРЕХГЛAVОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ У ПАЦИЕНТОВ
С МОТОРНЫМ НАРУШЕНИЕМ И У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ
ARCHITECTURE OF TRICEPS SURAE MUSCLES IN PATIENTS WITH
MOTOR DISORDERS AND IN HEALTHY**

Ю.А. Коряк¹, М.М. Кузьмина²

Yu.A. Koryak¹, M.M. Kuz'mina²

¹Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН

²Россия, Москва, ФГУ «Клиническая больница № 1» УД Президента

¹Russia, Moscow, SSC of the RF – Institute of Biomedical Problems of the RAS

²Russia, Moscow, Clinical Hospital 1 of the Presidential Administration
of the RF

E-mail: yurikoryak@mail.ru

Интенсивное использование, как и сниженная активность сопровождается перестройкой мышц, что отражается в архитектуре волокон.

Целью исследования было описать связь между суставным углом и архитектурой (длиной - L_v , углом наклона волокон - Θ_v) трехглавой мышцы голени в группе здоровых лиц (ГЗ; $n=8$) и в группе пациентов (ГП; $n=8$) с моторными нарушениями в покое и при усилии 50% максимальной произвольной силы (МПС). L_v и Θ_v медиальной (МИМ), латеральной икроножной (ЛИМ) и камбаловидной (КМ) мышц определяли сканером Soololine Elegra, (Germany) и датчиком 7.5 МГц. Рассчитывали степень укорочения волокон ($\Delta L_{\text{мышца}}$) при сокращении мышцы. В покое Θ_v в ГЗ колебался от 60 до 41%, а в ГП от 28 до 36%. В ГЗ наименьшие изменения Θ_v отмечаются в ЛИМ и КМ, а в ГП в МИМ и ЛИМ и наибольшие в КМ. В ГЗ $\Delta L_{\text{мышца}}$ МИМ, ЛИМ, КМ составила 12, 10 и 7 мм; а в ГП была меньше на 21, 38 и 25%, соответственно. $\Delta L_{\text{мышца}}$ каждой мышцы была больше в ГЗ и коррелировала с МПС. Таким образом, метод ультразвукового сканирования мышц является информативным методом для оценки архитектуры скелетных мышц у человека и может быть использован, в комплексе с другими методами, для диагностики функционального состояния мышц, для понимания механизмов изменений под влиянием разных факторов.

Исследование выполнено при поддержке РАН (FMFR-2024-0033).

**ОСОБЕННОСТИ КОГНИТИВНОГО РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ
С МОТОРНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ**
**THE SPECIFIC FEATURES OF THE COGNITIVE DEVELOPMENT OF
CHILDREN WITH MOTOR DISORDERS**

М.М. Корякина, Е.Д. Благовещенский, О.Е. Агранович

M.M. Koriakina, E.D. Blagovechtchenski, O.E. Agranovich

Россия, Москва, НИУ «Высшая школа экономики»

(ФГАОУ ВО «НИУ ВШЭ»)

*Russia, Moscow, Centre for Cognition and Decision Making, National Research
University HSE*

E-mail: mkoriakina@hse.ru

Когнитивное развитие детей представляет собой интегративный процесс, зависящий от взаимодействия множества физиологических и психологических факторов, связь между которыми требует более глубокого понимания. С целью изучения влияния задержки развития моторных функций на когнитивные способности, в данном исследовании проводилась оценка моторных и когнитивных функции 30-ти детей (от 6 до 15 лет) с нарушениями движений верхних конечностей, (а именно с врожденным диагнозом - множественный артрогрипоз, и приобретенным в процессе родов диагнозом - парез Дюшена-Эрба), на базе НМИЦ Г.И. Турнера. Для данных заболеваний характерна гипоплазия мышц в сочетании с признаками нарушения работы мотонейронов.

Для оценки когнитивных функций использовался комплекс методик: тесты Векслера (память, внимание) (WISC-IV, WPPSI), методика Шипициной (мышление), и прогрессивные матрицы Равена (интеллект) (CPM/CVS и SPM+/MNV3). Для оценки моторных функций применялась модифицированная шкала Ван Херста. Для статистической обработки данных применялся корреляционный анализ и дисперсионный анализ (ANOVA) ($p \leq 0.05$). Результаты. Выявлена значимая взаимосвязь между уровнем развития когнитивных функций и уровнем развития двигательных навыков у детей с артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба. Сравнительный анализ показал, что дети с двигательными нарушениями демонстрируют заметную задержку в когнитивном развитии по сравнению с контрольной группой, особенно в период с 8-10 лет. Кроме того, несмотря на схожесть диагнозов, исследование показало значительные различия в развитии двигательных навыков между группами детей с артрогрипозом и парезом Дюшена-Эрба, при этом дети в данных группах не отличались по уровню когнитивного развития между собой. Это говорит о то, что независимо от этимологии и тяжести моторного заболевания имеют одинаковые трудности в когнитивной сфере.

Полученные данные подтверждают предположение о том, что наличие моторных нарушений может оказывать негативное влияние на когнитивное развитие ребенка, что подчеркивает важность комплексного анализа особенностей развития детей с моторными нарушениями и необходимость адаптации реабилитационных подходов.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ «DAVID BACK CONCEPT»
В КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ
С ДЕГЕНЕРАТИВНО-ДИСТРОФИЧЕСКИМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ
ПОЗВОНОЧНИКА**

**APPLICATION OF THE «DAVID BACK CONCEPT» TRAINER IN
COMPLEX PHYSICAL REHABILITATION OF PATIENTS WITH
DEGENERATIVE SPINE CHANGES**

О.А. Кошевой, И.А. Байтуев

O.A. Koshevoy, I.A. Baytuev

Россия, г. Сургут, Сургутский государственный университет

Russia, Surgut, Surgut State University.

E-mail: swimmerkosh@mail.ru

Программно-аппаратный комплекс «David back concept» (Далее David) разработан на основе исследований оценки подвижности позвоночника и статической силы мышц, по результатам исследований выяснилось, что дисбаланс мышц приводит к развитию болевого синдрома, мышечным спазмам и ухудшению качества жизни. В подтверждении этому данные исследований у пациентов мужского и женского пола в возрасте от 13 до 81 лет ($n=2910$). По результатам тестирования в течение 12-75 месяцев. В качестве уровня точности каждый раз устанавливалось $p<0.05$.

Наши исследования проводились на базе центра медицины и реабилитации «МИР» г. Сургут.

Тестирование подвижности (в градусах), силы мышц позвоночника (Nm) и их дисбаланса проводилось на тренажерах David, состоящем из комплекса блоковых систем для движений в сагиттальной и фронтальной плоскостях с автоматической обработкой и сравнением полученных результатов. Всего в период с 2023 г. по 2024 г. в нашем центре прошли входное тестирование 1005 человек.

Нами проведена сравнительная характеристика эффективности курса физической реабилитации (ФР) с использованием стандартных механотренажеров и тренажеров David. В исследованиях приняли участие 60 испытуемых группа мужчин 20 человек и группа женщин 40 человек, возраст от 35 до 49 лет. Мы сформировали 2 контрольные и две экспериментальные группы женщины: ЭГ ($n=20$), КГ ($n=20$), мужчины ЭГ ($n=10$) КГ ($n=10$) все занимающиеся проходили входное и итоговое тестирование изометрической силы мышц на тренажерах David.

Испытуемые контрольных групп занимались на стандартных механотренажерах, 3 раза в неделю, в течении 60 минут, продолжительность курса 12 занятий. Испытуемые экспериментальных групп занимались по такой же схеме, но с дополнительным включением в программу реабилитации занятия на тренажерах David, программа реабилитации составлялась индивидуально, учитывая результаты тестирования.

Проведена оценка показателей тестирования и эффективности применения тренажеров David, в процессе ФР. Анализ результатов свидетельствует, что с возрастом у пациентов увеличивается масса тела по отношению к длине тела. Ухудшение подвижности в шейном отделе происходит преимущественно за счет экстензии (на 35%) и флексии (на 20,1%) и, в меньшей мере, за счет латерофлексии вправо (на 13,4%) и влево (на 15,1%). Статическая сила мышц шейного отдела поддерживается до 30 лет, а затем неуклонно снижается, особенно в экстензии (на 24,9%) и латерофлексии (на 20,4%). В грудопоясничном отделе возрастные изменения в большей мере касаются ротации (влево - на 35%, вправо - на 17,3%) и латерофлексии (влево - на 26,7%, вправо - на 11,5%) и в меньшей мере - Экстензии (на 15,8%) и флексии (на 7,8%) Большие потери силы в левую сторону, на наш взгляд, связаны с тем, что подавляющее большинство людей являются правшами. Сила мышц пояснично-грудного отдела возрастает к 30 годам и поддерживается примерно до 45 лет, снижаясь к 60 годам преимущественно в разгибании и сгибании. Эти особенности необходимо учитывать при разработке как популяционных, так и индивидуальных профилактических и реабилитационных программ.

Осуществлена оценка реабилитационной эффективности тренажеров «Давид» при их использовании в комплексной реабилитации лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата, которая наиболее выражено проявилась у женщин в виде улучшения силы, соотношения сил. У мужчин также выявлен достоверный прирост, но в меньшей степени.

По результатам исследований разработана модель и организационно-методические условия использования тренажеров David в комплексной реабилитации лиц с нарушением опорно-двигательного аппарата на третьем этапе ФР. Она включает целевой, методологический, технологический и оценочно-результативный блоки. В качестве результатов реализации модели выступают: реабилитационный потенциал; диапазона движений; сила движений; соотношения сил; функциональная работоспособность ОДА.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАЗОВОГО
МЕТАБОЛИЗМА КОСМОНАВТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ
НЕПРЯМОЙ КАЛОРИМЕТРИИ И БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ
COMPARATIVE ANALYSIS OF INDICATORS OF BASIC
METABOLISM OF COSMONAUTS OBTAINED BY INDIRECT
CALORIMETRY AND BIOIMPEDANSOMETRY**

Т.Б. Кукоба^{1,2}, Н.Ю. Лысова^{1,3}, К.С. Киреев¹

T.B. Kukoba¹, N.Y. Lysova^{1,2}, K.S. Kireev¹

¹*Россия, Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК
имени Ю.А. Гагарина»*

²*Россия, Москва, Российский государственный социальный университет*

³*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН*

¹*Russia, Star City, «Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center»*

²*Russia, Moscow, Russian State Social University*

³*Russia, Moscow, Institute for Biomedical Problems Sciences*

E-mail: tatyana-kukobra@yandex.ru

Базовый метаболизм (БМ) — это минимальное количество энергии, которое организм тратит в состоянии покоя на обеспечение нормальной жизнедеятельности человека. Цель исследования: сравнительный анализ показателей БМ космонавтов, полученных методами не прямой калориметрии и биоимпедансометрии, на этапе подготовки их к космическому полету (КП).

В исследование приняли участие 14 космонавтов. Одновременно проводили две пробы: не прямую респираторную калориметрию и биоимпедансометрию. Для каждого показателя рассчитывали среднее значение, стандартное отклонение, методом корреляционного анализа определяли характер взаимосвязей между полученными показателями. Для оценки значимости различий между показателями применяли t-test.

Анализ данных, полученных разными методами, не выявил статистически значимых отличий показателей БМ у космонавтов. Среднее значение БМ, полученное методом не прямой калориметрии в среднем по группе, составляло $1882,3 \pm 225,2$ ккал, методом биоимпедансометрии — $1870,1 \pm 223,0$ ккал. Выявлена высокая индивидуальная вариабельность энергозатрат покоя у космонавтов. Среднегрупповые значения БМ, вычисленные с помощью не прямой калориметрии и биоимпедансометрии, статистически значимо не отличаются. Наибольшее число сильных корреляционных связей было характерно для активной клеточной массы, массы тела, БМ, полученного биоимпедансным методом.

Учитывая высокую индивидуальную вариабельность и большой объем дополнительной информации, указывающей на индивидуально-типологические особенности скорости БМ, биоимпедансные анализаторы состава тела не могут рассматриваться в качестве альтернативы проведения не прямой респираторной калориметрии для оценки БМ.

**КОРТИКО-МЫШЕЧНЫЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ СВЯЗИ ВО ВРЕМЯ
МЫСЛЕННОГО ДВИЖЕНИЯ У ПАЦИЕНТОВ, ПЕРЕНЕСШИХ
ИНСУЛЬТ**
**CORTICO-MUSCULAR EFFECTIVE CONNECTIONS DURING MENTAL
MOVEMENT IN STROKE PATIENTS**

М.Е. Курганская, А.В. Курганский, П.Д. Бобров

M. E. Kurgansky, A. V. Kurgansky, P. D. Bobrov

*Россия, Москва, Институт высшей нервной деятельности
и нейрофизиологии РАН*

Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology

E-mail: m-kurg@yandex.ru

Двигательная реабилитация является одной из ключевых областей практического применения интерфейсов мозг-компьютер (ИМК) на основе воображаемого движения (ВД). Электромиограмма также используется для терапии двигательных нарушений. Однако миографический ответ на ВД при нарушении движения остается мало изученным. В нашей работе у 13 пациентов, перенесших инсульт и получавших экспериментальную терапию с использованием ИМК в ходе рандомизированного контролируемого исследования iMOVE (рег.№ [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study?term=iMOVE&rank=1) NCT02325947), регистрировались ЭЭГ и ЭМГ. Анализировались сила кортико-мышечных эффективных связей, измеряемая с помощью направленной передаточной функции, и амплитуда ЭМГ. В качестве контрольной нормы использовались данные здоровых взрослых, участвовавших в сходном эксперименте. Оказалось, что у пациентов амплитуда ЭМГ выше в паретичной руке, и, в отличие от контрольной нормы, при переходе от покоя к ВД она повышается. У контрольной нормы нисходящие (кортико-мышечные) эффективные связи сильнее, чем восходящие (мышечно-кортикальные), а у пациентов сила восходящих связей больше, чем нисходящих. При этом при переходе от покоя к ВД в контрольной группе систематических изменений силы связей нет, а у пациентов НПФ она повышается. Сила связей у пациентов имеет самые высокие значения в тета диапазоне, а для нормы характерны 2 максимума силы связи в альфа и гамма-диапазонах. За время терапии сила нисходящих и восходящих связей у пациентов значительно повышалась, а амплитуда ЭМГ имела тенденцию к снижению.

**ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛЯ
ВЫЯВЛЕНИЯ ВЕДУЩИХ МЫШЦ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
СПОРТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ**
**ELECTROMYOGRAPHIC EXAMINATION TO IDENTIFY THE
LEADING MUSCLES WHEN PERFORMING ATHLETIC MOVEMENTS**

Е.В. Ланская, Р.М. Городничев

E.V. Lanskaya, R.M. Gorodnichev

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

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

E-mail: elena.lanskaya2022@yandex.ru

Применение электромиографических (ЭМГ) обследований в физиологических исследованиях и спортивной практике во многом определяется тем, что характеристики ЭМГ довольно тесно связаны с параметрами мышечного сокращения: количеством активных двигательных единиц (ДЕ), синхронностью их сокращения и частотой импульсации. Следовательно, характеристики ЭМГ могут быть использованы в качестве критерия для оценки усилий, развиваемых мышцами при осуществлении тех или иных движений.

В результате изучения параметров ЭМГ (амплитуды, частоты потенциалов действия и интегрированной электроактивности) мышц плеча, предплечья, бедра и голени при выполнении спортивных движений, специфичных для пауэрлифтинга, баскетбола, легкоатлетического бега, выявлены мышцы, в большей степени вовлеченные в совершаемую работу и во многом определяющие реализацию конкретного спортивного движения. Среди тестируемых мышц наиболее высокую электроактивность проявляли: прямая мышца бедра – при приседании со штангой на плечах; трехглавая мышца плеча – при жиме штанги лежа на горизонтальной скамье; лучевой сгибатель кисти – при выполнении становой тяги штанги и дистанционных баскетбольных бросков; двуглавая мышца бедра – при спринтерском и стайерском беге. Установлено, что повышение уровня биоэлектрической активности мышц при выполнении каждого отдельно взятого спортивного движения достигается как за счет вовлечения в работу большого числа ДЕ, так и увеличения частоты нервных импульсов, поступающих в скелетные мышцы от мотонейронов спинного мозга. Об этом свидетельствует тот факт, что повышение интегрированной электроактивности мышц, пропорциональной величине развиваемого мышечного усилия, происходит в результате увеличения амплитудно-частотных характеристик, из значений которых она складывается.

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ КОРТИКО-СПИНАЛЬНОГО
ТРАКТА У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА
THE FUNCTIONAL STATE OF THE CORTICOSPINAL TRACT IN
REPRESENTATIVES OF VARIOUS SPORTS**

Е.В. Ланская, Р.М. Городничев

E.V. Lanskaya, R.M. Gorodnichev

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

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

E-mail: elena.lanskaya2022@yandex.ru

Систематическое выполнение физических нагрузок сопровождается определенными адаптационными структурно-функциональными изменениями в центральной нервной системе (ЦНС), в частности, в отделах мозга, отвечающих за сознательный контроль и управление движениями [1, 2]. Цель работы состояла в исследовании кортико-спинальной возбудимости и проводящей способности моторной системы при помощи мышечных ответов, вызванных магнитной стимуляцией двигательной коры головного мозга и спинномозговых сегментов на уровне позвонков C6-C7, T12-L1, у спортсменов, специализирующихся в баскетболе, пауэрлифтинге, легкоатлетическом беге на короткие (бег на 100 м), средние (бег на 800 м) и длинные (бег на 5 000 м) дистанции. Контрольную группу составили лица, не занимающиеся спортом.

Установлено, что среди пяти групп спортсменов возбудимость корковых нейронов и мотонейронов шейного и поясничного утолщений спинного мозга, оцениваемая по показателям порогов и амплитуды вызванных моторных ответов (ВМО) мышц верхней и нижней конечностей, была самой высокой у стайеров, а самой низкой - у пауэрлифтеров и спринтеров. В свою очередь, наибольшей проводящей способностью кортикоспинального тракта (КСТ) обладали спринтеры и пауэрлифтеры, а наименьшей – стайеры, о чем свидетельствовали показатели латентности, длительности ВМО и времени центрального моторного проведения. У нетренированных лиц возбудимость и проводящая способность КСТ были значительно ниже, чем у спортсменов.

Список литературы

1. Ланская, О.В. Функциональное состояние кортикоспинального тракта и моторно-когнитивные реакции у спортсменов, тренирующих скорость, выносливость и координацию движения / О.В. Ланская, Е.В. Ланская // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, №1. – С. 79-90.

2. Locomotor activities as a way of inducing neuroplasticity: insights from conventional approaches and perspectives on eccentric exercises / P. Clos, R. Lepers, Y.M. Garnier [et al.] // Eur. J. Appl. Physiol. – 2021. – V. 121, № 3. – P. 697.

УДК 612.766.1

**ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОЙ УСТАЛОСТИ НА БИОМЕХАНИКУ
ПРИЗЕМЛЕНИЯ НА ОДНУ НОГУ У МОЛОДЫХ ВОЛЕЙБОЛИСТОВ-
МУЖЧИН**

**THE IMPACT OF MILD FATIGUE ON THE BIOMECHANICS OF
SINGLE-LEG LANDING IN YOUNG MALE VOLLEYBALL PLAYERS**

Ли Таисэнь, Цюй Сяньбо

Li Taisen, Qu Xianbo

*Россия, Томск, Национальный Исследовательский Томский Государственный
Университет,*

Russia, Tomsk, National Research Tomsk State University

E- mail: tysoean95@gmail.com

Во время прыжков и приземлений в волейболе спортсмены подвергаются ударным нагрузкам, превышающим их массу тела в 3–5 раз. В результате такие травмы, как пателлярный тендинит (колени прыгуна), разрыв передней крестообразной связки (ПКС) и повреждения мениска, которые часто усугубляются мышечной усталостью, требуют своевременного прогнозирования и профилактики с использованием биомеханического анализа движений. В данном исследовании для оценки влияния усталости на биомеханику приземления была смоделирована индуцированная физической нагрузкой усталость, после чего проводился мониторинг изменений биомеханических параметров нижних конечностей. Кроме того, для анализа динамики тазобедренного, коленного и голеностопного суставов использовалось вычислительное моделирование путем импорта кинематических и кинетических данных в OpenSim. Результаты показали, что у спортсменов в состоянии усталости наблюдалось значительное снижение угла тыльного сгибания стопы в момент первого контакта с поверхностью ($p=0,037$), увеличение момента в голеностопном суставе ($p=0,023$) и достоверное повышение пиковой силы икроножной мышцы ($p=0,036$). Кроме того, была зафиксирована значительная активация большой ягодичной ($p=0,009$) и средней ягодичной ($p=0,04$) мышц. Эти результаты свидетельствуют о том, что в утомленном состоянии спортсменам необходимо генерировать большую мышечную силу для стабилизации нижних конечностей, при этом голеностопный сустав играет ключевую компенсаторную роль. Учитывая относительно низкий уровень усталости, индуцированной в данном исследовании, значительных изменений в коленном суставе и окружающих его мышцах не наблюдалось. Кроме того, с точки зрения контроля позы выявленная жесткая стратегия приземления предполагает, что ягодичные мышцы выполняют компенсаторную функцию, поглощая ударные нагрузки при контакте с поверхностью.

**ОЦЕНКА УРОВНЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
КОСМОНАВТОВ В ПРОЦЕССЕ ПРЕПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ
ASSESSMENT OF THE LEVEL OF PHYSICAL PERFORMANCE
OF COSMONAUTS DURING PRE-FLIGHT TRAINING**

Н.Ю. Лысова^{1,2}, К.С. Киреев², Т.Б. Кукоба²,
N.Y. Lysova^{1,2}, K.S. Kireev², T.B. Kukoba²

¹*Россия, Москва, Институт медико-биологических проблем РАН*

²*Россия, Звездный городок, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»*

¹*Russia, Moscow, Institute for Biomedical Problems Sciences*

²*Russia, Star City, «Gagarin Research & Test Cosmonaut Training Center»*

E-mail: cehbr@list.ru

В условиях космического полета (КП), происходит снижение уровня физической работоспособности космонавтов, при этом низкий уровень аэробных возможностей может поставить под вопрос выполнение задач миссий в полном объеме. Уровень максимального потребления кислорода (МПК) до КП является одним из показателей определения работоспособности и успешности выполнения миссии. Цель исследования – сравнение уровня работоспособности космонавтов в процессе предполетной подготовки, полученного разными методами.

В исследовании приняло участие 8 космонавтов-испытателей: 7 мужчин, 1 женщина, средний возраст - 42 ± 6 года. Определение МПК проводилось по результатам двух тестов, выполненных на велоэргометре Cybex C8000. Первый тест - стандартная проба PWC-170. Второй - проба со ступенчато-возрастающей нагрузкой «до отказа», проведенной в соответствии с требованиями документа NASA SSP 50667, том В, MEDB 4.1. В обоих тестах регистрировались параметры газообмена (потребление кислорода- VO_2 , легочная вентиляция- VE) и частота сердечных сокращений (ЧСС) с использованием эргоспирометра COSMED Fitmate. В тесте со ступенчато-возрастающей нагрузкой также определялся порог анаэробного обмена (ПАНО) с использованием двух методов: V-slope VO_2/VE и графическим методом по показателям ЧСС. В тесте по MEDB 4.1 МПК составляло 43,4 мл/мин/кг, в тесте PWC-170 – 47,0 мл/мин/кг. ПАНО, определенный методом V-slope, составлял 1909 мл/мин; VO_2 , – 57,3 л/мин; ЧСС – 137 уд./мин. ПАНО, определённый графическим методом, составлял 1933 мл/мин; VO_2 , – 55,9 л/мин, ЧСС – 139 уд./мин. Значения МПК, полученные в двух тестированиях, значимо не отличаются, при этом разница между ними составила 8,3%. Сравнение значений ПАНО не выявило значимых отличий при определении его разными методами, максимальная разница между параметрами составила 5%. Таким образом, использование теста по MEDB 4.1 на этапе подготовки к КП позволяет получить больше информации об уровне физической работоспособности членов экипажей, кроме того, определение МПК с использованием метода эргоспирометрии является более точным, что позволит оптимизировать программу физических тренировок, как во время подготовки, так и в КП.

**ЭПИДУРАЛЬНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА
В КОНТЕКСТЕ МЫШЕЧНОЙ РИГИДНОСТИ И ПОСТУРАЛЬНЫХ
РЕАКЦИЙ В АМПТ- ИНДУЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ
ПАРКИНСОНИЗМА**

**EPIDURAL SPINAL CORD STIMULATION IN THE CONTEXT OF
MUSCLE RIGIDITY AND POSTURAL RESPONSES IN AN AMPT-
INDUCED MODEL OF PARKINSONISM**

А. Э. Махортых¹, Д.С. Калинина^{1,2}, Ю.И. Сысоев², Н.В. Павлова³,
П.Ю. Шкорбатова³, О.В. Горский³, Е.Ю. Баженова³, Д.Р. Еникеев²,
П.Е. Мусиенко^{1,2,3}

A. E. Makhortykh¹, D. S. Kalinina^{1,2}, Yu.I. Sysoev², N.V. Pavlova³,
P.Yu. Shkorbatova³, O.V. Gorskii³, E.Yu. Bazhenova³, D.R. Enikeev²,
P. E. Musienko^{1,2,3}

¹*Россия, Федеральная территория Сириус, Научно-технологический
университет «Сириус», Направление Нейробиология*

²*Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет, Институт трансляционной биомедицины*

³*Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. Павлова, РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

¹*Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology,
Neurobiology*

²*Russia, St. Petersburg, St.Petersburg State University, Institute
of Translational Biomedicine*

³*Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, RAS
E-mail: pol-spb@mail.ru*

Электрическая стимуляция спинного мозга (СМ) представляет собой перспективный метод терапии моторных нарушений, связанных с гиподопаминергическими состояниями, такими как паркинсонизм. Для детального изучения эффектов тонической эпидуральной стимуляции СМ на постуральные рефлексы при сниженном уровне дофамина (ДА) была использована линия крыс DAT-KO после введения ингибитора тирозингидроксилазы альфа-метил-р-тирозин (АМПТ). Крысы линии DAT-KO характеризуются истощением резервного пула ДА вследствие нокаута гена дофаминового транспортера (DAT), обеспечивающего обратный захват нейромедиатора. У таких животных трансмиссия ДА напрямую зависит от его синтеза, при ингибировании которого развиваются выраженные симптомы паркинсонизма.

В работе использовали три группы самцов крыс возрастом 6-8 месяцев с разным уровнем ДА: норма (WT, n = 13), мягкое снижение уровня ДА (WT+АМПТ, n = 10) и почти полное отсутствие дофамина (DAT-KO+АМПТ, n = 7). Для регистрации ЭМГ-ответов животным имплантировали стальные проволочные электроды в экстензоры (Gastrocnemius lateralis m., GM_L для

левой и GM_R для правой задней конечности) и флексор (Tibialis anterior m., TA_L) задних конечностей. Для тонической стимуляции на уровне сегмента S1 СМ использовался эпидуральный электрод (5 Гц, 0,2 мс, 60-140 мкА). Оценку постуральных рефлексов в ответ на горизонтальное смещение опоры вправо или влево (16 см/с, 300 мс) производили до и во время электростимуляции посредством регистрации и последующего анализа ЭМГ-ответов.

Установлено, что в контроле у крыс с самым низким уровнем ДА (DAT- KO+AMPT) ЭМГ- активность выше, чем у животных дикого типа, в то время как в группе WT+AMPT таких изменений не было обнаружено. Этот эффект наблюдается в позднем ответе и может рассматриваться как проявление мышечной ригидности — распространенного симптома паркинсонизма. Также было показано, что тоническая стимуляция S1 сегмента СМ на частоте 5 Гц достоверно понижает амплитуду мышечных сокращений при активации постуральных рефлексов во всех группах тестируемых животных. При этом уменьшение ЭМГ- активности наблюдается как в раннем (0-300 мс от начала смещения), так и в позднем ответе (300-600 мс) на смещение платформы. Обнаруженный эффект снижения амплитуды сокращения мышц конечностей при реализации постуральных рефлексов может быть эффективно применён в лечении мышечной ригидности. Снизив ригидность, можно в том числе минимизировать нередко приводящую к травматизации постуральную неустойчивость, так как эти два симптома тесно связаны. Таким образом, тоническая эпидуральная стимуляция спинного мозга дает многообещающие результаты в терапии сразу нескольких ключевых моторных симптомов паркинсонизма.

Исследование выполнено при поддержке Санкт-петербургского государственного университета (ID 129660474) и Российского научного фонда № 22-15-00092.

**МАКСИМАЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ К СТАТИЧЕСКОМУ
РАВНОВЕСИЮ У СПОРТСМЕНОВ
MAXIMUM STATIC BALANCE ABILITY (SBAm_{ax}) IN ATHLETES**

А.А. Мельников, А.Ю. Пеганов, Т.П. Ширяева, М.А. Турукин
Россия, Москва, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»
Russia, Moscow, Russian University of Sport «GTSOLIFK»
E-mail: meln1974@yandex.ru

Цель исследования – разработать тест оценки максимальной способности к статическому равновесию (SBAm_{ax}) и оценить ее взаимосвязь с показателями колебаний общего центра давления (ОЦД) в общепринятых стойках у спортсменов. Стабилометрическое тестирование равновесия в обычных моно- и би-опорных позах имеет важный недостаток – это невозможность оценить SBAm_{ax}. Мы разработали стабилометрический тест со ступенчатым повышением сложности сохранения равновесия за счет уменьшения радиуса кривизны пресс-папье (n=12). SBAm_{ax} соответствовала минимальному радиусу кривизны пресс-папье, на котором испытуемый может сохранять равновесие в течение 15 сек. SBAm_{ax} данным тестом оценивалась у 78 спортсменов (23 девушек) разных специализаций. Оценка скорости (Voцд) и площади (Soцд) колебаний ОЦД на всех ступенях теста выполнена с помощью стабилометрии.

Voцд и Soцд в простых условиях стояния у спортсменов с высоким уровнем SBAm_{ax} не отличались от испытуемых с меньшей SBAm_{ax} и не коррелировали с показателем предельного пресс-папье. Однако максимальные Voцд(max) и Soцд(max), регистрируемые в течение теста, у спортсменов с наибольшей способностью к равновесию были повышены, то есть чем выше способность к равновесию, тем были выше максимальные площадь и скорость колебаний ОЦД, которые регистрировались у спортсменов в тесте. Предельная сложность пресс-папье положительно коррелировала с Voцд(max) и Soцд(max), указывая на информативность этих показателей для оценки SBAm_{ax}. Установлена отрицательная связь длины тела с SBAm_{ax}. Спортсменки не отличались от юношей по SBAm_{ax}, но проявляли сниженные Voцд и Soцд в стойках на несложных пресс-папье.

Таким образом, традиционные показатели равновесия, такие как низкие скорости и площади колебаний ОЦД в простых условиях баланса на стабилоплатформе и пресс-папье не могут предсказывать максимальную способность к статическому равновесию. Наибольшей информативностью о SBAm_{ax} в тесте ступенчатой сложности на пресс-папье обладают: предельная сложность (или радиус кривизны) пресс-папье, Voцд(max) и Soцд(max), достигаемые в максимально сложных условиях баланса.

**ВЫПОЛНЕНИЕ ЗРИТЕЛЬНО-ДВИГАТЕЛЬНОЙ ЗАДАЧИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РУКИ У
МУЖЧИН И ЖЕНЩИН В УСЛОВИЯХ «СУХОЙ» ИММЕРСИИ
PERFORMANCE OF VISUAL-MOTOR TASK DEPENDING ON THE
DIRECTION OF HAND MOVEMENT IN MEN AND WOMEN UNDER
'DRY' IMMERSION CONDITIONS**

Миллер Н.В., Зобова Л.Н.

Miller N.V., Zobova L.N.

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

E-mail: nvmler@mail.ru

Проведено исследование влияния «сухой» иммерсии (СИ) - у мужчин (10 испытуемых, 7 сут) и женщин (14 испытуемых, 5 сут) на параметры выполнения зрительно-двигательной задачи перевода курсора из центра экрана на одну из 8 периферических мишеней. Анализ усредненных по всем направлениям движения временных и точностных характеристик движения курсора показал ухудшение выполнения задачи в 1-3 сут СИ и последующее восстановление показателей, связанное, по-видимому, с постепенной адаптацией, в обеих группах. Однако у женщин при большем латентном времени отмечено более быстрое и точное выполнение задачи, чем у мужчин [1].

Оценка характеристик выполнения задачи в зависимости от направления движения (вверх, вправо, вниз, влево) показала, что в контроле в обеих группах время выполнения задачи при движении вниз было достоверно меньше, чем при движении в других направлениях, что можно объяснить сонаправленностью движения с вектором гравитации. Эти различия сохранялись и в СИ и происходили как за счет достоверно меньших латентного времени и времени движения (у мужчин), так и за счет уменьшения только латентного времени (у женщин). При этом точность выполнения задачи в зависимости от направления движения в обеих группах практически не отличается как в контроле, так и во время СИ.

Динамика параметров выполнения задачи под влиянием СИ была сходна для всех направлений движения руки в обеих группах, однако в первые дни СИ ее воздействие на женщин было меньше, чем на мужчин. Наименьшее влияние СИ оказала на параметры движения вправо, что можно объяснить наличием устойчивого навыка письма слева направо.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН (№ FMFR-2024-0033).

Список литературы:

1. Миллер Н.В. Влияние «сухой» иммерсии на характеристики управления джойстиком при выполнении зрительно-двигательной задачи у мужчин и женщин / Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова, А.М. Бадаква // Физиология человека. – 2024. – Т. 50, №. 4. – С. 49–58.

**РОЛЬ РЕЦЕПТОРА TAAR1 В ВОССТАНОВЛЕНИИ
ПОДВИЖНОСТИ ЗАДНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОСЛЕ ТРАВМЫ
СПИННОГО МОЗГА**

**THE ROLE OF TAAR1 RECEPTOR IN RESTORING HINDLIMB
MOBILITY AFTER SPINAL CORD INJURY**

С.И. Милов¹, Д.С. Калинина^{1, 2, 3}, А.А. Чесноков¹, Е. А. Романюк¹,
П.Ю. Шкорбатова⁴, Н.В. Павлова⁴, П.Е. Мусиенко^{1, 2, 4}

S. I. Milov¹, D. S. Kalinina^{1, 2, 3}, A. A. Chesnokov¹, E. A. Romanyuk¹, P.Yu.
Shkorbatova⁴, N.V. Pavlova⁴, P. E. Musienko^{1, 2, 4}

¹Россия, Федеральная территория Сириус, Научно-технологический
университет «Сириус», Направление Нейробиология

²Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет, Институт трансляционной биомедицины

³Россия, Санкт-Петербург, Институт эволюционной физиологии и
биохимии им. Сеченова, РАН

⁴Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. Павлова, РАН,
Санкт-Петербург, Россия

¹Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology,
Department of Neuroscience

²Russia, St. Petersburg, St. Petersburg State University, Institute of Translational
Biomedicine

³Russia, St. Petersburg, Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and
Biochemistry, Russian Academy of Sciences

⁴Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of
Sciences

E-mail: pol-spb@mail.ru

Травма спинного мозга (ТСМ) приводит к долгосрочным нарушениям физического, ментального здоровья, социальной активности и работоспособности. У млекопитающих восстановление тканей спинного мозга ограничено, а частичное восстановление подвижности связывают с нейрональной пластичностью. Ключевую роль в этих процессах играют рецепторы к биогенным моноаминам (дофамин, серотонин), ко-экспрессирующиеся с рецепторами к следовым аминам (TAAR).

Травма спинного мозга была смоделирована методом латеральной гемисекции (м/у позвонками Т7-Т8) на самцах мышей, нокаутных по гену TAAR1 (TAAR1-KO) и дикого типа (TAAR1-WT). Восстановление оценивалось при ходьбе по ровной поверхности, а также при хвате и удержании задней конечностью тонкой перекладины до ТСМ и на 1, 2, 3 и 4 неделях после ТСМ. Данные сенсомоторных тестов были проанализированы по протоколам оценки скорости, высоты подъема стопы, длительности цикла шага с отдельной оценкой длительности опоры и переноса конечности, а также по протоколу Тоямы, формирование суммарной оценки в котором осуществляется на основе 9 различных

параметров.

Оценка восстановления подвижности задних конечностей по протоколу Тоямы показала сходную динамику восстановления для животных TAAR1-KO по сравнению с диким типом. Результаты оценок скорости, высоты подъёма стопы и длительности цикла шага также не показали статистически значимых различий. Исходя из полученных результатов, можно предположить, что рецептор к следовым аминам TAAR1 не играет критического значения в восстановлении исходной подвижности задних конечностей в первые четыре недели после TCM, однако требуются дополнительные поведенческие и морфологические исследования, так как TAAR1 модулируют активность многих медиаторных систем.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24- 15-20036, <https://rscf.ru/project/24-15-20036/> и при поддержке Санкт-Петербургского государственного университета (ID 129660474).

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
МЕЖМЫШЕЧНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОФИЛИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ХУДОЖЕСТВЕННОЙ
ГИМНАСТИКЕ**

**SPATIOTEMPORAL ORGANIZATION OF INTERMUSCULAR
INTERACTION IN THE IMPLEMENTATION OF PROFILING
ELEMENTS IN RHYTHMIC GYMNASTICS**

С.А.Моисеев, Р.М. Городничев

S.A. Moiseev, R.M. Gorodnichev

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

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

E-mail: sergey_moiseev@vlgafc.ru

Одним из способов преодоления сложности многосуставного и многомышечного управления движениями является организация элементов системы в модули и управление такими образованиями посредством центральных управляющих сигналов. Идея упрощения двигательного контроля заключается в использовании управляющей системой общей структуры для формирования мышечных паттернов в виде комбинаций небольшого числа модулей (синергий), специфичных для конкретной задачи или группы задач. Цель работы заключалась в изучении возможности построения разных по биомеханической структуре движений, относящихся к категории профилирующих элементов в художественной гимнастике – бросков и ловле мяча, на основе общих мышечных синергий. Анализировали параметры синергий, извлеченных с помощью факторного анализа по методу главных компонент. Установлено, что при бросках мяча разными способами и в различных положениях оказываются задействованы две основные мышечные синергии, обеспечивающие перемещение конечности, контактирующей с предметом, и стабилизацию положения туловища. Специфичные синергии проявляются при реализации упражнений, выполняемых без зрительного контроля, либо из исходных положений, ограничивающих подвижность определенных звеньев тела. При ловле мяча только одна синергия является общей для всех двигательных задач. Для нее характерен выраженный пик активации временной структуры, соотносимый с граничными моментами движений, и высокая воспроизводимость при межпробных измерениях. Движения ловли мяча в условиях ограничения зрительного контроля за положением предмета и положением верхних конечностей имеют схожие паттерны временной активации синергий. Другую группу и схожие параметры синергий образуют упражнения ловли, выполняемые при наличии зрительного контроля за траекторией полета мяча. Компонентный состав мышечных синергий вне зависимости от сложности двигательной задачи во многом определяется биомеханической структурой движений и наличием общей подзадачи.

**ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ПОСТУРАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У БАДМИНТОНИСТОВ**
**AGE-RELATED CHARACTERISTICS OF POSTURAL STABILITY
DEVELOPMENT IN BADMINTON PLAYERS**

А.С. Назаренко

A.S. Nazarenko

*Россия, Казань, Поволжский государственный университет
физической культуры,
спорта и туризма*

*Russia, Kazan, Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and
Tourism*

E-mail: Hard@inbox.ru

Высокий уровень постурального контроля необходим для эффективного выполнения двигательных действий и технических элементов в разных видах спорта. При этом, постуральный контроль у спортсменов имеет более высокий уровень развития по сравнению не спортсменами и данные значимые различия выявляются только в более сложных условиях поддержания баланса или на фоне утомления после физической нагрузки. Вместе с тем научные исследования, посвященные выявлению возрастных особенностей формирования постурального контроля, неоднозначны.

Целью данного исследования явилось изучение возрастных особенностей формирования постуральной функции у бадминтонистов.

В исследованиях принимали участие 80 человек мужского пола в возрасте 8-22 лет, которые занимаются бадминтоном и имеют спортивную квалификацию от 3 юношеского до Мастера спорта РФ. Функциональное состояние постуральной системы оценивали на стабилографическом аппаратно-программном комплексе «Стабилан 01-2» (ЗАО «ОКБ» «Ритм», Россия).

Наши исследования показывают, что в возрастных группах 8-12 лет, 13-16 лет и 17-21 год, значимых различий в стабилографических показателях пробы Ромберга (тест открытые и закрытые глаза) между спортсменами/не спортсменами не наблюдалось. Однако более совершенная регуляция постурального контроля между возрастными группами и спортсменами/не спортсменами значимо различается на фоне кратковременного и длительного утомления после пробы Летунова, велоэргометрической и вращательной нагрузки. В особенности это проявляется в возрасте 13-16 лет, что, возможно, связано с возрастным развитием организма: завершение созревания корковых двигательных и сенсорных структур, вовлеченных в управление позой, эффективного контроля головного мозга над спинномозговыми рефлекторными реакциями, улучшение координации между движениями глаз и позы, а также рост согласованности в интеграции сенсорных систем и развитие когнитивных ресурсов головного мозга.

**ИЗМЕНЕНИЕ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ
И ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СЕНСОРНОЙ
АФФЕРЕНТАЦИИ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ
ПОЛЕТОВ**
**CHANGES IN OCULAR AND VESTIBULAR REACTIONS WITH
VARIOUS SENSORY AFFERENTATION AFTER LONG-TERM
SPACEFLIGHTS**

И.А. Наумов, Д.О. Глухих, Е.А. Билоус, Н.В. Шишкин

I.A. Naumov, D.O. Glukhikh, E.A. Bilous, N.V. Shishkin

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

Russia, Moscow, SSC RF – Institute of Biomedical Problems of the RAS

E-mail: naumovivan@gmail.com

Невесомость влияет на вестибулярную функцию как непосредственно из-за потери гравитационного воздействия, так и, устраняя опорную и минимизируя проприоцептивную афферентацию, опосредовано через центральные интегративные мультисенсорные структуры центральной нервной системы, где осуществляется конвергенция афферентных сигналов различной сенсорной модальности (зрительной, вестибулярной, опорной и двигательной).

В ходе пред- и послеполетных экспериментов «Сенсорная адаптация» и «ГейзСпин» методом видеоокулографии у 28 российских космонавтов были исследованы: 1) удержание взгляда в отсутствие и на фоне ретикулярной оптокинетической стимуляции, а также при вращении на центрифуге короткого радиуса (ЦКР); 2) отолито-окулярный рефлекс (ООР) при наклонах головы или туловища (при неподвижно-фиксированной голове), а также при действии центростремительного ускорения с использованием ЦКР.

После полета ООР был достоверно снижен или нарушен (инверсия или отсутствие рефлекса) вплоть до R+9-12 суток, при этом наблюдались статистически значимые различия между ООР при наклонах головы/туловища и вращении на ЦКР на R+4-5 и R+9 сутки у одних и тех же космонавтов. Сопоставление результатов исследования ООР различными методами продемонстрировали влияние не-вестибулярной афферентации на отолито-окулярный рефлекс и его зависимость от других сенсорных входов. Анализ глазодвигательных реакций показал значимость объема сенсорной информации (афферентного потока) в обеспечении точности восприятия и ориентации в пространстве и необходимость восполнения сенсорного дефицита стимулами другой модальности в связи с развитием сенсорной депривации в ходе космического полета.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 25-25-00431.

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ОЦЕНКИ СТАТИЧЕСКОЙ
СИЛЫ 45 ОТДЕЛЬНЫХ МЫШЕЧНЫХ ГРУПП ЧЕЛОВЕКА
FORCECHAIR
DEVICE FOR SIMULTANEOUS ASSESSMENT OF STATIC STRENGTH
OF 45 INDIVIDUAL HUMAN MUSCLE GROUPS FORCECHAIR**

А.И. Нетреба

A.I. Netreba

Россия, Москва, Лаборатория AntexLab, ООО «СпортМедТехнологии»

Russia, Moscow, Laboratory AntexLab, SportMedTech (LLS)

E-mail: anetreba@yandex.ru

Тестирование максимальных силовых возможностей мышц - надежный метод оценки текущего функционального состояния организма человека, а также мониторинга эффективности применения того или иного метода воздействия на мышечную систему, в профессиональном спорте, восстановительной медицине или в научных целях.

Предлагаемое устройство позволяет одновременно (без смены позы и перенастройки оборудования) оценивать силовые возможности 45 различных мышечных групп в изометрическом (статическая сила) режиме: сгибатели стопы, сгибатели и разгибатели коленного сустава обеих ног, сгибатели, разгибатели, ротация, супинация кисти, сгибатели и разгибатели в локтевом суставе обеих рук, отведение, приведение, сгибание и разгибание в плечевых суставах, разгибатели тазобедренных суставов, сгибатели и разгибатели туловища, вращательные движения туловища, сгибатели разгибатели, отведение и приведение мышц шеи, а также ряд многосуставных движений: нижняя тяга, жим сидя, сведение и разведение рук. Устройство представляет собой кресло оснащенное, специальными упорами, манжетами и ремнями для фиксации конечностей испытуемого в положении сидя с согнутыми, под 90 градусов, руками и ногами. Места крепления упоров и манжет оснащены 50-ю датчиками силы, которые фиксируют мышечные усилия и передают эти сигналы в контроллер, для их дальнейшей обработки и визуализации. Устройство оснащено монитором обратной связи, где в режиме реального времени можно наблюдать мышечные сокращения всех мышечных групп.

Области применения устройства: изучение процессов моторного контроля над большим количеством мышц в различных их комбинациях (межмышечная координация). Изучение процессов утомления ЦНС, при вовлечении в работу большого количество мышечных групп. Изучение процессов перекрестного обучения между работающими и неработающими мышцами в различных суперпозициях. Изучения дефицита и распределения центрального нервного драйва к мышцам при развитии максимальной произвольной силы большого числа вовлеченных мышц. Устройство может использоваться в образовательных целях на занятиях по анатомии и физиологии опорно-двигательного аппарата человека в институтах физической культуры.

**АДРЕНЕРГИЧЕСКАЯ РЕГУЛЯЦИЯ СОКРАТИМОСТИ
ДИАФРАГМЫ
У МЫШЕЙ В МОДЕЛИ ВОСПАЛЕНИЯ
ADRENERGIC REGULATION OF DIAPHRAGM CONTRACTILITY IN
MICE IN A MODEL OF INFLAMMATION**

Ю.Г. Одношивкина^{1,2}, Г.В. Сибгатулина², С.А. Дмитриева²,
А.М. Петров^{1,2}
Yu.G. Odnoshivkina^{1,2}, G.V. Sibgatullina², S.A. Dmitrieva²,
A.M. Petrov^{1,2}

¹*Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет*

²*Россия, Казань, Казанский институт биохимии и биофизики КазНЦ РАН, ¹Russia, Kazan, Kazan State Medical University*

²*Russia, Kazan, Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics of the Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*

E-mail: Odnoshivkina_Y@mail.ru

Агонисты бета-2АР обладают ограниченной селективностью, и могут стимулировать бета3-подтип, о значении которого в скелетных мышцах известно мало. Цель исследования оценить адренергическую регуляцию сократимости диафрагмы у мышей при воспалении. Воспаление инициировали внутрибрюшинным введением липополисахарида клеточной стенки грамотрицательных бактерий (ЛПС) 2мг/кг за 12 часов до эксперимента, что вызывает рост воспалительных цитокинов и активных форм кислорода. Наличие как бета2, так и бета3-АР в диафрагме показало иммуногистохимическое окрашивание. Анализ окислительно-восстановительного статуса диафрагмы выявил увеличение уровня гидроперекисей на фоне повышения активности супероксиддисмутазы, антиоксидантного фермента, и снижения концентрации малонового диальдегида, у мышей, получавших ЛПС, по сравнению с контрольной группой. Это соответствует профилю окислительного стресса и компенсаторной реакции. Аппликация бета2-АР фенотеролом достоверно не изменяла амплитуду сокращений диафрагмы у мышей при стимуляции на частотах 10-70Гц. Агонист бета3-АР (BRL) снижал силу сокращений. Антагонист бета3-АР (L748,337) проявлял усиливающий сокращения эффект фенотерола. У мышей, получавших ЛПС, была значительно снижена амплитуда сокращений диафрагмы. Аппликация фенотерола оказывала позитивный эффект на сократимость диафрагмы, что существенно усиливалось блокадой бета3-АР. Активация бета3- АР снижала силу сокращений диафрагмы менее выражено по сравнению с контрольными мышцами. Таким образом, в норме активация бета2- и бета3-АР усиливает и ослабляет сократимость, соответственно. В условиях воспаления стимулирующий эффект активации бета2-АР проявляется более выражено, чем угнетающий эффект бета3-АР, вероятно, чтобы компенсировать сниженную сократительную способность диафрагмы при развитии воспаления. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-15-00124, <https://rscf.ru/project/23-15-00124/>.

**ОСОБЕННОСТИ ВРЕМЕННОЙ ПРОГРАММЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ ПРИ ХОДЬБЕ
В МЕДЛЕННОМ ТЕМПЕ
FEATURES OF THE TEMPORAL PROGRAM FOR FUNCTIONAL
ELECTRICAL MUSCLE STIMULATION WHEN WALKING AT A SLOW
CADENCE**

К.А. Петрушанская, С.В. Котов

K.A. Petrushanskaya, S.V. Kotov

*Россия, Москва, Московский областной научно-исследовательский
клинический институт имени М. Ф. Владимирского*

*Russia, Moscow, Moscow regional research clinical institute named
after M.F. Vladimirovsky*

E-mail: kirapetrushanskaya@gmail.com

Одной из актуальных проблем реабилитации является организация временной программы ФЭС мышц у больных, передвигающихся с низкой скоростью. В настоящее время все существующие отечественные стимуляторы не приспособлены к решению данной проблемы. Эта проблема является актуальной, поскольку таких больных примерно 30%, у ряда больных имеется тенденция к прогрессированию заболевания, и нередко - это люди молодого возраста. По данным разных авторов, большая часть стимуляторов полностью адаптирована к разному темпу ходьбы, однако в реальности стимуляторы адаптированы к темпам от 45 до 120 шаг/мин. Если больные ходят с темпом ниже 45 шаг/мин, то возникают проблемы, а нередко просто невозможно организовать временную программу ФЭС. Это объясняется тем, что при ходьбе с низкой скоростью уменьшается не только темп, но и длина шага. Оба параметра по-разному влияют на структуру ходьбы. При уменьшении длины шага резко снижается амплитуда движений в суставах нижней конечности, при этом критическим является уменьшение амплитуды движений до 10°. Снижение темпа до 40 шаг/мин сопровождается грубым нарушением временной структуры ходьбы (удлинением опорной фазы и укорочением переносной фазы), а соответственно, и удлинением фаз сгибания и разгибания в суставах нижней конечности, редукцией основного сгибания в КС и уменьшением явлений резонанса. Кроме того, больные, передвигающиеся с низкой скоростью, это - люди, которые ходят, как правило, с двойной дополнительной опорой. Полученные факты указывают на то, что проблема ФЭС мышц у таких больных более глобальная, и не ограничивается лишь темпом ходьбы. С нашей точки зрения, таким больным целесообразно на первом этапе пройти несколько сеансов тренировки ходьбы в экзоскелете, что позволяет повысить темп ходьбы до 45-50 шаг/мин, улучшить резонансные свойства нижней конечности, а также увеличить амплитуду движений в КС до 30°. Улучшение резонансных свойств нижней конечности повышает функцию двусуставных мышц-сгибателей голени, имеющих двойственную иннервацию. Таким образом, у больных повышается темп и длина шага, а следовательно, и скорость ходьбы до 1.0-1.2 км/ч, что создает возможность адекватной организации временной программы ФЭС мышц даже у самого тяжелого контингента больных.

**КОМПЛЕКСНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
БОТУЛИНОТЕРАПИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ С ИШЕМИЧЕСКИМ
ИНСУЛЬТОМ**

**COMPLEX REHABILITATION USING BOTULIN THERAPY AND
FUNCTIONAL ELECTRICAL MUSCLE STIMULATION IN PATIENTS
WITH ISCHEMIC STROKE**

К.А. Петрушанская¹, С.В.Котов¹, В.С. Шалыгин², И.А. Сутченков²

K.A. Petrushanskaya¹, S.V. Kotov¹, V.S. Shalygin², I.A. Sutchenkov²

¹ Россия, Москва, Московский областной научно-исследовательский
клинический институт им. М.Ф. Владимирского,

² Россия, Москва, Научно-медицинская фирма «МБН»

¹ Russia, Moscow, Moscow regional research clinical institute named after M.F.
Vladimirsky

² Russia, Moscow, Scientific-medical firm «MBN»

E-mail: kirapetrushanskaya@gmail.com

Цель данной работы – показать эффективность комплексной реабилитации с применением ботулинотерапии и ФЭС мышц при ходьбе. Одним из наиболее эффективных методов реабилитации больных с инсультом является функциональная электрическая стимуляция (ФЭС) мышц при ходьбе. Эффективность данного метода особенно возрастает при сочетании ФЭС мышц с применением ботулинотерапии. Для функциональной электрической стимуляции мышц применялся 8-канальный электростимулятор «МБН-Стимул». Ботулинотерапия в сочетании с ФЭС мышц была применена 13 больным с выраженной спастичностью мышщ-разгибателей паретичной нижней конечности. Исследования показали, что через 3 недели после ботулинотерапии происходят следующие изменения биомеханической структуры ходьбы: резкое уменьшение основного сгибания в коленном суставе (КС) и его более раннее начало, неполное и очень продолжительное разгибание в КС в переносную фазу, в ряде случаев – усугубление рекурвации в КС паретичной ноги. Поэтому после применения ботулинотерапии необходимо внести определенные изменения в технологию ФЭС мышц при ходьбе у больных с инсультом, а именно, проводить ФЭС не только паретичных мышц нижней конечности, но также и мышц, подвергнутых ботулинотерапии (мышщ-мишеней); обратить особое внимание на ЭС четырехглавой мышцы бедра в связи с уменьшением величины угла разгибания в КС в переносную фазу; проводить ЭС ряда мышц дважды в течение цикла, например, у двуглавой мышцы бедра фаза ЭС для уменьшения рекурвации в КС – 10%-35% цикла, а для увеличения угла сгибания в КС в переносную фазу -50%-75%. Сочетание применения ботулинотерапии и ФЭС мышц приводит к выраженному улучшению биомеханической структуры ходьбы даже через несколько лет после начала заболевания, а именно к резкому увеличению амплитуды движений во всех суставах, к уменьшению рекурвации в КС и эквинуса в ГСС на паретичной ноге, к редукции временной, кинематической и динамической асимметрии, к повышению опорной и толчковой функций нижних конечностей, что способствует значительному повышению средней скорости ходьбы.

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ У БОЛЬНЫХ
С ИНСУЛЬТОМ В РАННИЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД
ЗАБОЛЕВАНИЯ**

**POSSIBILITIES OF USING FUNCTIONAL ELECTRICAL MUSCLE
STIMULATION IN PATIENTS WITH STROKE IN THE EARLY
RECOVERY PERIOD OF THE DISEASE**

К.А. Петрушанская¹, С.В.Котов¹, В.С. Шалыгин², И.А. Сутченков²

K.A. Petrushanskaya¹, S.V. Kotov¹, V.S. Shalygin², I.A. Sutchenkov²

¹ *Россия, Москва, Московский областной научно-исследовательский
клинический институт им. М.Ф. Владимирского,*

² *Россия, Москва, Научно-медицинская фирма «МБН»*

¹ *Russia, Moscow, Moscow regional research clinical institute named after M.F.
Vladimirsky*

² *Russia, Moscow, Scientific-medical firm «MBN»*

E-mail: kirapetrushanskaya@gmail.com

Согласно данным разных авторов, первые три месяца после инсульта являются наиболее благоприятными для начала применения функциональной электрической стимуляции (ФЭС) мышц при ходьбе. Наши данные показали, что возможности применения ФЭС мышц при ходьбе в ранний восстановительный период инсульта очень ограничены по ряду причин. Из 39 больных, которым был проведен первый пробный сеанс ФЭС 12 больным было отказано в продолжении курса именно в связи с давностью заболевания менее 3 месяцев. С нашей точки зрения, наиболее важными причинами ограничения применения ФЭС мышц в ранний восстановительный период являются следующие:

1) у больных с инсультом часто наблюдается поражение мышц обеих нижних конечностей, что вызывает необходимость проведения ЭС мышц обеих ног;

2) у больных с инсультом в этот период сложно получить сокращение мышц, видимое глазом, даже при максимальных амплитудных значениях;

3) у ряда больных отмечается атаксия, которая в биомеханическом плане проявляется в том, что экстремумы угловых перемещений резко отличаются между собой по амплитуде и фазе их появления в двигательном цикле;

4) многие больные не способны стоять в течение 10 минут – минимального времени, необходимого для организации временной программы ФЭС мышц при ходьбе;

5) в ранний восстановительный период инсульта наблюдается синхронная работа мышц-антагонистов, т.е. одинаковый ЭМГ-профиль у передней большеберцовой мышцы и икроножной мышц, у прямой и двуглавой мышц бедра;

6) довольно часто у больных с инсультом наблюдается выраженная

утомляемость, что приводит к сокращению сеанса ЭСМ до 10 минут.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в большинстве случаев больным с инсультом нецелесообразно проводить ФЭС в ранний восстановительный период, а в остальных случаях ФЭС надо проводить с большой осторожностью, что предполагает небольшую длительность сеанса, незначительное количество стимулируемых мышц, небольшое количество сеансов, прекращение сеанса при первых признаках утомления больного, однако во всех случаях крайне нежелательно проводить ЭС в период до месяца от начала заболевания. С нашей точки зрения, оптимальным временем для начала ФЭС мышц является период от 3 до 6 месяцев от начала заболевания.

СРАВНЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ПАТТЕРНОВ ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ И ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЯМИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВЫХ КАРТ ВП ПЭМГ
COMPARISON OF MOTOR PATTERNS OF HEALTHY SUBJECTS AND PATIENTS WITH MOVEMENT DISORDERS BASED ON HEAT MAPS OF HD-SEMG

А.Е. Позднякова, Г.В. Искаревский

A.E. Pozdnyakova, G.V. Iskarevskii

Россия, Федеральная Территория Сириус, Научно-технологический университет “Сириус”

Russia, Sirius Federal Territory, Sirius University of Science and Technology

E-mail: fenec.alisa@gmail.com

Поверхностная электромиография высокой плотности (ВП пЭМГ) позволяет регистрировать пространственное распределение мышечной активности с высоким разрешением. Тепловые карты ВП пЭМГ эффективно выявляют различия в активности мышц у здоровых людей и пациентов с двигательными нарушениями. Сравнение этих паттернов может улучшить диагностику и реабилитацию. В работе мы анализируем тепловые карты ВП пЭМГ для выявления различий в активности мышц предплечья у здоровых людей и пациентов.

В исследовании участвовали 10 здоровых испытуемых (21–30 лет) и 2 пациента с односторонней ампутацией кисти (34 и 48 лет). Регистрация поверхностной ЭМГ проводилась системой Delsys Trigno Avanti (Delsys Inc., США). Датчики размещались на шести мышцах предплечья согласно анатомическому расположению. Обработка данных и построение тепловых карт выполнены с использованием оригинального алгоритма на Python.

Паттерны активации мышц у здоровых и пациентов с ампутацией схожи в фазе активности (сжатие кулака: локтевые сгибатели и разгибатели кисти; открытая ладонь: разгибатель пальцев и в меньшей мере разгибатели кисти), но различаются в фазе расслабления: у здоровых вовлекается разгибатель пальцев, у 1 пациента мышцы не активируются, у 2 — лучевой разгибатель кисти. При открытой ладони у 2 пациента в активной фазе смещена активность к лучевому разгибателю кисти. Паттерны мышечной активации у пациентов с ампутацией отличаются от здоровых людей, что может быть связано с изменением механизмов контроля движений после ампутации. Такие изменения можно визуально наблюдать с помощью тепловых карт.

**ВЛИЯНИЕ 21-СУТОЧНОЙ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ
ГИПОКИНЕЗИИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ РЕШЕНИИ СЛОЖНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ
ЗАДАЧ**

**INFLUENCE OF 21-DAY ANTIORTHOSTATIC HYPOKINESIA ON
THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN SOLVING
COMPLEX DYNAMIC PROBLEMS**

А. А. Поляниченко^{*1}, Д. Н. Бобков², О. О. Рюмин¹

A. A. Polyanichenko^{*1}, D. N. Bobkov², O. O. Ryumin¹

¹*Россия, Москва, Государственный научный центр Российской
Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН*

²*Россия, Москва, Московский финансово-промышленный университет
«Синергия»*

¹*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems (IBMP)*

²*Russia, Moscow, Moscow Financial and Industrial University «Synergy»*

^{*}E-mail: alekseipolyanichenko@mail.ru

В реальных космических полетах социальная изоляция, гиподинамия и измененная гравитация могут оказывать глубокое влияние на пластичность мозга, связанную с пространственной навигацией. Общепризнанной моделью микрогравитации является антиортостатическая гипокинезия (АНОГ), воспроизводящая перемещение жидких сред организма в краниальном направлении, уменьшение объема циркулирующей крови и снижение опорной нагрузки. В связи с этим было оценено влияние сложных динамических задач в условиях периодической когнитивной нагрузки на базе ГНЦ РФ – ИМБП РАН в два последовательных этапа у 6 здоровых добровольцев-мужчин от 24 до 40 лет ($29,8 \pm 4,6$) за 7 суток до начала, на 3, 10, 17, 21 сутки АНОГ во время I этапа и 4, 10, 16, 21 сутки АНОГ а также через 3 суток во время II этапа. Когнитивные функции анализировали по результатам выполнения сложных динамических задач с элементами неопределенности из тестового блока ПО «CleverBalls». Толерантность к неопределенности на первом этапе улучшилась более чем на 50%, на втором этапе встречалось как улучшение до 39%, так и ухудшение до 38%. С учетом противоречивости результатов, планируются дальнейшие исследования и возможная разработка персонализированных контрмер.

Исследование выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований РАН FMFR-2024-0034.

**ЛЕЧЕБНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ С
ПРИМЕНЕНИЕМ MOTION CAPTURE
THERAPEUTIC PHYSICAL EDUCATION IN A VIRTUAL
ENVIRONMENT USING MOTION CAPTURE**

Д.Б. Попов^{1,2}, И.А. Сакун^{1,2}, Е.М. Скребова², Т.В. Тюлькина²,
М.Д. Самароков²
D.B. Popov^{1,2}, I.A. Sakun^{1,2}, E.M. Skrebtsova², T.V. Tyulkina²,
M.D. Samorokov²

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН

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

¹Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of
Sciences

²Russia, Saint Petersburg, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"
named after V.I. Ulyanov (Lenin)

В последние годы заболевания опорно-двигательного аппарата, вызванные малоподвижным образом жизни, привлекают всё больше внимания. В условиях цифровизации растёт потребность в реабилитационных методиках, сочетающих эффективность и мотивацию пациентов. Лечебная физическая культура (ЛФК) является ключевым элементом восстановительных программ, однако недостаток вовлечённости пациентов остаётся серьёзной проблемой. Включение игровых механик на базе виртуальной реальности — перспективный способ повышения мотивации. В данной работе рассматривается разработка игровых механик в Unreal Engine для вовлечения пациентов в реабилитацию. В рамках исследования использовалась маркерная система захвата движения Qualisys, установленная в лаборатории «Системы захвата и моделирования движения» СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Движения испытуемого регистрировались и обрабатывались в Qualisys Track Manager. Виртуальная среда с игровыми элементами разрабатывалась в Unreal Engine с использованием Blueprint. Интерактивное взаимодействие и контроль упражнений осуществлялись через дисплей и VR-устройства. Реализована трансляция движений человека на виртуального персонажа в Unreal Engine в реальном времени. Разработан и протестирован комплекс игровых механик, моделирующих функциональные упражнения и задачи для развития двигательной активности. Методика продемонстрировала эффективность интеграции игровых технологий в реабилитацию. Виртуальная среда в сочетании с захватом движения повышает мотивацию пациентов и обеспечивает точный контроль кинематики движений. Данная работа открывает перспективы для более персонализированного подхода к реабилитации, адаптации нагрузок и объективной оценки прогресса пациентов. Дальнейшее развитие технологии позволит расширить её применение в медицинской практике, включая дистанционные реабилитационные программы и интеграцию с системами искусственного интеллекта.

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ МЫШЕЧНЫХ УСИЛИЙ
В ОДНОСОСТАВНОМ ДВИЖЕНИИ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ
ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ
МИКРОГРАВИТАЦИИ**
**DIFFERENTIATION OF MUSCLE EFFORTS IN ONE-COMPONENT
MOVEMENT AFTER A PERSON'S STAY UNDER SIMULATED
MICROGRAVITY CONDITIONS**

Г.К. Примаченко¹, А.В. Шпаков^{1,2}, А.В. Воронов², Н.Н. Соколов²
G.K. Primachenko¹, A.V. Shpakov^{1,2}, A.V. Voronov², N.N. Sokolov²

¹ Россия, Москва, ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН

² Россия, Москва, Федеральный научный центр физической культуры и спорта

¹ Russia, Moscow, RF SSC – Institute for Biomedical Problems of the RAS

² Russia, Moscow, Federal Science Center of Physical Culture and Sport

E-mail: g.k.primachenko@mail.ru

Цель работы – исследование двигательно-координационных способностей человека после пребывания в условиях 21-суточной антиортостатической гипокинезии (АНОГ) при применении профилактических режимов вращения на ЦКР.

Работа выполнена на базе ГНЦ РФ – ИМБП РАН. В исследовании приняли участие 5 практически здоровых мужчин-добровольцев в возрасте $32,0 \pm 4,1$ лет, которые находились в условиях АНОГ с углом наклона тела -6° относительно горизонта (модель физиологических эффектов микрогравитации) в течение 21 суток. Начиная с 8-х суток АНОГ проводили 33-минутные сеансы дозированных гравитационных нагрузок на ЦКР в интервальном режиме (с перегрузкой от 1,27 до 2,06g) с перерывом между сеансами 2 суток.

Координационные способности оценивали с использованием динамометра Biodex System 4Pro во время двигательного теста, по условиям которого испытуемые выполняли изометрическое разгибание ноги в коленном суставе. При этом испытуемым была дана установка выполнить тест с минимальным «шагом» между попытками и каждое последующее усилие должно быть больше предыдущего. Тестирование останавливали, если более 2-х попыток подряд не регистрировался прирост развиваемого момента силы. Тестирование проводили до и на третьи сутки после экспериментального воздействия.

При анализе полученных результатов было отмечено увеличение абсолютного порога развиваемого мышечного усилия после АНОГ по сравнению с данными до экспериментального воздействия. Также отмечено увеличение дифференциальных порогов мышечных сокращений в период последствия у 4 испытуемых, у 5-го – значение показателя остались на уровне фоновых (до АНОГ). Общее количество попыток, необходимых для достижения максимально возможного момента силы, было снижено после АНОГ по сравнению с фоновыми данными.

Работа выполнена в рамках Госзадания FMFR-2024-0033.

**ОЦЕНКА ВЫЗВАННЫХ МОТОРНЫХ ОТВЕТОВ ПЕРЕДНИХ
КОНЕЧНОСТЕЙ ПРИ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ШЕЙНОГО
ОТДЕЛА СПИННОГО МОЗГА ВО ВРЕМЯ
РАСПРОСТРАНЯЮЩЕЙСЯ КОРКОВОЙ ДЕПРЕССИИ У КРЫС**

М. М. Пучик¹, Д. Р. Еникеев^{1, 2, 3}, D. D. Shitc¹, Е. В. Герасимова³, О. В.

Горский^{1, 2}, Н. В. Павлова², П. Е. Мусиенко^{1, 2, 3}

M. M. Puchik¹, D. R. Enikeev^{1, 2, 3}, D. D. Shitc¹, E. V. Gerasimova³,

O. V. Gorskii^{1, 2}, N. A. Pavlova², P. E. Musienko^{1, 2, 3}

¹Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
университет, Институт трансляционной биомедицины

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

³Россия, Федеральная территория Сириус, Направление “Нейробиология”,
Научный центр генетики и наук о жизни, Научно-технологический университет
“Сириус”

¹Russia, St. Petersburg, Saint Petersburg State University, Institute of
Translational Biomedicine

²Russia, St. Petersburg, Pavlov Institute of Physiology RAS

³Russia, Sirius, Sirius University of Science and Technology, Center of Genetics
and Life Sciences, Department of Neuroscience

Email: st121063@student.spbu.ru

Распространяющаяся корковая депрессия (РКД), сопровождающаяся волной деполяризации коры — один из ключевых физиологических факторов в патогенезе мигрени с аурой. Электрическая стимуляция шейных отделов спинного мозга (СМ) показала высокую эффективность в купировании симптомов хронической мигрени в клинических исследованиях [1]. Метод вызванных моторных ответов используется для оценки рефлекторной активности и может быть использован для диагностики сенсомоторных нарушений при мигрени [2]. Целью работы являлось изучение динамики вызванных потенциалов (ВП) мышц передних конечностей при эпидуральной электростимуляции шейного отдела СМ во время РКД и после тонической нейромодуляции электрическим током.

Эксперименты проводили на самцах крыс линии Wistar (n=4, 350-500 г). Были билатерально имплантированы миографические электроды в *triceps brachii cap. longum* (R_Tric, L_Tric) и *biceps brachii* (R_Bic, L_Bic). Стимулирующий электрод был имплантирован на уровне С2. После под уретановой анестезией (1,5 мг/кг, и/п) производилась краниотомия. Локальный полевой потенциал (ЛПП) регистрировался в области первичной соматосенсорной и зрительной коры. Для инициации РКД на твердую оболочку апплицировался 1 М KCl в область первичной моторной коры. Производился анализ кривой рекрутирования ВП при стимуляции СМ до (контроль) и после 5-минутных воздействий биполярными импульсами тока частотой 40 Гц на ту же точку (ЭС), а также во время РКД без и с нейромодуляцией (РКД+ЭС). Последующие обработка и

анализ результатов проводились с помощью программ MATLAB, Origin 2024.

Медианное значение порога возникновения раннего ответа в R_Bic возрастало с $350 \pm 336,65 \mu\text{A}$ до $650 \pm 216,02 \mu\text{A}$ после ЭС с частотой 40 Гц, не менялось при РКД, и снижалось до $300 \pm 378,59 \mu\text{A}$ после ЭС. ЭС увеличивала пороговые значения среднего ответа в R_Bic с $250 \pm 336,65 \mu\text{A}$ до $600 \pm 365,14 \mu\text{A}$ и снижала с $550 \pm 464,57 \mu\text{A}$ до $400 \pm 200 \mu\text{A}$ при РКД. В L_Bic длительная электростимуляция повышала порог раннего ответа с $700 \pm 305,5 \mu\text{A}$ до $800 \pm 115,47 \mu\text{A}$, и уменьшала его после инициации РКД с $1000 \pm 346,41 \mu\text{A}$ до $600 \pm 351,18 \mu\text{A}$. Порог возникновения среднего ответа в L_Bic возрастал с $700 \pm 57,73 \mu\text{A}$ до $800 \pm 115,47 \mu\text{A}$ при ЭС, достигал медианного значения $1200 \pm 230,94 \mu\text{A}$ во время РКД и снижался до $400 \pm 346,41 \mu\text{A}$ после нейромодуляции. В R_Tric, напротив, ЭС инициировала снижение порога раннего ответа с $500 \pm 208,16 \mu\text{A}$ до $400 \pm 57,73 \mu\text{A}$, и его повышение с $300 \pm 416,33 \mu\text{A}$ до $400 \pm 416,33 \mu\text{A}$ при РКД. Порог возникновения среднего ответа R_Tric возрастал после нейромодуляции (от $600 \pm 330,4 \mu\text{A}$ до $800 \pm 298,6 \mu\text{A}$), сохранялся при РКД, и снижался до $400 \pm 163,29 \mu\text{A}$ после ЭС. Порог раннего ответа L_Tric был равен $800 \pm 378,59 \mu\text{A}$ во всех четырёх периодах. Порог среднего ответа достигал $800 \pm 435,88 \mu\text{A}$ в контроле, не менялся после ЭС и РКД, однако снижался до значения $600 \pm 351,18 \mu\text{A}$ после РКД+ЭС.

Анализ кривых рекрутирования показал, что при ЭС в контроле средняя амплитуда повышалась только в раннем ответе R_Tric и среднем ответе L_Tric. При оценке ВМО во время РКД отмечалась тенденция к увеличению средних амплитуд как раннего, и так среднего ответов для L_Bic, L_Tric, R_Tric, в то время как в R_Bic только для раннего. ЭС после РКД снижала амплитуду во всех ответах L_Bic, и оказывала незначительное снижение ответа в R_Tric, L_Tric. В остальных случаях видимых изменений не наблюдалось.

Исходя из полученных результатов, можно предположить, что РКД модулирует силу мышечных ответов. Однако, амплитуды и пороги имели общую динамику лишь на уровне тенденции. При этом, после РКД+ЭС отмечалось снижение порогов и повышение амплитуды ответов в мышцах.

Результаты получены при финансовой поддержке РФФ № 23-15-00328 (обработка и анализ данных) и Государственного финансирования института физиологии им. И.П. Павлова РАН (№124020100105-6) (проведение экспериментов).

Список литературы:

1. Safety and Efficacy of 10 kHz Spinal Cord Stimulation for the Treatment of Refractory Chronic Migraine: A Prospective Long-Term Open-Label Study / A. Al-Kaisy, S. Palmisani, R. Carganillo [et al.] // *Neuromodulation*. – 2022. – Vol. 25, № 1. – P. 103-113.
2. Studies on Mechanisms of Development and Electrostimulation Approaches to Migraine Therapy / Kochneva, A.A., Gerasimova, E.V., Enikeev [et al.] // *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. – 2024. – Vol. 60, № 1. – P. 50-66.

**АКТИВНОСТЬ МЫШЦ ПРИ УПРАВЛЕНИИ
НЕЙРОИНТЕРФЕЙСОМ, ОСНОВАННЫМ НА ВООБРАЖЕНИИ
ХОДЬБЫ НА МЕСТЕ
MUSCLES ACTIVITY DURING CONTROL OF A NEUROINTERFACE
BASED ON MOTOR IMAGERY OF WALKING IN PLACE**

В. В. Решетникова¹, Е. В. Боброва¹, А. А. Гришин¹, Е. А. Вершинина¹,
И. Н. Богачева¹, Н. А. Щербак ова¹, М. Р. Исаев^{2,3}, П. Д. Бобров^{2,3},
Ю. П. Герасименко¹

V. V. Reshetnikova¹, E. V. Bobrova¹, A. A. Grishin¹, E. A. Vershinina¹,
I. N. Bogacheva¹, N. A. Shcherbakova¹, M. R. Isaev^{2,3}, P. D. Bobrov^{2,3},
Yu. P. Gerasimenko¹

¹Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН

²Россия, Москва, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии
РАН

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

¹Russia, Saint-Petersburg, Pavlov Institute of Physiology, Russian Academy of Sciences

²Russia, Moscow, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian
Academy of Sciences

³Russia, Moscow, Pirogov Russian National Research Medical University

E-mail: 3069@bk.ru

При реабилитации двигательной функции, в том числе с использованием технологии нейроинтерфейса, основанного на воображении движений, важным оказывается вопрос мышечной активности.

В исследовании приняли участие 40 волонтеров, у которых регистрировалась активность мышц нижних конечностей во время управления нейроинтерфейсом, основанным на кинестетическом воображении ходьбы на месте, без и с добавлением пассивного перемещения ног (механотерапии) в случае успешного воображения движений.

Анализ данных показал, что работа с нейроинтерфейсом приводит к значимому увеличению мышечной активности при воображении ходьбы по сравнению с покоем. Добавление механотерапии дополнительно увеличивает ЭМГ-активность. Построены плеяды, отражающие корреляционные связи между активностью мышц ног, а также результаты факторного анализа.

Таким образом, использование нейроинтерфейса, основанного на воображении ходьбы, а также добавление механотерапии, позволяет активизировать мышцы нижних конечностей, что важно для реабилитации движений.

Работа поддержана средствами федерального бюджета в рамках государственного задания ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН (№ 1021062411782-5-3.1.8).

**ВЛИЯНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ГИМНАСТИКИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА**

**THE IMPACT OF BREATHING EXERCISES ON FUNCTIONAL
PERFORMANCE INDICATORS IN ATHLETES**

А.И. Родин

A.I. Rodin

Россия, Орловская область, пгт Знаменка, БОУ ОО «Созвездие Орла»

Russia, Oryol region, Znamenka settlement, BOU OO "Sozvezdie Orla"

e-mail: ayakuk@mail.ru

Актуальность исследования обусловлена поиском эффективных внутренировочных методов повышения спортивной подготовки, где особое внимание уделяется системе внешнего дыхания как ключевому фактору, определяющему функциональные возможности организма. Целью работы стала экспериментальная оценка влияния дыхательных упражнений на функциональное состояние спортсменов-бадминтонистов и обоснование целесообразности их использования в тренировочном процессе.

В исследовании, проведенном на базе цифровой лаборатории физиологии человека, участвовали 14 учащихся, разделенных на экспериментальную и контрольную группы. В тренировки экспериментальной группы был включен комплекс дыхательных упражнений, разработанный И.Л. Лукашковой и Т.В. Мискевич. Контроль и корректировка техники выполнения упражнений осуществлялись на каждом занятии.

Оценка функционального состояния спортсменов проводилась с использованием стандартных физиологических проб (ЧСС, ЧДД, пробы Штанге, Генчи, ортостатическая проба) до и после эксперимента. Статистический анализ результатов выявил достоверный прирост показателей функциональных возможностей в экспериментальной группе по сравнению с контрольной.

Зафиксировано улучшение показателей по ортостатической пробе, снижение ЧСС и ЧДД в покое, а также увеличение времени задержки дыхания на пробах Штанге и Генчи. По основным показателям оценки прирост составил: по показателю «ортостатическая проба»: 3,6 %, по показателю «ЧСС в покое» (уменьшение): 2,1 %, по показателю «ЧДД» (уменьшение): 2,2 %, по показателю «проба Штанге»: 4,8 %, по показателю «проба Генчи»: 4,6%. Эти данные свидетельствуют о положительном влиянии регулярного выполнения дыхательных упражнений на функциональное состояние организма спортсменов.

Результаты исследования позволяют рекомендовать включение комплексов дыхательных упражнений в тренировочный процесс юных бадминтонистов в качестве эргогенического средства, способствующего улучшению спортивных результатов.

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ И
ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОДЬБЫ
ЧЕЛОВЕКА В ХОДЕ 14-СУТОЧНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
БЕЗОПОРНОСТИ
SPATIOTEMPORAL AND ELECTROMYOGRAPHIC
CHARACTERISTICS OF HUMAN WALKING DURING 14-DAY
EXPOSURE TO SUPPORTLESSNESS**

А. А. Савеко, М. П. Бекренева, Е. С. Томиловская

A. A. Saveko, M. P. Bekreneva, E. S. Tomilovskaya

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

*Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of
Sciences*

E-mail: asaveko@gmail.com

Реакции сенсомоторной системы человека на устранение опоры наиболее выражены в первые сутки воздействия. Как правило, после 7 суток влияния данного фактора симптомы, вызванные пребыванием в новой сенсорной среде, нивелируются. Несмотря на это, более выраженные локомоторные нарушения после длительного воздействия, по сравнению с коротким, указывают на бессимптомное продолжение процессов адаптации, которые на текущий момент изучены недостаточно. Задачей работы явилось сопоставление изменений характеристик произвольной ходьбы после 7-суточной и 14-суточной экспозиции в «сухой» иммерсии (СИ) с целью определения локомоторных явлений, ассоциированных с процессами, протекающими в ходе второй недели СИ. Доклад включает промежуточные индивидуальные данные динамики пространственно-временных и электромиографических характеристик ходьбы 4-х испытуемых, полученных с использованием бароподометрического полотна Footscan (Бельгия) и беспроводного миографа Trigno Wireless (США). Интересно, что в ходе второй недели экспозиции в СИ у испытуемых наблюдалось прогрессивное снижение сил отталкивания носком от опоры на $2,51 \pm 1,71$ Н/см², свидетельствующее об усугублении влияния безопорности на силу мышечно-разгибателей голени, тогда как скорость ходьбы, наоборот, увеличивалась на $0,32 \pm 0,21$ км/ч за счёт увеличения длины шагов, указывая на развитие компенсаторных процессов со стороны контроля ходьбы. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-15-00309, <https://rscf.ru/project/24-15-00309/>.

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ДАННЫХ ОСНОВНЫХ
ДВИГАТЕЛЬНЫХ АКТИВНОСТЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ВИДЕОАНАЛИЗА**

**THE METHODOLOGY OF FORMING A DATABASE OF BASIC
MOTOR ACTIVITIES USING VIDEO ANALYSIS**

И.А. Сакун^{1,2}, Д.Б. Попов^{1,2}, Е.М. Скребова², Т.В. Тюлькина²,
М.Д. Самароков²

I.A. Sakun^{1,2}, D.B. Popov^{1,2}, E.M. Skrebtsova², T.V. Tyulkina²,
M.D. Samorokov²

¹Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

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

¹ Russia, Saint Petersburg, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"
named after V.I. Ulyanov (Lenin)

² Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy
of Sciences

Отсутствие единого набора стандартов в биомеханике движений, включающего кинематические, кинетические, электромиографические и другие параметры, остаётся актуальной проблемой. Цель исследования — создание нормативной базы данных, которая будет использоваться для анализа биомеханических характеристик движений. Эта база важна для инженерных разработок экзоскелетов и протезов, реабилитации пациентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата и автоматической оценки работы суставов, выявления и указания на места отклонений от нормы.

В исследовании участвовали 12 мужчин в возрасте 20–24 лет с ростом от 170 до 185 см. Испытуемые выполняли такие движения, как ходьба на разных скоростях, приседания, выпады и наклоны. Для регистрации использовалась маркерная система захвата движения Qualisys, установленная в лаборатории «Системы захвата и моделирования движения» СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Обработка данных проводилась с помощью Qualisys Track Manager и Visual3D, а для визуализации данных и формирования нормативной формирования базы использовался язык программирования Python.

В ходе работы были разработаны методы сбора данных по кинематике, кинетике и электромиографии различных упражнений, а также собраны и обработаны данные с использованием системы Qualisys. Была рассчитана средняя величина параметров и сформированы нормальные диапазоны значений, которые представлены в виде таблиц и графиков.

Созданная нормативная база позволит использовать её в качестве стандарта для сравнительной оценки движений у пациентов, помогая выявлять отклонения от нормы, патологии и отслеживать прогресс в реабилитации или тренировочных программах.

**АНАЛИЗ ДАННЫХ ПРЫЖКОВОГО ТЕСТА ДЕТЕЙ РАЗНОГО
ВОЗРАСТА С УЧЕТОМ АЛЛОМЕТРИЧЕСКОГО
МАСШТАБИРОВАНИЯ**
**ANALYSIS OF JUMP TEST DATA FOR CHILDREN OF
DIFFERENT AGES TAKING INTO ACCOUNT ALLOMETRIC SCALING**

Е.А. Сигов, М.П. Шестаков, Т.Ф. Абрамова

E.A. Sigov, M.P. Shestakov, T.F. Abramova

*Москва, Россия, Федеральный научный центр физической культуры и
спорта*

Moscow, Russia, Federal Science Center of Physical Education and Sport

E-mail: elisey_sigov@mail.ru

Использование тестовой процедуры прыжка вверх с места у детей традиционно используется в спортивной практике. Для проведения сравнительного анализа данных двигательного тестирования у детей разного возраста необходимо учитывать естественные сдвиги в организме ребенка, в том числе антропометрические характеристики. Для этого проводится аллометрическое масштабирование. Цель исследования состояла в сравнении абсолютных и аллометрически масштабированных антропометрических данных с показателями выполнения прыжков вверх с места детьми разного возраста, занимающихся различными видами спорта.

В исследовании использовался поперечный дизайн с выборкой из 45 детей 5-8 лет, занимающихся спортом. Исходные данные были аллометрически масштабированы по отношению к массе тела (МТ), росту (РТ), длине ноги (ДН). Были рассчитаны показатели логарифмической регрессии. Корреляции и значения r^2 оценивали эффективность каждого метода масштабирования. Динамические показатели, характеризующие выполнение прыжка вверх с места, были получены с использованием инструментальной методики OptoJump (Microgate, Италия): максимальные сила, мощность и скорость при выполнении отталкивания, а также механическая работа в эксцентрическом и концентрическом режиме движения испытуемого.

Результаты исследования продемонстрировали необходимость применения аллометрического масштабирования размеров тела и длинных размеров нижних конечностей при сравнении данных детей, занимающихся различными видами спорта в связи с их биологическим созреванием.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУ ФНЦ ВНИИФК № 777-00001-24-00 (код темы № 001-24/1), утвержденного Минспортом России 26 декабря 2023 года.

**ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХОДЬБЫ
С НАГРУЗКОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИДЕОАНАЛИЗА
ASSESSMENT OF ELECTROMYOGRAPHIC PARAMETERS OF
WALKING WITH LOAD USING VIDEO ANALYSIS**

Е.М. Скребцова¹, Д.Б. Попов^{1,2}, И.А. Сакун^{1,2}, Т.В. Тюлькина¹
Е.М. Skrebtsova¹, D.B. Popov^{1,2}, I.A. Sakun^{1,2}, T.V. Tyulkina¹,

¹Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

²Россия, Санкт-Петербург, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН
¹Russia, Saint Petersburg, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"
named after V.I. Ulyanov (Lenin)

²Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy
of Sciences

dmitrsort20002000@mail.ru

Исследование влияния дополнительной нагрузки на опорно-двигательный аппарат, в частности на мышцы нижних конечностей во время ходьбы, является актуальной задачей в различных областях, включая реабилитацию, спортивную медицину, протезирование и разработка носимых технических средств. Работа посвящена исследованию электромиографических параметров мышц нижних конечностей при ходьбе с различными видами дополнительной нагрузки, с использованием беспроводной электромиографии и системы видеоанализа Qualisys. Целью исследования является оценка изменения активности мышц нижних конечностей в зависимости от величины и локализации нагрузки.

Участники исследования — 25 человек (мужчины и женщины), в возрасте 25 ± 3 лет, не имеющие отклонений по здоровью. Данные собирались с использованием 16-канальной беспроводной системы ЭМГ с помощью Qualisys Track Manager (QTM). Расчет параметров производился с использованием Python. Исследовалась ходьба с рюкзаком на спине весом 6 и 12 кг с удобной скоростью, и ходьба с утяжелением 3 и 6 кг на каждую ногу.

Рассмотрены ЭМГ параметры 7 мышц нижних конечностей симметрично для каждой стороны. Получена оценка мышечной активности для каждой исследуемой мышцы в цикле шага при свободной ходьбе и ходьбе с дополнительным отягощением.

Полученные результаты позволяют оценить изменение активности мышц нижних конечностей при изменении нагрузки и локализации утяжеления во время ходьбы с комфортной скоростью. Данное исследование имеет актуальность для разработки технических средств для реабилитации, в спортивной медицине, в разработке экзоскелетов.

**АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ОТВЕТА
КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА
НА ИНТЕРВАЛЬНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ МЕТОДОМ
ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ
ANALYSIS OF THE PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF THE HUMAN
CARDIORESPIRATORY SYSTEM FOR INTERVAL PHYSICAL ACTIVITY
BY THE METHOD OF IDENTIFICATION
OF THE TRANSFER FUNCTION**

Е.А. Тимме, М.А. Кокуева, Е.В. Фомина

E.A. Timme, M.A. Kokueva, E.V. Fomina

Россия, Москва, ГНЦ ИМБП РАН

Russia, Moscow, RF SSC – Institute for Biomedical Problems of the RAS

E-mail: alpdem@yandex.ru

Предлагается метод оценки физиологического ответа кардиореспираторной системы человека на интервальные физические нагрузки в условиях изоляционного эксперимента «Сириус-21», основанный на идентификации передаточной функции по экспериментальным данным. В исследовании использовались данные девяти локомоторных тестов одного из участников эксперимента. Скорость движения на беговой дорожке рассматривалась как вход модели, а потребление кислорода — как выход модели. Была найдена оптимальная структура линейной передаточной функции с одним нулем, двумя полюсами и множителем запаздывания, которая описывает экспериментальные данные с наилучшей точностью. Каждый тест может быть описан пятью параметрами, имеющими физиологическую интерпретацию: коэффициентом усиления, характерным временем реакции на пороговую нагрузку, характерными временами, «быстрым» и «медленным», достижения нового более стабильного уровня потребления кислорода после начала нагрузки, характерным временем запаздывания реакции кардиореспираторной системы на мгновенное изменение физической нагрузки. Динамика параметров в течение 240-й изоляции, в условиях которой проводились регулярные тренировки аэробной направленности, свидетельствует о снижении «физиологической стоимости» теста к концу эксперимента, что указывает на эффективную адаптацию организма к интервальным нагрузкам умеренной интенсивности. Предложенный метод может быть использован в автоматизированных системах поддержки принятия решений для профилактики негативных последствий воздействия невесомости на человека в космических полетах.

**ВЛИЯНИЕ БОС-ТРЕНИНГОВ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ИСПОЛНЕНИЯ
КОМПЛЕКСА КАТА СПОРТСМЕНАМИ ВОСТОЧНЫХ
ЕДИНОБОРСТВ**

**THE INFLUENCE OF BIOFEEDBACK TRAINING ON
PSYCHOPHYSIOLOGICAL INDICATORS AND THE EFFECTIVENESS
OF PERFORMING A KATA COMPLEX BY MARTIAL ARTS ATHLETES**

Н. Г. Толорая^{1,2}, А. В. Ковалева², А.М. Андреева^{1,2}, И.А.Белоусов¹
N.G. Toloraya^{1,2}, A.V. Kovaleva², A.M. Andreeva^{1,2}, I.A. Belousov¹

¹Россия, Москва, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»,

²Россия, Москва, ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и
фармацевтических технологий

¹Russia, Moscow, Russian University of Sport «GTSOLIFK»

²Russia, Moscow, Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and
Pharmaceutical Technologies»

E-mail: toloraya_ng@academpharm.ru

Цель исследования оценка влияния применения недельного цикла БОС-тренингов по вариабельности ритма сердца (ВРС-БОС-тренинги) на психофизиологические показатели и параметры управления движениями при выполнении ката (строго регламентированного комплекса технических действий в восточных единоборствах). Обследованы 17 высококвалифицированных спортсменов 17 – 27 лет, представителей восточных единоборств: КГ, n=7 и ЭГ, n=10. Все спортсмены проходили психофизиологическое обследование на «НС-ПсихоТест» и выполняли ката под контролем видеосъемки с последующей судейской оценкой ката тремя судьями. БОС-тренинги включали в себя обучение медленному абдоминальному дыханию при помощи полиграфа Thought Technology и дыханию под ритм (6 раз в минуту) в течение 3 минут по протоколу Lehrer et al. (2001), а также дыхательные упражнения два раза в день по 5 минут с таким же ритмом, задаваемым мобильным приложением в течение недели. После завершения серии ВРС-БОС-тренингов наблюдалось уменьшение частоты тремора ($p=0.019$) и числа касаний при динамической треморометрии, выполняемой стоя ($p=0,037$) только у спортсменов ЭГ. После тренинга у спортсменов ЭГ уменьшилось время реакции выбора ($p=0,027$). При этом время ПЗМР осталось неизменным, что может быть связано с большей генетической обусловленностью времени простой реакции и малой ее тренируемостью. В то время, как в показателе времени реакции выбора присутствует когнитивный компонент (принятие решения), на который оказалось возможно повлиять тренировкой саморегуляции. Изменения по ПЗМР, реакции выбора в КГ не выявлены. На уровне тенденции ($p=0,07$) средняя судейская оценка исполнения ката в ЭГ после ВРС-БОС–тренингов стала выше ($n=9$). В то время, как в группе контроля она значимо не изменилась. Проведение недельного ВРС-БОС-тренинга способствует улучшению ряда сенсомоторных функций и повышению эффективности выполнения технических элементов ката спортсменами.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВИДЕОАНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ
ВЛИЯНИЯ БЮСТГАЛЬТЕРОВ НА РАЗГРУЗКУ СПИНЫ
DEVELOPMENT OF A VIDEO ANALYSIS TECHNIQUE TO ASSESS THE
EFFECT OF BRAS ON BACK RELEASE**

Т.В. Тюлькина¹, Е.М. Скребова¹, Д.Б. Попов^{1,2}, И.А. Сакун^{1,2},
М.Д. Самароков¹

T.V. Tyulkina¹, E.M. Skrebova¹, D.B. Popov^{1,2}, I.A. Sakun^{1,2},
M.D. Samarokov¹

¹Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

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

¹Russia, Saint Petersburg, St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI"
named after V.I. Ulyanov (Lenin)

²Russia, Saint Petersburg, Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of
Sciences

dmitsort20002000@mail.ru

Вопрос правильного подбора бюстгалтера и его влияния на осанку приобретает всё большую значимость, особенно с учётом профилактики болей в спине и повышения комфорта при физической активности. Цель исследования – разработка методики видеоанализа для оценки влияния различных моделей бюстгалтеров на положение грудного отдела позвоночника и выбор оптимальных решений для активных женщин.

В исследовании участвовала девушка 23 лет (рост 171 см, масса тела 67 кг, размер груди 80F). Для 3D-анализа движений груди использовались светоотражающие маркеры, система захвата движения Qualisys Track Manager (QTM) и программная обработка данных в MATLAB. Анализировались вертикальное и горизонтальное смещение груди, а также моментное плечо как показатель нагрузки на позвоночник. Испытывались три типа бюстгалтеров (без косточек, с косточками, спортивный) при выполнении прыжков и бега с разной интенсивностью. Спортивный бюстгалтер продемонстрировал наилучшую эффективность в уменьшении вертикального и горизонтального смещения груди, что свидетельствует о его оптимальных поддерживающих свойствах. Снижение амплитуды движений коррелировало с уменьшением плеча момента, подтверждая его способность снижать нагрузку на позвоночник.

Полученные результаты подчёркивают преимущества спортивных моделей, особенно при выполнении интенсивных физических упражнений. Разработанная методика показала свою эффективность в сравнении моделей бюстгалтеров с точки зрения их влияния на биомеханику грудного отдела позвоночника. Спортивные модели продемонстрировали лучшие поддерживающие свойства, что делает их оптимальным выбором для активных женщин. Дальнейшие исследования с участием большего числа испытуемых позволят уточнить рекомендации и внести вклад в разработку комфортного и безопасного белья.

**ИЗМЕНЕНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ У САМЦОВ И САМОК
МЫШЕЙ ПОСЛЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТОВ
ГИПОГРАВИТАЦИИ**

**CHANGE OF RESPIRATORY FUNCTION IN MALE AND FEMALE
MICE AFTER MODELING THE EFFECTS OF HYPOGRAVITATION**

О. В. Тяпкина^{1,2}, Д. М. Максимов¹

O.V. Tyapkina^{1,2}, D.M. Maksimov¹

¹Россия, Казань, КИББ ФИЦ КазНЦ РАН,

¹Russia, Kazan, KIBB FRC Kazan Scientific Center of RAS

²Россия, Казань, Казанский государственный медицинский университет

²Russia, Kazan, Kazan State Medical University

E-mail: anti-toxin@mail.ru

В настоящей работе с помощью плетизмографии регистрировали параметры дыхательной системы мышей и сравнивали их у самцов и самок, в контроле и после 30 суток антиортостатического вывешивания (АОВ), как модели, воспроизводящей эффекты гравитационной разгрузки (перераспределение крови в теле, невесомость). В экспериментах использовали половозрелых мышей линии c57bl/6 мужского (28 ± 1.0 г.) и женского полов (23 ± 0.6 г.), 4 группы: самцы – Контроль и АОВ 30 суток; самки – Контроль и АОВ 30 суток ($n=5$). Все процедуры с животными одобрены Комиссией по Биоэтике ФИЦ КазНЦ РАН (протокол № 12-3 от 28.02.2023 г.). Анализировали такие параметры дыхания как: время вдоха (с); время выдоха (с); пиковая скорость вдоха (мл/с); пиковая скорость выдоха (мл/с); дыхательный коэффициент; частота дыхательных движений (раз/мин); дыхательный объем (мл); минутный объем дыхания (мл); суммарный объем (мл); скорость выдоха в середине выдоха (мл/с); конец паузы вдоха (с); конец паузы выдоха (с); время расслабления. Анализ параметров, характеризующих дыхательную функцию у контрольных мышей и мышей после АОВ у самцов, выявил статистически достоверное увеличение пиковой скорости вдоха и скорости выдоха в середине выдоха. У самок было установлено снижение времени выдоха; пиковой скорости вдоха; пиковой скорости выдоха; дыхательного объема; скорости выдоха в середине выдоха; показателя, использующегося для количественной оценки степени сужения бронхов. При этом увеличивалась частота дыхательных движений и минутный объем дыхания. Таким образом, полученные данные свидетельствуют об разнонаправленных изменениях дыхательной функции у самцов и самок мышей после АОВ.

Исследование проведено в рамках Госзадания.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО РАВНОВЕСИЯ
У ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СПОРТСМЕНОВ ГРЕБЦОВ
ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FUNCTIONAL BALANCE
IN PROFESSIONAL ROWING ATHLETES**

А. О. Федянин^{1,2}, Е. С. Ниази¹, Б. Р. Самигуллин^{1,2}, Н. Н. Чершинцева¹,
Е. Е. Платошкина¹, А. С. Назаренко¹
А. О. Fedianin^{1,2}, Е. S. Niazi¹, B. R. Samigullin^{1,2}, N. N. Chershintseva¹,
Е. Е. Platoshkina¹, A. S. Nazarenko¹

¹*Россия, Казань, Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма*

²*Россия, Казань, Медицинский центр «НейроСтарт»*

¹*Russia, Kazan, Volga region university of physical culture, sports and tourism*

²*Russia, Kazan, NeuroStart Medical Center*

E-mail: artishock23@gmail.com

Двигательные способности человека реализуются через функционирование определенных свойств нервно-мышечной системы человека. Сигналы, поступающие от системы суставных и мышечных рецепторов, обеспечивают вертикальную устойчивость человека. [1]. Основным инструментальным методом исследования является стабилометрия. Этот метод используют в научных целях в спорте и медицине для исследования постурального контроля человека. В нашем исследовании мы применяли аппаратно-программный комплекс «Стабилан 01-2» и использовали методику допускоский контроль. Участниками исследования стали 17 профессиональных спортсменов гребцов, имеющих звание мастера спорта. Оценивали качество функционального равновесия (КФР) при открытых и закрытых глазах. Средние значения КФР при открытых глазах составили 82%, а при закрытых 67%. КФР является показателем, характеризующим распределение векторов скорости движения центра давления человека на опорную поверхность. Чем выше значение КФР, тем лучше человек поддерживает равновесие. Зарегистрированные нами значения при открытых глазах, соответствуют нормальным значениям. «Норма» для здоровых людей находится в пределах 70-80%. Полученные нами значения при закрытых глазах, свидетельствуют о высоком уровне КФР при зрительной депривации, так как значения при закрытых глазах находятся в пределах 60-65%.

Таким образом, показатели теста свидетельствуют о высокой вертикальной устойчивости профессиональных спортсменов гребцов.

Список литературы

1. Маличенко, А.А. Стабилометрия в спорте: реальности и перспективы / А.А. Маличенко, И.Ю. Костючик, Ю.В. Николаева, Т.Л. Оленская, Н.Г. Кручинский. – Полоцк: Вестник Полоцкого Государственного Университета, 2019. – С.142–146.

**ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ ОПЫТ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕБЫВАНИЯ
В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ - КАК ФАКТОРЫ ДИНАМИКИ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ МОТОРНОГО КОНТРОЛЯ В ПЕРИОД
РЕАДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ЗЕМЛИ
PREVIOUS EXPERIENCE AND DURATION OF STAY IN
WEIGHTLESSNESS AS FACTORS OF MOTOR CONTROL RECOVERY
DYNAMICS DURING RE-ADAPTATION TO EARTH CONDITIONS**

Е.В. Фомина, А.А. Ганичева, А.А. Буракова, В.Д. Бахтерева,
П.В. Романов, А.В. Ивченко

E.V. Fomina, A.A. Ganicheva, A.A. Burakova, V.D. Bakhtereva, P.V.
Romanov, A.V. Ivchenko

Россия, Москва, ГИЦ РФ - Институт медико-биологических проблем РАН

Russia, Moscow, SSC of RF - Institute of Biomedical Problems RAS

E-mail: fomin-fomin@yandex.ru

Гравитационное поле Земли определяет развитие двигательной системы человека в фило- и онтогенезе. В исследовании выполнена проверка гипотезы о сочтённом влиянии опыта космических полетов (КП) и длительности пребывания в невесомости на динамику реадaptации к условиям Земли.

Методика обследований после КП «Экспресс-тест» была построена с учетом результатов совместного российско-американского эксперимента «Полевой тест» и позволяет оценить изменения в системе управления движениями, вегетативном обеспечении мышечной деятельности и возможность одновременного выполнения когнитивных и двигательных задач. В обследовании приняли участие 10 космонавтов. Методика включала тест на управление движением руки, пробу Ромберга, произвольное вставание из положений лёжа на спине и на животе, сбор грузов по периметру обозначенного участка, оценку веса грузов, меткость бросков, ходьбу тандемом с одновременным обратным счётом, выполнение отжиманий и приседаний. Оценка вариабельности сердечного ритма выполнялась на основе непрерывной регистрации ЭКГ во время теста.

Обнаружено нарушение коррекции движения руки с учетом веса конечности. Управления ведущей рукой после длительного КП изменялись в меньшей степени, чем движения неведущей рукой. Подтверждены ранее полученные результаты о быстром восстановлении моторного контроля в управлении движениями руки и в пробе Ромберга от первых к последующим суткам. Стратегия подъёма из положения лёжа после КП изменялась даже после кратковременного КП, в первые сутки после КП космонавт вставал с опорой на обе руки, по мере реадaptации к условиям Земли наблюдался переход к стратегии с опорой на одну руку. До 3-их суток после КП наблюдалась стратегия сбора грузов через присед, а до КП – с наклоном вперед.

Длительность полета оказалась более значимым фактором для скорости восстановления моторного контроля, чем предшествующий опыт КП. Работа поддержана базовым финансированием РАН (тема FMFR-2024-0037).

**ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ ЧЭССМ НА АКТИВНОСТЬ
СПИНАЛЬНОЙ ТОРМОЗНОЙ ИНТЕРНЕЙРОНАЛЬНОЙ СЕТИ
ФУНКЦИОНАЛЬНО СОПРЯЖЁННЫХ МЫШЦ
EFFECT OF PROLONGED tESCS ON THE ACTIVITY SPINAL
INHIBITORY INTERNEURONAL NETWORKS OF FUNCTIONALLY
COUPLED MUSCLES**

А. А. Челноков, Р. М. Городничев, Д. А. Гладченко, Л. В. Рощина
A. A. Chelnokov, R. M. Gorodnichev, D. A. Gladchenko, L. V. Roshchina
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

Чрескожная стимуляция спинного мозга (ЧЭССМ) является эффективным методом в изучении спинальных механизмов регуляции локомоций у здоровых людей [1] и пациентов с поражениями ЦНС [2]. Цель исследования заключалась в исследовании нейромодулятивного эффекта продолжительной ЧЭССМ в области T11-T12 позвонков на функциональную активность спинальной тормозной интернейрональной сети, включающей пресинаптическое (ПТ) и реципрокное (РТ) торможение в системе мышц-антагонистов, нереципрокное (НТ) и возвратное (ВТ) торможение в системе мышц-синергистов голени. У испытуемых мужского пола в возрасте от 22 до 35 лет в положении лёжа на спине оценивали активность тормозных интернейрональных сетей, на основе регистрации подавления амплитуд тестирующего Н-рефлекса камбаловидной мышцы в условиях коротко- и длиннолатентной кондиционирующей стимуляции низкопороговых афферентов I мышц голени на фоне 20-минутной ЧЭССМ. Установлено, что в условиях продолжительной ЧЭССМ ПТ афферентов группы I выполняет ведущую роль в центральном контроле тормозных Ia интернейронов РТ, Ib интернейронов НТ и клеток Реншоу ВТ функционально сопряжённых мышц голени. Полагаем, что ПТ включается в регуляцию РТ и НТ сразу при электрическом воздействии на спинной мозг и активно на протяжении 20-минутного его воздействия, а клетки Реншоу ВТ активируются позже, растормаживая тормозные интернейроны Ia РТ и интернейроны Ib НТ, т.е. чем продолжительнее стимуляция, тем выраженнее ВТ.

Список литературы

1. Gerasimenko, Y. Transcutaneous electrical spinal-cord stimulation in humans / Gerasimenko, Y, R. Gorodnichev, T. Moshonkina [et al.] // *Annals of Physical & Rehabilitation Medicine*. – 2015. – V. 58, No4. – P. 225-231.
2. Minassian, K. Transcutaneous spinal cord stimulation neuromodulates pre- and postsynaptic inhibition in the control of spinal spasticity / K. Minassian, B. Freundl, P. Lackner, U.S. Hofstoetter // *Cell Rep Med*. – 2024. – V.5, No11. – e101805.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ
В ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ
БИАТЛОНISTОВ 17-18 ЛЕТ**
**THE USE OF NEUROFEEDBACK IN THE PSYCHOPHYSIOLOGICAL
TRAINING OF BIATHLETES 17-18 YEARS**

Л.П. Черапкина

L.P. 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

С целью содействия становлению спортивной формы, достижению оптимальной взаимосвязи между физической, спортивно-технической, тактической и психической подготовленностью биатлонистов у 7 спортсменов 17-18 лет, находящихся на специально-подготовительном этапе подготовительного периода в условиях проведения тренировочных мероприятий, в течение 7 дней с помощью программно-аппаратного комплекса «Бослаб профессиональный» применялся курс нейробиоуправления, направленный на повышение мощности ЭЭГ в альфа-диапазоне. До курса нейробиоуправления и после его завершения проводилось психофизиологическое исследование (тест Люшера), оценка психологической активации, интереса, эмоционального тонуса, напряжения и комфортности; анкета «Самооценка функционального состояния и уровня тренированности», опросник самооценки состояния, опросник FTI, ПСЛТ. Анализ полученных данных показал, что на всем протяжении исследования обследуемые находились в относительно стабильном психоэмоциональном состоянии со слабо выраженным уровнем нервно-психического напряжения, средним уровнем психической активации, средним или низким уровнем ситуативной и личностной тревожности. После нейробиоуправления у спортсменов возросла активность, целеустремленность и настойчивость в достижении цели ($p < 0,05$), несколько возросла неспецифическая адаптационная (или антистрессорная) активация и уровень реактивности (исключение составили заболевшая спортсменка и спортсмен, неспецифическая спокойная активация которого на всем протяжении исследования сочеталась со снижением уровня реактивности). Доминирующей нейрохимической системой у пяти спортсменов явилась система серотонина, у двух спортсменок - система эстрогена / окситоцина.

Таким образом, спортсмены, прошедшие курс нейробиоуправления на специально-подготовительном этапе подготовительного периода, характеризовались стабильным психофункциональным состоянием, несмотря на достаточно большие переносимые объемы тренировочной нагрузки.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫХ
ДЕЙСТВИЙ В РАФТИНГЕ**
**METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF EDUCATION MOTOR
ACTIVITIES IN RAFTING**

Л.Г. Чернышева

L.G. Chernysheva

Россия, Армавир, Армавирский государственный педагогический университет

Russia, Armavir, Armavir State Pedagogical University

E-mail: tschern@yandex.ru

Цель исследования: теоретически обосновать и раскрыть методические особенности формирования двигательных действий у спортсменов, занимающихся рафтингом.

Для достижения цели исследования были проанализированы труды В. К. Бальсевича, Н. А. Бернштейна, М. М. Богена, В. Б. Коренберг и др., а также специалистов в области тренировки спортсменов, занимающихся рафтингом, гребным слаломом гребле на каноэ: В. Н. Володин и др.

Особенностью технической подготовки в рафтинге является то, что она подразделяется на общую и специальную. Общая техническая подготовка предполагает использование смежных видов спорта для расширения запаса технических навыков у спортсмена. В рафтинге это могут быть гребной слалом, водный туризм (многоборье), кануполо, спортивное ориентирование и др. В этом случае происходит перенос навыков из смежных видов спорта.

Специальная техническая подготовка направлена на формирование специфических для данного вида спорта двигательных навыков, на отработку индивидуальных особенностей техники спортсмена. Этот вид подготовки проводится на гладкой и бурной воде, сложность которой зависит от квалификации спортсмена.

Обучение каждому техническому элементу в рафтинге проходит в несколько этапов, содержащие определенные стадии разучивания двигательного действия. В процессе обучения возникнуть проблема перестройки двигательного навыка. Нефункционирующие навыки рано или поздно начинают регрессировать, условно-рефлекторные связи и функциональные структуры, возникшие при их формировании, без подкрепления постепенно как бы угасают, разрушаются, хотя прочно сформированный навык и без подкрепления может сохраняться довольно длительное время.

Заключение. Успех в технической подготовке в рафтинге зависит от уровня физических качеств учеников; быстроты формирования его ориентировочной основы; имеющегося двигательного опыта занимающихся, в том числе смежных видов спорта; психической готовности спортсменов, доминирующего мотива учения.

**ТРЕНИРОВКА ХОДЬБЫ В ЭКЗОСКЕЛЕТЕ
И ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯ СПИННОГО МОЗГА РАСШИРЯЮТ
ЛОКОМОТОРНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИ ПАРАЛИЧАХ
EXOSKELETON-INDUCED WALK TRAINING AND SPINAL CORD
ELECTRICAL STIMULATION EXPANDS THE LOCOMOTOR
CAPABILITIES IN PARALYSIS**

Е.Ю.Шапкова, Д.В.Емельяников, П.Е.Мусяенко

E.Yu.Shapkova, D.V.Emelyannikov, P.E.Musienko

Россия, Москва, Федеральный Центр Мозга и Нейротехнологий ФМБА

Russia, Moscow, Federal Center of Brain Research and Neurotechnologies

E-mail: ey.shapkova@mail.ru

Активация нейронных локомоторных сетей с помощью электростимуляции спинного мозга (ЭССМ) в сочетании с тренировками ходьбы в экзоскелете формируют активность-зависимую нейропластичность, которую можно направить на восстановление локомоторных возможностей людей с утратой ходьбы или нарушением походки из-за травм и заболеваний ЦНС. Гипотезу проверяли у 110 молодых (34 ± 9 лет) пациентов с тяжелой спинальной травмой (AIS: A-88, B-13, C-9) при повторных (2-8) курсах реабилитации, включавшей стационарную ЭССМ, афферентную стимуляцию опорных зон стопы (Корвит) и ходьбу в экзоскелете (ЭкзоАтлет) с тонической (46 чел.) или фазовой (24 чел.) ЭССМ, либо функциональной электростимуляцией (ФЭС) мышц (40 чел.). Оценивали возбудимость мотонейронов поясничного утолщения (Н-рефлекс, мультисегментные ответы), произвольную ЭМГ, вертикальную составляющую реакции опоры (Диаслед-М), локомоторные возможности пациентов при би- и тетрапедальной ходьбе (тест Хаузера, тетрапедальные тесты), силу мышц, болевую и тактильную чувствительность (ASIA, баллы AIS) до и после каждого курса. Тренировки и тестирование документировали видеорегистрациями.

Из 106 участников 87 (82%) улучшили локомоторные возможности - сократили время выполнения тестов и потребность в помощи, результаты статистически достоверны, без значимых различий по характеру стимуляции при экзыходьбе. Прирост болевой и тактильной чувствительности выявлен у 67 и 70 из 110 участников (в среднем на $7,2 \pm 0,6$ и $8,5 \pm 0,8$ баллов AIS), силы мышц - у 43 из 110 пациентов (на $4,9 \pm 0,8$ баллов AIS). Среди получавших при экзыходьбе тоническую ЭССМ и ФЭС мышц чаще наблюдали восстановление тактильной чувствительности и силы мышц, чем среди получавших фазовую ЭССМ.

Достигнутое у большинства парализованных пациентов расширение локомоторных возможностей свидетельствует в пользу выдвинутой гипотезы: воздействия на спинальные локомоторные сети (ЭССМ) и тренировка ходьбы (экзоскелет) обеспечили синергетичный реабилитационный эффект. Успешная трансляция технологии на другие нозологии (церебральный инсульт, рассеянный склероз) свидетельствует в пользу универсальности применяемого подхода.

**АКТУАЦИЯ И ЗАЛЕЧИВАНИЕ В КВАЗИМЫШЕЧНЫХ
КОМПОЗИТАХ: МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**
**ACTUATION AND SELF-HEALING IN QUASY-MUSCLE
COMPOSITES: MICROMECHANICAL MODELING**

С. В. Шилько, Д. А. Черноус

S. V. Shil'ko, D. A. Chernous

*Беларусь, Гомель, ГНУ «Институт механики металлополимерных систем
имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»*

Belarus, V.A. Belyi IydnMetal-Polymer Research Institute

E-mail: shilko_mpri@mail.ru

Как известно, функциональные характеристики неоднородных материалов (композитов) определяются деформационными свойствами и условиями взаимодействия микроструктурных элементов. Использование эволюционно оптимизированных «решений» природы (бионических принципов) в виде мышечных тканей [1], способных к актуации, позволяет создать компактные, управляемые и долговечные приводы движения машин. Это мотивирует разработку микромеханических моделей поведения таких материалов.

В докладе показаны результаты моделирования природных мышц и их искусственных аналогов в виде пучков моноволокон из пьезоактивных полимеров. На основе гипотезы «скользящих нитей» и существующих представлений [2] описывается процесс генерации усилия в актуаторном моноволокне, получены расчетные зависимости его длины в процессе изотонического сокращения и силы, генерируемой моноволокном при изометрическом режиме актуации [3]. Дано сопоставление теоретических и экспериментальных данных. Прогнозируется эффект самозалечивания, обусловленный особенностями деформирования (сжимаемости) ауксетичного актуаторного материала. Приведены результаты механических испытаний направленно-армированного материала, демонстрирующего указанные специфические свойства.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (проект № T24-067 «Биоподобные композиты конструкционного и триботехнического назначения на основе полимеров и эластомеров, реализующие самоупрочнение и самозалечивание структурных повреждений»).

Список литературы

1. Скелетная мышца: Структурно-функциональные аспекты адаптации / М.Д. Шмерлинг и др. – Новосибирск, Наука, 1991. – 121 с.
2. Deguchi, Sh. Tensile Properties of Single Stress Fibers Isolated from Cultured Vascular Smooth Muscle Cells / Sh. Deguchi, T. Ohashi, M. Sato // J. of Biomechanics – 2006. – V. 39, No. 14. – P. 2603–2610.
3. Shil'ko, S. Mesomechanical Model and Analysis of an Artificial Muscle Functioning: Role of Poisson's Ratio / S. Shil'ko, D. Chernous, V. Basinyuk // Smart Materials and Structures. – 2016. – No. 5. – P. 054013 (9 p).

**ОСОБЕННОСТИ МОНОСИНАПТИЧЕСКИХ РЕФЛЕКСОВ
СПРИНТЕРОВ ПОСЛЕ КУРСА ГИПОКСИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ
ACTIVATION OF MONOSYNAPTIC REFLEXES IN HIGHLY
QUALIFIED SPRINTER ATHLETES AFTER INTERMITTENT HYPOXIA**

А.С. Шилов¹, И.Н. Балясников²

A.S. Shilov¹, I.N. Balyasnikov²

¹ Россия, Санкт-Петербург, Военный институт физической культуры

¹ Russia, Saint Petersburg, Military Institute of Physical Culture

² Россия, Сыктывкар, РСОО "Федерация легкой атлетики Республики Коми",

ГБУ ДО РК «Спортивная школа №1»

² Russia, Syktyvkar, RSOO "Federation of Athletics of the Komi Republic",

SBEIE of Komi Republic "Sports School No. 1"

E-mail: s.shilov@icloud.com

В последнее десятилетие в легкой атлетике отмечается повышение конкуренции результатов и постоянное обновление рекордов во многих дисциплинах данного вида спорта. Плотность результатов в финальной части спринтерских беговых стартов также достаточно высока, при этом особо отмечено, что возраст в спринтерских дисциплинах теперь не является лимитирующим фактором. Данные феномены во многом являются следствием применения в практике спортивной подготовки нестандартных подходов при восстановлении спортсменов при восстановлении между тренировочными сессиями или использованием методов, уже зарекомендовавших себя в других видах спорта или типах деятельности с ведущим проявлением другого физического качества. В частности, использование гипоксических воздействий в практике профессионального спорта все больше рассматривается как фактор, способный не только формировать общую и специальные виды выносливости, но и как эффективное средство повышения скоростно-силовой подготовленности спортсменов. Интервальные 14-суточные гипоксические воздействия (в зависимости от сеанса от 30 до 50 мин, $\text{FiO}_2=11\%$) выполнены с участием восьми легкоатлетов-спринтеров. Анализировались особенности активации мотонейронных пулов икроножной и камбаловидной мышц до и после курса (ИГТ). В результате исследования выявлено, что в подготовительном (предсоревновательном) мезоцикле годового цикла подготовки легкоатлетов-спринтеров после ИГТ минимальный и максимальный Н-рефлекс индуцировался при меньших силах тока. В тоже время, наблюдались значимо большие амплитуды максимальных рефлекторных ответов и на уровне тенденции прямых моторных ответов. Нормированный показатель в большей степени значимо уменьшался после ИГТ в камбаловидной мышце. Данные изменения, по-видимому, могут найти отражение в использовании ИГТ в практике подготовки спринтеров.

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЭГ И ДИНАМИЧЕСКОГО ПОСТУРАЛЬНОГО
БАЛАНСА У ПОЖИЛЫХ ЛИЦ
THE RELATIONSHIP BETWEEN EEG AND DYNAMIC POSTURAL
BALANCE IN THE ELDERLY**

Т.П. Ширяева¹, И.Н. Дерябина², А.А. Мельников¹

T.P. Shiryayeva¹, I.N. Deryabina², A.A. Melnikov¹

¹*Россия, Москва, Российский университет спорта «ГЦОЛИФК»*

²*Россия, Архангельск, Архангельская областная клиническая больница*

¹*Russia, Moscow, Russian University of Sport*

²*Russia, Arkhangelsk, Arkhangelsk Regional Clinical Hospital*

E-mail: taisia.moroz@yandex.ru

Для обеспечения активного долголетия, включающего повседневную двигательную активность, необходима максимальная сохранность сенсорной, моторной и когнитивных функций.

Обследовано 67 женщин 60-74 лет, с низкой (13-16,5 Гц, n=36) и высокой (16,5-20 Гц, n=31) мощностью бета диапазонов ЭЭГ. Оценка динамического компонента пострурального баланса проводилась на компьютерном стабилметрическом комплексе «Balance Manager» (NeuroCom, США) по тестам для оценки сложных двигательных актов. ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя, с закрытыми глазами с помощью 128-канальной ЭЭГ GES 300 (GSN; Electrical Geodesics, США) в течение 5 минут. Электроды располагались в соответствии с международной системой 10-20.

У женщин с высокой мощностью бета-ритма ЭЭГ выявлены значимо более низкие показатели времени перемещения веса ($p=0,035$) и отклонения тела ($p=0,001$) при вставании из положения сидя; отклонения тела ($p<0,001$) при тандемной ходьбе; времени перешагивания при движении с правой ноги ($p=0,009$), а также времени разворота в правую сторону ($p=0,002$).

Более высокие фоновые значения бета-активности коры головного мозга могут свидетельствовать о повышенном внимании, концентрации, осуществлении оценки поступающей афферентной информации, и в целом о большем включении когнитивных ресурсов головного мозга при спокойном бодрствовании. Также увеличение активности β -диапазона у лиц пожилого возраста может оказывать компенсаторный эффект и сохранять продуктивность выполнения сложных и сложно-координационных двигательных актов в повседневной жизни.

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА ЧЕЛОВЕКА ПРИ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОЙ
ГИПОКИНЕЗИИ
FUNCTIONAL STATE OF THE HUMAN MUSCULOSKELETAL SYSTEM
IN ANTIORTHOSTATIC HYPOKINESIA**

А.В. Шпаков^{1,2}, А.В. Воронов²

A.V. Shpakov^{1,2}, A.V. Voronov²

¹Россия, Москва, ГНЦ РФ-ИМБП РАН

²Россия, Москва ФГБУ ФНЦ ВНИИФК

¹ Russia, Moscow, Federal Scientific Center of Physical Culture and Sports

² Russia, Moscow, Institute of Biomedical Problems, RAS

E-mail: avshpakov@gmail.com

Цель исследования – оценить состояние опорно-двигательного аппарата в условиях антиортостатической гипокинезии (АНОГ) различной продолжительности: 3 суток (АНОГ-3) и 21 сутки (АНОГ-21). Тестирование в обоих экспериментах выполняли до начала АНОГ и на 1 сутки после ее завершения.

В АНОГ-21 с участием 10 мужчин (23,2±3,2 лет, 76,5±7,7 кг, 172,2±6,3 см) исследовали биомеханические параметры ходьбы в темпе 60 и 120 шаг/мин на беговой дорожке. Анализ биомеханических характеристик ходьбы после АНОГ-21 выявил признаки изменения в стратегии ходьбы, обусловленные нарушениями в системе управления двигательных функций (изменение способа постановки стопы на опору) и снижением силовых показателей мышц нижних конечностей (НК) – уменьшение высоты подъема ОЦМТ при отталкивании. Зарегистрировано увеличение ЭМГ-активности ходьбы мышц НК после АНОГ-21.

В АНОГ-3 с участием 6 мужчин (29,3±7,4 лет, 78,5±9,1 кг, 175,8±5,6 см) впервые были получены данные о состоянии мышечного аппарата НК (ЭМГ характеристики) при выполнении велоэргометрического теста с 5-минутными ступенями 125, 150 и 175 Вт. Анализ ЭМГ-стоимости (ЭМГ-С) работы мышц НК при педалировании выявил перераспределение активности между одно- и двусуставными мышцами *m. soleus* и *m. gastrocnemius medialis*: ЭМГ-С антигравитационной *m. soleus* после АНОГ-3 остается неизменной, *m. gastrocnemius medialis* – увеличивается. По-видимому, снижение силы односуставной *m. soleus* компенсируется переключением разгибания голеностопного сустава на двусуставную *m. gastrocnemius medialis*. Аналогичные результаты были получены и для мышц бедра: при увеличении внешней нагрузки ЭМГ-С *m. vastus lateralis* почти не меняется, а ЭМГ-С *m. rectus femoris* увеличивается пропорционально возрастанию внешней мощности.

Исследование выполнено по теме Госзадания FMFR-2024-0038.

**ВЛИЯНИЕ ДИСФУНКЦИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА
НА СПОСОБНОСТЬ ПОДДЕРЖИВАТЬ РАВНОВЕСИЕ
У СПОРТСМЕНОВ**

**IMPACT OF KNEE DYSFUNCTION ON BALANCE ABILITY
IN ATHLETES**

А.А. Шульман, М.И. Никуллина, А.А. Еремеев, А.О. Желтухина,
Л.М. Бикчентаева, А.М. Еремеев, Т.В. Балтина.
A.A. Shulman, M.I. Nikullina, A.A. Ereemeev, A.O. Zheltukhina, L.M. Bikchentaeva,
A.M. Ereemeev, T.V. Baltina.

Россия, Казань, Казанский федеральный университет
Russia, Kazan, Kazan federal university

E-mail: ani_07@mail.ru

Дисфункция коленного сустава может существенно влиять на стабильность осанки, вызывая боль и дискомфорт, что приводит к нестабильности. В некоторых видах спорта с высокой нагрузкой на коленный сустав спортсмены должны поддерживать баланс между подвижностью и стабильностью сустава. Цель исследования изучить влияние ограничения подвижности коленного сустава на стабильность позы.

Использовали компьютерную стабилометрию для анализа колебаний центра давления при удержании вертикальной позы, а также проводили оценку активности постуральных мышц: камбаловидной (КМ) и большеберцовой (ББМ) по интерференционной электромиографии (ЭМГ). В статических условиях и открытых глазах, при ограничении подвижности коленных суставов качество контроля равновесия не снижалось. Однако, в усложненных динамических пробах, особенно в отсутствие зрительной информации в тесте Ромберга происходило ухудшение контроля баланса. Амплитуда ЭМГ ББМ в пробах с фиксацией коленного сустава была ниже, чем в нормальных условиях в пробах с открытыми глазами. В пробе Ромберга с закрытыми глазами активность правой и левой ББМ увеличилась на 38% и 22% соответственно. В активации КМ при нормальных условиях и при фиксации коленных суставов выраженных отличий выявлено не было, но наблюдалась тенденция к снижению активности мышцы в пробах с фиксацией коленных суставов.

Исследование подтвердило важность функциональности коленных суставов в системе регуляции позы, особенно в сложных пробах. Несмотря на то, что коленный сустав не является основным в поддержании устойчивости, его ограниченная подвижность может повысить риск постуральной нестабильности. Спортсменам рекомендуется сосредоточиться на правильных тренировочных методах и техниках движения, минимизируя избыточные движения колена во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № ФЗСМ 2023 0009.

УДК 796.015

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА КОРИЧНЕВУЮ
ЖИРОВУЮ ТКАНЬ У ЖИВОТНЫХ С ДИАБЕТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛЬЮ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МЕТА-АНАЛИЗ
EFFECT OF EXERCISE ON BROWN ADIPOSE TISSUE IN DIABETIC
ANIMAL MODELS: A SYSTEMATIC REVIEW
AND META-ANALYSIS**

Юнь Юйфэн, Е.Ю. Дьякова

Yun Yufeng, E.Y. Dyakova

Россия, Томск, Томский государственный университет

Russia, Tomsk, Tomsk State University

E-mail: q634920875@163.com

Диабет — это хроническое метаболическое заболевание, которое значительно снижает качество жизни пациентов. Развитие диабета связано с нарушениями метаболизма глюкозы и липидов, а также с развитием инсулинорезистентности. Недавние исследования показывают, что склонность к ожирению и диабету больше зависит от содержания бурых жировых клеток. Бурый жир, являясь основным тканевым компонентом неохлаждающего термогенеза, стал привлекательной мишенью для лечения диабета и других метаболических синдромов. Целью данного исследования было оценить влияние физической активности на метаболическую функцию бурого жира в моделях диабета (DM) на животных. С момента создания этих баз данных до декабря 2024 года был проведен систематический поиск в PubMed, Embase, Web of Science, Китайской национальной информационной инфраструктуре знаний (CNKI), CINAHL, Scopus и Центральном реестре контролируемых клинических испытаний Cochrane. Основными результатами, которые были измерены, являются: UCP1, PGC-1 α , PRDM16, Dio2, HOMA-IR, FNDC5, CIDEA, а также масса тела, масса бурого жира, площадь жировых капель. Результаты исследования показали, что физическая активность эффективно снижает массу тела и площадь жировых капель в буром жире у животных с диабетической моделью по сравнению с контрольной группой, улучшает инсулинорезистентность, вызванную ожирением, увеличивает массу бурого жира и усиливает экспрессию специфических генетических маркеров. Физическая активность является многообещающим немедикаментозным методом, который может эффективно смягчить инсулинорезистентность, вызванную диабетом. Это исследование предоставляет теоретическую основу для дальнейших доклинических и клинических испытаний.

MOTOR CONTROL 2025

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**X Российская, с международным участием,
конференция по управлению движением**

Издательско-полиграфическая компания «Бриг»
420097, г.Казань, ул.Академическая, 2
+7 843 537-91-63, +7 987 296-08-69, brig-kazan@yandex.ru

Подписано в печать 16.04.2025 г.
Бумага офсетная. Печать ризографическая.
Формат 60 x 80 $\frac{1}{16}$. Усл.печ.л. 9,88
Тираж 100 экз. Заказ 70

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «ИПК «Бриг».
Адрес: 420097, г. Казань, ул. Академическая, д. 2