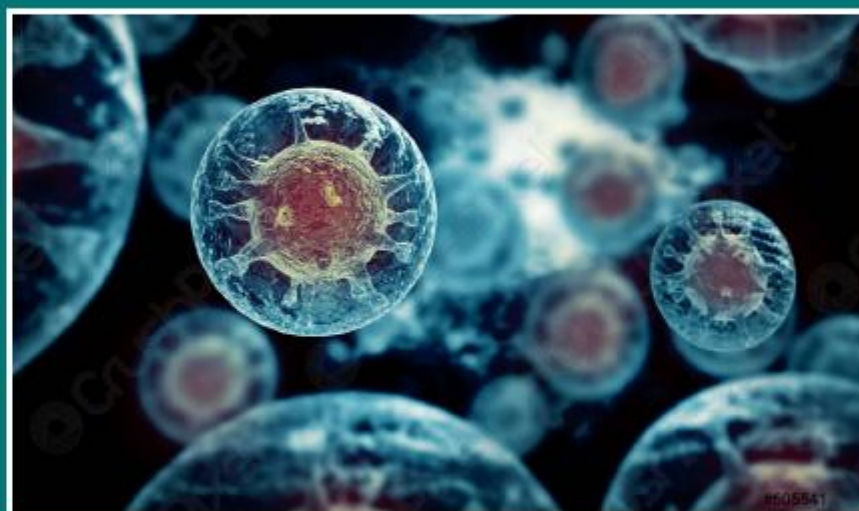


VII Съезд биофизиков России



Сборник научных трудов

Том. 2



DOI 10.26297/SbR6.2023.001



**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ VII СЪЕЗДА БИОФИЗИКОВ
РОССИИ: в 2 томах, том 2 – Краснодар: Типография ФГБОУ
ВО «КубГТУ», 2023**

Представлены материалы VII Съезда биофизиков России. Основные направления работы Съезда: медицинская биофизика; нейробиофизика; молекулярная биофизика; биофизика сложных многокомпонентных систем и математическое моделирование; механизмы действия физико-химических факторов на биологические системы; биофизика клетки; мембранные процессы; фотобиология и биофотоника; экологическая биофизика; биомеханика и биологическая подвижность; молекулярные моторы; механизмы трансформации энергии; новые методы в биофизике; биофизическое образование.

Сборник предназначен для биофизиков, биохимиков, молекулярных биологов, специалистов, работающих в различных областях физико-химической биологии. Он может быть также полезен для студентов и аспирантов, специализирующихся в данной отрасли знаний.

Ответственные редакторы: акад. РАН А.Б. Рубин, А.А. Анашкина, А.А. Осипов

The materials of the VII Congress of Biophysicists of Russia are presented. The main working areas of the Congress: medical biophysics; neurobiophysics; molecular biophysics; biophysics of complex multicomponent systems and mathematical modeling; mechanisms of action of physical and chemical factors on biological systems; cell biophysics; membrane processes; photobiology and biophotonics; ecological biophysics; biomechanics and biological mobility; molecular motors; energy transformation mechanisms; new methods in biophysics; biophysical education.

The compilation is intended for biophysicists, biochemists, molecular biologists, specialists working in various fields of physical and chemical biology. It can also be useful for undergraduate and postgraduate students specializing in this area of knowledge.

Responsible editors: academician of RAS A.B. Rubin, A.A. Anashkina, A.A. Osypov

Партнеры VII Съезда биофизиков России:

Stormoff®



Кубанский государственный технологический университет
2023

согласуется с меньшей координационной насыщенностью и большей биодоступностью катионов Zn^{2+} для первого вещества.

Изучение комплексообразования ДНК с $Zn(phen)_2(OAc)_2$ и $(phen)_2Zn(\mu-PCN)Zn(phen)(OAc)_4$ показало, что в обоих случаях имеет место интеркаляция [4]. Склонность более сложных ассоциатов РС $Zn(II)$ и $Cd(II)$, как объемных хромофоров, к ММВ дисперсионного типа [5], должна приводить к их сродству с мембранами клеток и клеточных органелл. Определенную роль в цитостатических свойствах соединений могут играть входящие в состав их мостиковых лигандов дигидропиридиновые фрагменты. Для РС $Zn(II)$ [6] и $Cd(II)$ методом ЭПР исследованы температурно- и фото-достижимые электронные бирадикальные триплетные состояния, поскольку нельзя исключить, что подобные реакционноспособные формы могут быть причиной термо- и фото-активирования фунги- и цитостатического действия соединений.

Исследование ЭПР комплексов выполнено в Лаб. микроволновой спектроскопии кристаллов отд. физики твердого тела ФТИ РАН и РЦ МРМИ СПб ГУ, ЯМР – в РЦ МРМИ СПб ГУ и в СПб ГТИ (ГУ), фунгистатических свойств – в БИН РАН, в рамках темы «Биоразнообразие, экология и структурно-функциональные особенности грибов и грибообразных протистов» (AAAA-A19-119020890079-6).

1. Kellelt A., O'Connor M., McCann M., et al. *Med. Chem. Commun.* 2011. V. 2. P. 579-584.
2. Viradiya D., Mirza S., Shaikh F., et al. *Anti-Cancer Agents Med. Chem.* 2017. V. 17 (7). P. 1003-1013.
3. Демидов В.Н. Автореф. дисс. д.х.н. СПб, 2010. – 40 с.
4. Акуленкова Е.В., Демидов В.Н., А.О. Мартынова А.О., Пастон С.В. *Биофизика.* 2021. Т. 66. № 1. С. 23–30.
5. Дерагин Б.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. *Поверхностные силы.* М.: Наука, 1985. 398 с.
6. Демидов В.Н., Сухаржевский С.М., Пастон С.В. и др. *Вестник СПбГУ. Физика, химия.* 2017. Т. 4 (62). Вып. 2. С. 138-145.

Функциональное состояние двигательных систем при моделируемой гипогравитации и в реадaptационный период. Эффекты стимуляции спинного мозга

Федянин А.О.^{1,2*}, Балтин М.Э.^{1,2}, Зайцева Т.Н.¹, Шульман А.А.¹, Балтина Т.В.¹, Еремеев А.А.¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет;

²Поволжский государственный университет физической культуры, спорта и туризма ;
artishock23@gmail.com

Основными факторами, определяющими характеристики моторных систем, предполагаются экзогенные гравитационные силы и эндогенные мышечные силы. Однако конкретные пути и механизмы их действия остаются не ясными. Широкая распространенность патологий, сопровождающихся изменением двигательных качеств, и интенсивное освоение космического пространства делает необходимым получение новых знаний о механизмах реорганизации моторики, детализации роли и долевого вклада в эти процессы как периферических, так и центральных структур нейромоторных систем. Не менее важным представляется понимание процессов восстановительной реадaptации двигательного аппарата после нормализации условий функционирования. Терапевтические приемы, предлагаемые для увеличения скорости и эффективности восстановления двигательной функции, в частности, активация спинальных нейронных сетей, широко исследуется.

Целью работы являлась оценка влияния электрической и неинвазивной магнитной стимуляции спинного мозга на функциональное состояние нейромоторного аппарата камбаловидной (КМ) и передней большеберцовой мышцы (ПБМ) голени крысы при гравитационной разгрузке и в период постгипогравитационной реадaptации.

Проводили модельные эксперименты на лабораторных крысах-самцах весом 190-210 г в строгом соответствии с принятыми биотехническими нормами. Животные были разделены на следующие экспериментальные группы: «АОВ» – животные с моделируемой гравитационной разгрузкой задних конечностей (7, 35 сут; n=11); «АОВ+МС» – животные с моделируемой гравитационной разгрузкой задних конечностей, комбинируемой с магнитной стимуляцией спинного мозга (7, 35 сут; n=10); «АОВ+ЭС» – животные с моделируемой гравитационной разгрузкой задних конечностей, комбинируемой с электростимуляцией спинного мозга (7, 35 сут; n=9); «РД» – животные в условиях реадaptации к действию силы реакции опоры и осевым нагрузкам после моделируемой гравитационной разгрузки (1, 3, 7, 14 сут; n=18); «РД+МС» – животные в условиях реадaptации, комбинируемой с магнитной стимуляцией спинного мозга (1, 3, 7, 14 сут; n=16); «РД+ЭС» – животные в условиях реадaptации, комбинируемой с электростимуляцией спинного мозга (1, 3, 7, 14 сут; n=14).

Моделирование гравитационной разгрузки осуществляли общепринятым методом антигравитационного вывешивания крысы за хвост. Для исследования эффектов реадaptации к действию силы реакции опоры и осевым нагрузкам у животных моделировали гравитационную разгрузку задних конечностей. Стимуляцию спинного мозга проводили в области локализации двигательных центров исследуемых мышц (L4-S1 сегменты).

Магнитную стимуляцию (группы «АОВ+МС», «РД+МС»), осуществляли магнитным стимулятором «Нейро-МВП-4» (Нейрософт, Россия), 8-образным индуктором. Электрическую стимуляцию (группы «АОВ+ЭС», «РД+ЭС») проводили через предварительно имплантированные электроды. Параметры стимуляции: ежедневно в течение 90 минут сериями по 10 мин с интервалом 10 мин; амплитуда стимулов - пороговая для сокращения мышц голени; частота – 3 Гц.

После завершения сроков воздействия экспериментальных условий регистрировали рефлекторный (Н) и моторный (М) ответ КМ и ПБМ. Определяли порог возникновения, максимальную амплитуду, латентность и длительность вызванных потенциалов. Вычисляли отношение максимальных амплитуд рефлекторного и моторного ответов.

Проведенный анализ параметров Н ответа указывал на повышение рефлекторной возбудимости мотонейронов мышц голени крысы как при 7-суточной (для КМ), так и при 35-суточной (для КМ и ПБМ) моделируемой микрогравитации. Регистрируемое снижение максимальной амплитуды М-ответа КМ после длительной разгрузки свидетельствовало о снижении общего количества двигательных единиц, развитии атрофических процессов. Активация спинальных структур в условиях краткосрочной (7 сут) моделируемой разгрузки предотвращала изменение рефлекторной возбудимости спинальных двигательных центров, однако, не исключала гипогравитационнодетерминированных преобразований при длительной разгрузке (35 сут).

В условиях постгипогравитационной реадaptации после 7-суточной разгрузки рефлекторная возбудимость соответствующих двигательных центров уже на 1 сут приближалась к уровню контроля. Через 35 сут моделируемой микрогравитации при реадaptации на 1 сут наблюдали снижение рефлекторной возбудимости мотонейронов КМ и ПБМ, затем возбудимость повышалась. Отмечали увеличение латентности и длительности регистрируемых потенциалов. Восстановление морфофункционального состояния мышцы после разгрузки, очевидно, сопровождается резким усилением периферической афферентации, в том числе от мышц антагонистов, мотонейронные пулы которых, связаны реципрокными отношениями; процессами реиннервации и, как следствие, рассинхронизацией рекрутирования двигательных единиц. В условиях применения стимуляции спинного мозга во время реадaptационного периода не наблюдали резкого изменения рефлекторной возбудимости двигательных центров. На 1 сутки реадaptации сохранялся повышенный уровень активности мотонейронных пулов, однако, уже к 3 суткам реадaptационного периода отмечали приближение данных показателей к уровню контроля и на следующих исследуемых этапах реадaptации существенных изменений не регистрировали. Также, в условиях реадaptации, комбинируемой с стимуляцией спинного мозга, не регистрировали изменений порога, латентности и длительности М-ответа, а амплитуда моторного потенциала восстанавливалась до контрольных значений уже 3 суткам.

Мы заключаем, что стимуляция спинного мозга может активировать процессы нейрональной пластичности, способствовать реактивации существующих и, возможно, образованию новых внутриспинальных локомоторных схем. Данные об эффективности стимуляции спинного мозга могут быть приняты за основу для разработки терапевтического протокола нейрореабилитации пациентов после нарушения/ограничения двигательной функции.

Работа выполнена в рамках программы «Стратегическое академическое лидерство Казанского федерального университета» (ПРИОРИТЕТ-2030).

Характеристики и интерпретация сигналов ЭМР в ткани СМ через 7 дней после его травматического повреждения

Юртаева С.В.^{1*}, Яфарова Г.Г.^{1,2}, Язык И.В.¹, Гайнутдинов Х.Л.^{1,2}

¹Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского ФИЦ КазНЦ РАН;

²Институт фундаментальной медицины и биологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет;
svetlana.vish@rambler.ru

В последнее время изучение молекулярных механизмов повреждения нервных тканей и поиск путей восстановления возникающих нарушений после него ведутся очень интенсивно. Тяжелая травма позвоночника, осложненная повреждением спинного мозга (СМ) остается одной из актуальных медико-социальных проблем, т.к. ведет к глубокой инвалидизации пострадавших. Отсутствие в настоящее время эффективных методов лечения и реабилитации при данной патологии способствует интенсивному изучению молекулярных механизмов травмы нервных тканей. Одним из метаболитов, активно участвующих в развитии посттравматических состояний при повреждении нервной ткани является железо.

Известно, что поражение СМ сопровождается гибелью клеток и кровотечением, что вызывает увеличение пула свободного железа. Считается, что избыточное количество ионов железа может инициировать вторичное повреждение тканей путем усиления свободно-радикальных процессов. В этом случае возможно усиление

