

Часть 2

Конференция

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ
И МЕДИЦИНЫ**

Сателлитный симпозиум
**СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПИЛОТИРУЕМЫХ ПОЛЕТОВ
с международным участием**

Под общей редакцией
В.В.Бояринцева и Е.А.Ильина

Аннотация

20-21 октября 2011 г. на базе Президиума РАН (г. Москва) в рамках Космического форума 2011, посвященного 50-летию полета в космос Ю.А.Гагарина, были проведены конференция «Актуальные проблемы космической биологии и медицины» и сателлитный симпозиум «Системы жизнеобеспечения для пилотируемых полетов».

Цели конференции и симпозиума: обсудить состояние работ и перспективы дальнейших фундаментальных и прикладных исследований и разработок для более глубокого понимания особенностей функционирования живых систем в условиях космического полета и развития системы медицинского обеспечения длительных пилотируемых полетов.

Основное внимание на конференции было уделено вопросам биологического и физиологического действия невесомости, ионизирующих излучений, магнитных полей и изоляции. В опубликованных тезисах представлены результаты исследований на различных уровнях организации живых систем – от клеточного до организма в целом.

На сателлитном симпозиуме были обсуждены вопросы создания перспективных, в том числе биолого-технических систем жизнеобеспечения человека в космическом полете. Опубликованные тезисы дают полное представление о состоянии работ в этой области космических исследований и разработок.

Особо следует отметить большое количество докладов по космической биологии и медицине, представленных на форуме зарубежными специалистами.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПИЩЕВОГО СТАТУСА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ МЕЖПЛАНЕТНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ НА МАРС

А.Н. Агуреев, Б.В. Афонин, Е.А. Седова, Н.П. Гончарова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В условиях 105-суточного эксперимента, моделирующего пребывание на межпланетной станции, проведена оценка изменений пищевого статуса у экипажа из 6 человек, с различным индексом массы тела, уровнями основного обмена, отношением к предложенному рациону питания и к физическим нагрузкам, которые дозировались на тренажерах. Применявшийся в эксперименте рацион должен был обеспечить физиологическое соотношение основных пищевых веществ, минеральных элементов и энергозатраты. Результаты исследований показали, что состояние пищевого статуса организма формировалось на фоне повышенного основного обмена, увеличенного метаболизма углеводов и липидов с повышенной мобилизацией их из депо. В этих условиях заданный уровень физических нагрузок вызывал мобилизацию липидов из жировых депо и их накопление в печени. Используемый рацион питания, хотя и способствовал сохранению здоровья и поддержанию достаточно высокого уровня работоспособности испытуемых, не в полной мере соответствовал индивидуальным особенностям, вкусовым предпочтениям и применявшимся физическим нагрузкам. Такие несоответствия привели к тому, что у 4 человек из 6 происходило снижение основного обмена и уменьшение массы тела. Восстановление основного обмена и замедление потери массы в этих условиях достигалась коррекцией рациона и продуктами содержащими белок.

РАЗРАБОТКА 16-ДНЕВНОГО РОССИЙСКОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ ДЛЯ ЭКИПАЖЕЙ МКС

А.Н. Агуреев¹, Л.П. Павлова², В.Б. Колесникова²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Государственное научное учреждение Научно-исследовательский институт пищевых концентратной промышленности и специальной пищевой технологии РАСХН, Москва

Для питания экипажей с 1-й по 19-ю экспедиции на МКС использовали совместные российско-американские рационы питания (РП-РА), сформировавшиеся из равных по количеству российских и американских продуктов и обеспечивавшие 4 приема пищи в день: завтрак, обед, ужин и легкий перекус. Пищевой состав и энергетическая ценность совместных РП-РА соответствовала согласованным «Нормативам питательной ценности для полетов по Программе МКС продолжительностью до 360 суток» (NASA JSC, Report № 28038, 1996).

Рационы для 1-й экспедиции на МКС комплектовали по 6-дневному циклу меню. По мере разработки партнерами по эксплуатации МКС новых видов продуктов увеличивалась и продолжительность цикла меню, которая с 16-й экспедиции составляла 16 дней.

С увеличением численности экипажей МКС до 6 человек (20-я и последующие экспедиции) обеспечение питанием космонавтов на российском сегменте и астронавтов на американском сегменте МКС стало раздельным. Это привело к уменьшению ассортимента продуктов суточного рациона и, как следствие, к сокращению цикла меню до 8 дней и связанному с этим выраженному однообразию питания.

Для оптимизации питания входящих в состав экипажей МКС космонавтов в соответствии с Техническим решением от 15.11.2010 г. были выполнены работы по созданию 16-дневного рациона из российских продуктов.

16-дневный рацион питания для космонавтов состоит из 2 частей: основной и дополнительной. Основная часть рациона формируется из штатно поставляемых продуктов, сбалансирована по содержанию белков и жиров. Дефицит углеводов покрывается за счет их содержания в дополнительной части рациона. Среднесуточная энергетическая ценность основной части рациона – 2000 ккал.

Дополнительная часть рациона при энергетической ценности до 1000 ккал, формируется с учетом индивидуальных вкусов космонавтов как из штатно поставляемых продуктов, так и из продуктов для массового потребителя.

По мере накопления опыта обеспечения питанием экипажей МКС, анализа замечаний и предложений экипажей, разработки новых продуктов, меню основной части рациона будет корректироваться.

ИЗОМЕТРИЧЕСКОЕ УСИЛИЕ КАК НЕИНВАЗИВНЫЙ ТЕСТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ (МОТОРНОЙ) НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

З.А. Алексанян, С.П. Романов

Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой РАН, Санкт-Петербург

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

Физические нагрузки используют в экспертно-диагностических и тренировочных целях и они необходимы для противодействия негативным факторам КП. Анализируя изометрическое усилие (ИУ) как моторный выход, мы показали (Романов С.П. и др., 2007; Алексанян З.А., Романов С.П., 2009; Романов С.П., Алексанян З.А., 2009), что его амплитудно-частотные параметры служат показателями интегративной деятельности ЦНС и коррелятами ее функционального состояния. Анализировали различия в параметрах моторного выхода при циклической (подъем груза 2,2 кг над головой до отказа в каждой из трех последовательных серий) и изометрической (длительное (7–9 мин) удержание максимального усилия до тех пор, пока испытуемый больше не мог (отказ) совмещать метки на экране монитора) нагрузке. Регистрацию ИУ проводили в начале теста и на момент отказа. Показали, что при циклической нагрузке нет значимых изменений в параметрах моторного выхода, тогда как удержание ИУ сопровождалось увеличением активности ЦНС не только пропорционально прикладываемому усилию, но и длительности его удержания.

Также показали, что после длительного удержания ИУ повышенная активность сохраняется и после 40 мин отдыха при тех же нагрузках. Полагаем, что в отличие от циклических нагрузок ИУ служит не только средством спортивной тренировки мышц и укрепления связок, но способствует поддержанию высокого уровня активности ЦНС.

Поддержана Программой Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» в 2009-2011 гг.

ОБЪЕДИНЕННАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ГРУППА МКС

И.В. Алферова, В.В. Криволапов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Ответственность за реализацию программы медицинского обеспечения экипажей МКС возложена на Объединенную Международную Медицинскую Группу (IMG), состоящую из ведущих медицинских специалистов Групп управления полетом действующих ЦУП Международных Партнеров (МП). В состав IMG со стороны ЦУП-М входят специалисты ГМО ГОГУ - Руководитель Группы Медицинского Обеспечения и его Заместитель, Врач экипажа РС МКС и Сменный Руководитель ГМО. Со стороны других МП – аналогичные специалисты со своей сферой ответственности. Координация деятельности Объединенной Международной Медицинской Группы возложена на Ведущего Врача Экспедиции.

В отличие от медицинского обеспечения ОК «Мир» на МКС все мероприятия, связанные с медицинской поддержкой деятельности экипажа в полете, осуществляются в условиях многосторонней координации, охватывающей ежедневную деятельность, отчеты, исходные параметры и изменения к циклограммам, РТО и организации медицинских мероприятий. При необходимости специалисты каждого МП совещаются непосредственно со своими членами экипажа по вопросам медицинского оборудования и процедур в сфере их компетенции.

При разрешении вопросов, которые не затрагивают всего экипажа, партнеры IMG имеют право разрабатывать и выдавать рекомендации в отношении своего представителя в составе экипажа с обязательным информированием Ведущего Врача Экипажа. Деятельность IMG контролируется и координируется Группой Операций по Космической Медицине (СМОТ). СМОТ является многосторонним оперативным совещанием в приватном режиме, включает отчет Врачей экипажа и Руководителя ГМО ЦУП-М о текущем состоянии медицинского контроля и обеспечения экипажа, а так же имеющихся нерешенных медицинских и операционных задач данной экспедиции, обзоров планируемых медицинских операций и возможных медицинских проблем на предстоящий период. В завершении каждого СМОТ ответственные руководители партнеров по МКС голосуют за продолжение штатных операций в течение следующей недели, или необходимости каких-либо изменениях.

СМОТ обеспечивает согласованные исходные данные для группы руководства полетом МКС (ИММТ) в отношении медицинских событий, существенно влияющих на деятельность экипажа или на выполнение задач полета.

АКТИВНОСТЬ АДРЕНО- И ХОЛИНОРЕЦЕПТОРОВ АРТЕРИАЛЬНЫХ СОСУДОВ В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ АДАПТАЦИИ К ХОЛОДУ

В.Н. Ананьев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Адаптация организма к низким температурам является одним из основных факторов выживания. Действие холода на организмы происходит как на Земле, так и в Космическом пространстве при полетах в космических кораблях. Поэтому, изучение механизмов холодовой адаптации и действие холода на рецепторы артерий позволяет заранее предвидеть и регулировать эти процессы. В работе проведен анализ альфа-1-, альфа-2-, бета-2-адренореактивности и М-холинореактивности артериальных сосудов кожно-мышечной области и тонкого кишечника после однократного охлаждения, 5, 10, 30-дневной холодовой адаптации при $t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ по 6 ч ежедневно. В различные сроки действия низких температур адаптация к холоду осуществляется за счет различного изменения как чувствительности, так и количества активных альфа-1- и альфа-2-адренорецепторов в артериальных сосудах кожно-мышечной области и регионе тонкого кишечника. В различные периоды холодовой адаптации действие медиаторов симпатической системы норадреналина и адреналина на артериальные сосуды кожно-мышечной области и тонкого кишечника различно. При адаптации к холоду увеличивается бета-2-адренореактивность артериальных сосудов как в кожно-мышечной области, так и в тонком кишечнике за счет увеличения количества активных рецепторов во все исследуемые сроки действия холода. В 1-й и 5-й день адаптации к холоду М-холинореактивность артериальных сосудов увеличена больше в регионе тонкого кишечника за счет большей чувствительности рецепторов, по сравнению с кожно-мышечной областью. На 10-й и 30-й день холодовой адаптации реактивность больше в кожно-мышечной области за счет большего увеличения как чувствительности, так и количества активных М-холинорецепторов по сравнению с регионом тонкого кишечника. Поэтому, можно сделать заключение, что при длительных космических полетах проведение процедур холодового закаливания может благоприятно изменять реактивность вегетативной нервной системы и использоваться для повышения работоспособности.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЫШЕЙ В ПРОГРАММЕ БИОН-М1

А.А. Андреев-Андреевский¹, А.С. Попова¹, С.Н. Калабушев¹, Д.В. Цвиркун², А.С. Боровик¹, М.А. Кусто², О.Л. Виноградова¹

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Университет Анже, Анже, Франция

В рамках программы БИОН-М1 предполагается исследовать механизмы адаптации опорно-двигательной, сердечно-сосудистой и нервной систем мышей к микрогравитации в условиях длительного 30-суточного КП. Прижизненные эксперименты будут включать исследование динамики артериального давления и частоты сердечных сокращений мышей в ходе полета и реадаптации к земной гравитации с использованием вживляемых датчиков и бортовой системы телеметрии МТВ. Предполагается также оценивать резервы сердечно-сосудистой системы в поведенческих и нагрузочных тестах до и после полета.

В настоящей работе было проведено сравнение параметров гемодинамики мышей при содержании в условиях вивария и в оборудовании для содержания животных, которое будет использовано на борту биоспутника. Животных содержали группами по 3 особи в стандартных условиях или в блоках содержания животных БИОС в течение 30 сут, после чего состояние животных наблюдали еще в течение 10 дней.

В течение всего эксперимента непрерывно регистрировали артериальное давление с использованием системы МТВ. Перед началом эксперимента, через 1, 3 и 10 сут после завершения имитации полета проводили осмотр животных и их неврологическое тестирование, измеряли максимальную произвольную силу конечностей, оценивали поведение в тесте «открытое поле» и при физической нагрузке. Анализ динамики АД и ЧСС проводили с использованием спектральных методов на разных временных масштабах (от суток до секунд) в сопоставлении с данными об уровне двигательной активности мышей.

Было обнаружено, что содержание в полетном оборудовании не оказывает существенного негативного влияния на общее состояние животных, однако приводит к некоторым изменениям поведенческих реакций и показателей гемодинамики.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

П.О. Андрейчук¹, Л.С. Бобе²

¹Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

²Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения» Москва

Развитие комплекса регенерационных систем жизнеобеспечения экипажа в длительном полете и совершенствование отдельных систем и оборудования являются необходимыми условиями реализации длительных орбитальных и межпланетных пилотируемых полетов. Такое развитие и совершенствование требует объективного рассмотрения и сравнения различных перспективных и реализованных на орбитальных станциях процессов регенерации отходов жизнедеятельности, направлений модернизации технологий и оборудования, на основе универсальных критериев эффективности, которые позволяют определить накопленный опыт проектирования, эксплуатации и модернизации систем жизнеобеспечения орбитальных станций.

Универсальные критерии могут применяться при условии обеспечения среды обитания и потребностей человека в соответствии с ГОСТ Р50804-95, и выполнения требований надежности и безопасности, для оценки отдельных систем и комплекса в целом – по составляющим массового баланса и функциям жизнеобеспечения. Предлагаемые основные критерии: 1) степень замкнутости, определяемая долей регенерированного из отходов продукта в общем обеспечении потребностей массового баланса человека (максимальное достигнутое пока значение – по воде – 72 %); 2) отношение массы доставляемого/удаляемого оборудования к массе произведенного продукта (достигнутые значения для различных составляющих – от 0,08 до 0,2 кг/кг продукта); 3) энергозатраты, определяемые отношением к массе произведенного продукта (от 1,5 до 350 Втч/кг); 4) трудозатраты, определяющие занятость экипажа в обслуживании систем, которая влияет на комфортность пользования и выполнение основных задач полета (до 0,01 чел*час/кг при использовании запасов воды).

В докладе сформулированы критерии оценки эффективности работы и совершенствования регенерационных систем жизнеобеспечения, приведены примеры сравнительных оценок летающих и перспективных систем, рассмотрены направления модернизации технологий и оборудования с оптимизацией показателей по приведенным критериям.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ БИМЕДИЦИНСКИХ ПРОБЛЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Д.Г. Арсеньев¹, А.В. Зинковский¹, Л.Б. Маслов²

¹Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, Санкт-Петербург

²Ивановский государственный энергетический университет, Иваново

Актуальной медико-биологической проблемой длительного полета является отрицательное влияние невесомости на координацию движений и состояние скелета человека. Математическое моделирование позволяет исследовать влияние нагрузок на опорно-двигательный аппарат и выявить критические физико-механические факторы, ответственные за адаптацию костно-мышечной системы человека к невесомости.

Была разработана динамическая антропоморфная модель, позволяющая проводить исследование движений человека в условиях различной силы тяжести (Зинковский А.В., 1981). Расчеты движений человека, в том числе при взаимодействии с опорой, позволили выявить характерные особенности при нулевой силе тяжести. Было показано, что в случае невесомости для остановки движущегося звена скелета требуется включение в работу мышц-антагонистов, обеспечивающих изменение знака суставного момента. Результаты исследования подтвердили характерное для движения человека в невесомости отсутствие ударных динамических нагрузок на кости скелета. Можно предположить, что изменение минерального баланса и структурная перестройка костного вещества, приводящие к остеопорозу, происходят вследствие недостаточной интенсивности адекватных механических воздействий на опорно-двигательный аппарат человека.

В связи с этим представляется актуальным использование вибрации для создания необходимого механического поля, регулирующего структурную перестройку костной ткани. Методом имитационного моделирования были исследованы амплитудно-частотные характеристики кости и рассчитано распределение микропотоков внутритканевой жидкости в системе пор костного вещества большеберцовой кости на резонансных частотах вынужденных колебаний при различных значениях пористости (Арсеньев Д.Г., 2008). Полученные результаты могут служить теоретическим фундаментом для разработки средств диагностики и поддержания состояния костной ткани в длительном КП.

ЦЗК-ЦИКЛИНОВЫЙ КОМПЛЕКС В РАСТЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ КЛИНОСТАТИРОВАНИЯ

О.А. Артеменко

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Известно, что регуляция процессов клеточного цикла осуществляется благодаря активности ЦЗК-циклинных комплексов. Синтез определенного типа циклинов и образование комплекса с циклин-зависимой киназой (ЦЗК) активирует ее ферментативную активность. Именно этот комплекс регулирует переход клетки из одной фазы цикла в следующую. В условиях клиностаტიрования была показана задержка перехода клеток корневой меристемы гороха из пресинтетической фазы в фазу синтеза ДНК. Это связано с накоплением в клетке транскриптов $\delta 3$ -циклина, который отвечает за переход клеток в фазу синтеза ДНК. Очевидно, что надэкспрессия $\delta 3$ -циклина является ответом клетки на стрессовые условия и связана с усилением работы регуляторных механизмов. Таким образом, в ответ на отсутствие действия вектора гравитации растение пытается обеспечить нормальное прохождение клетками клеточного цикла. Возможно это связано с необходимостью большего отрезка времени для накопления нужного количества белка и запуска определенных регуляторных механизмов. Поскольку транскрипционная активность циклинов в условиях клиностаტიрования выше, задержка перехода клеток в фазу синтеза ДНК может происходить за счет удержания собранных циклин-ЦЗК комплексов в неактивном состоянии. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на изучение регуляции активности комплекса циклин-ЦЗК в пресинтетической фазе цикла в условиях клиностаტიрования.

СОДЕРЖАНИЕ ОДНО- И ДВУЯДЕРНЫХ ГЕПАТОЦИТОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕВЕСОМОСТИ И ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Д.А. Атякшин, Э.Г. Быков

Воронежская государственная медицинская академия имени Н.Н. Бурденко, Воронеж

Представления о связи функциональной активности гепатоцитов с числом ядер является критерием формирования адаптивных реакций. Однако до сих пор в космической биологии этот фактор не учитывался должным образом. В серии экспериментов на белых крысах-самцах группы биологического контроля, 14-суточного антиортостатического вывешивания, 3-суточного восстановительного периода после вывешивания и 3-суточного восстановительного периода при воздействии низкочастотного импульсного магнитного поля (НИМП) с общей экспозицией 30 мин и величиной магнитной индукции от 1,40 до 2,12 мТл исследовано относительное содержание одно- и двуядерных гепатоцитов после окраски гематоксилином Карацци – эозином. Эксперимент проводился в ГНЦ РФ «ИМБП» РАН. Биоматериал фиксировался в 0,1М фосфатном буфере формалина с pH 7,6. Определялось соотношение одно- и двуядерных гепатоцитов в расчете на 3000 клеток в центральной, средней и периферической зонах печеночных долек. Для печени крыс группы биологического контроля характерно преобладание одноядерных гепатоцитов с максимальным их содержанием в промежуточной зоне ($85,0 \pm 0,8$ %). Наибольшее число двуядерных клеток определялось в центральной зоне долек – $15,9 \pm 0,3$ %. Антиортостатическое вывешивание крыс на протяжении двух недель не приводило к изменению числа одноядерных гепатоцитов, в то время как содержание двуядерных клеток достоверно возрастало в промежуточных и периферических областях дольки до $16,8 \pm 0,3$ % и $19,1 \pm 0,4$ % соответственно. На 3-и сутки восстановительного периода после прекращения вывешивания соотношение гепатоцитов оставалось прежним, между тем как в центральной зоне существенно увеличивалось содержание двуядерных гепатоцитов до $22,4 \pm 0,3$ %. Модифицирование восстановительного периода НИМП приводило к достоверному возрастанию числа двуядерных гепатоцитов независимо от их топографии с наибольшей выраженностью в центральной зоне долек. Содержание одноядерных гепатоцитов при этом значительно снижалось в периферических территориях долек печени.

КЛЕТОЧНО-ТКАНЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ ФАКТОРОВ 12-СУТОЧНОГО ОРБИТАЛЬНОГО ПОЛЕТА НА КА «ФОТОН-ЗМ»**Д.А. Атякшин¹, Э.Г. Быков¹, Е.А. Ильин²**¹Воронежская государственная медицинская академия имени Н.Н. Бурденко, Воронеж²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Методами светооптической микроскопии исследованы реакции клеточных структур, пролиферативная активность кишечного эпителия и альтеративные процессы в органах пищеварительной системы монгольских песчанок *Meriones unguiculatus*. Воздействие сочетанных факторов 12-суточного орбитального полета приводило к распространенным дисциркуляторным расстройствам, нарушению микроциркуляторного режима, диссоциации волоконных образований, изменениям их тинкториальных характеристик. Альтеративные реакции паренхимы печени выражались в формировании признаков гликогеноза IV типа, сочетающегося с мелкоочаговой белковой дистрофией гепатоцитов. В послеполетный период происходило формирование микролокусов склеротических изменений. В ядерном аппарате гепатоцитов обнаруживался ряд адаптивных перестроек, в т.ч., возрастание представительства двуядерных клеток в паренхиме. Определялись признаки нарушения физиологического уровня пролиферативной активности каемчатого эпителия слизистой тощей кишки с образованием кистозно-подобных структур и феноменом ветвления ворсинок, о чем свидетельствовала тенденция к уменьшению величины митотического индекса. Изменение гистоархитектоники слизистой тонкого кишечника сочеталось со снижением высоты ворсинок, покровного эпителия и признаками его повышенной десквамации. Возрастало относительное содержание бокаловидных клеток в эпителии тощей кишки с повышением их функционального статуса, что проявлялось более активной продукцией и выделением секрета, содержащего кислые и нейтральные гликопротеины, на поверхность щеточной каймы. Изменения элементов соединительно-тканного каркаса тощей кишки обнаруживались во всех слоях ее стенки. В структурах оболочек сосудов выделялись дегенеративные изменения их эластического компонента. Более всего для элементов экстрацеллюлярного матрикса интерстиция тощей кишки была характерна деструкция коллагена III типа, независимо от его локализации. Выдвигается положение о дисперсности и малой выраженности альтернативных изменений и относительно быстрой их редукции, более всего связанной с нормализацией микроциркуляторного режима.

ВЛИЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА НА БАЗАЛЬНУЮ ФУНКЦИОНАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ОРГАНОВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**Б.В. Афонин**

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В условиях космического полета (КП) возникают однотипные изменения функциональной активности пищеварительной системы. Эти изменения пищеварительной системы человека воспроизведены в экспериментах с длительной антиортостатической гипокинезией (АНОГ), моделирующей основной фактор КП – невесомость. Взаимосвязь этих изменений с эффектами невесомости в организме позволяет рассматривать их как гравитационно-зависимые. В качестве пускового звена основного механизма изменений пищеварительной системы при микрогравитации рассматривается перераспределение жидкостных сред организма, вызывающее застой крови в венозной системе брюшной полости. Роль гемодинамического механизма в изменениях пищеварительной системы в КП и гипокинезии маскируют эффекты гипокинезии в организме. Пребывание в антиортостатическом положении (АОП) -15° длительностью 12 ч (с вечера до утра) использовалось для изучения гравитационно-зависимых реакций пищеварительной системы. Исследование пищеварительной системы и гемодинамической перестройки проводили в утренние часы с 8.00 до 11.00, сначала в горизонтальном положении (фон), потом через 12 ч после пребывания в АОП. Такая модель исключала влияние гипокинезии на состояние пищеварительной системы. При моделировании в АОП венозного полнокровия органов брюшной полости происходила активация секреции желудка, печени и поджелудочной железы, сопровождающиеся увеличением внутрижелудочного и внутрикишечного содержимого, тонуса желудка, привратника, кишечника. Выявленные в антиортостатическом положении изменения органов пищеварительной системы воспроизводили гравитационные реакции пищеварительной системы в КП. Эти реакции возникают при перераспределении жидкостных сред организма, вызывающем динамическое затруднение оттока венозной крови из печени и органов пищеварительной системы и характеризуются рефлекторной активацией

базальной секреции органов гастродуоденальной зоны и накоплением внутриполостного секрета в желудочно-кишечном тракте.

МЕХАНИЗМЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОСТОЯНИЕ ЭКСКРЕТОРНОЙ И ИНКРЕТОРНОЙ ФУНКЦИЙ ЖЕЛУДКА И ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ ЗАВЕРШЕНИЯ ПОЛЕТОВ НА МЕЖДУНАРОДНУЮ КОСМИЧЕСКУЮ СТАНЦИЮ

Б.В. Афонин, Н.П. Гончарова, Е.А. Седова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

У космонавтов в период реадaptации после космических полетов (КП) различной продолжительности на международную космическую станцию (МКС) проведено исследование экскреторной и инкреторной активности желудка и поджелудочной железы. Показано, что после завершения КП увеличение в крови и моче ферментов желудка, поджелудочной железы и изменения гормонов – гастрин, инсулин и С-пептида отражает возникающую в невесомости повышенную секреторную и инкреторную активность органов гастродуоденальной зоны. Мероприятия, предотвращающие в предполетный период попадание в космические экипажи инфицированных пилорическим хеликобактером, исключали участие этого микроорганизма в механизме повышения секреторной активности желудка. Не выявлено взаимосвязи повышения секреторной активности органов гастродуоденальной зоны с продолжительностью КП, что позволило исключить гипокинетический механизм, определяющийся фактором длительности пребывания в невесомости. После завершения КП на фоне снижения гастрин в крови наблюдалась активация секреции инсулина. Повышение инсулярной активности в организме рассматривается в качестве гормонального звена механизма повышения экскреторной активности желудка и поджелудочной железы в КП. Сходные функциональные изменения в органах гастродуоденальной зоны были воспроизведены в наземных экспериментах, моделирующих аналогичную для невесомости гемодинамическую перестройку в венозной системе брюшной полости. Эти исследования показывают, что основной механизм выявленных изменений функционального состояния пищеварительной системы в КП может быть связан с характерной для невесомости перестройкой венозной гемодинамики брюшной полости, вызывающей повышение экскреторной и инкреторной активности желудка и поджелудочной железы.

ВОЗМОЖНЫЙ ВКЛАД ОПОРНОЙ РАЗГРУЗКИ В ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ФУНКЦИИ В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

А.М. Бадакva, Н.В. Миллер, Л.Н. Зобова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Не вызывает сомнения, что причиной развития нарушений, характерных для космического адаптационного синдрома, является изменение активности сенсорных систем, сформированных в земных условиях. Вестибулярная дисфункция рассматривается многими исследователями как наиболее важный фактор. Однако микрогравитация вызывает существенные изменения активности и проприоцептивных систем, которые вместе с вестибулярной и зрительной афферентацией обеспечивают пространственную ориентацию и моторный контроль.

В исследованиях реакции установки взора (РУВ) на мишень, внезапно появляющуюся в периферическом поле зрения, проведенных на обезьянах в полетах биоспутников, обнаружены: гиперметрия саккады глаз, выраженное снижение участия движения головы в смещении взора, значительное увеличение и последующее адаптивное снижение коэффициента вестибулоокулярного рефлекса. Изменения характеристик РУВ, подобные наблюдаемым в КП, обнаружены нами у обезьян через 5 ч водной иммерсии по уровень грудины и шеи. Кроме того, в исследованиях с использованием 7-суточной «сухой» иммерсии человека было показано прямое воздействие длительной опорной разгрузки на механизмы генерации саккадических движений глаз во время РУВ, проявившееся в увеличении максимальной скорости саккад одной и той же амплитуды после завершения иммерсии и в нивелирующем воздействии стимуляции опорных зон стопы во время иммерсии на изменения кинематики саккады глаз вследствие иммерсии.

Полученные нами данные свидетельствуют в пользу гипотезы И.Б.Козловской, заключающейся в предположении о том, что основной причиной сенсорных расстройств, наблюдаемых в первые не-

сколько дней КП, является не изменение активности вестибулярных рецепторов, а глубокая проприоцептивная депривация, обусловленная потерей опорного афферентного входа. Подобие эффектов КП и иммерсии позволяет сделать вывод о возможном вкладе опорной разгрузки в изменение вестибулярной функции в микрогравитации.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ НЕВЕСОМОСТИ

Р.М. Баевский, Е.Ю. Берсенева, Е.С. Луцицкая, И.И. Фунтова, А.Г. Черникова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Одним из ведущих направлений космической кардиологии является исследование вегетативной регуляции кровообращения. В рамках этого направления возник и получил широкое распространение метод анализа variability сердечного ритма (ВСР).

Приборы «Пульс», «Пневмокард» и «Сонокард», установленные на борту МКС, наряду с оценкой центральной и периферической гемодинамики, сократительной функции сердца и параметров дыхания обеспечивают возможность анализа ВСР. Проводился временной и частотный анализ с вычислением ряда показателей, позволяющих определять состояния отдельных звеньев регуляторного механизма, степень напряжения регуляторных систем и их функциональный резерв, оценивать вероятность развития патологических отклонений. Были проведены исследования всех российских членов экипажей МКС, начиная с 5-й экспедиции. Исследования во время полета проводились в покое и при функциональных пробах с приборами «Пульс» и «Пневмокард» ежемесячно, а с прибором «Сонокард» – каждые две недели.

Анализ полученных данных позволил установить:

1. Переход от стадии неустойчивой к относительно устойчивой адаптации в первые 2–3 мес полета сопровождается повышенной активностью регуляторных систем. Для мобилизации функциональных резервов на 5-6-м месяце полета в процесс адаптации включаются высшие вегетативные центры.

2. Индивидуальные особенности адаптации организма к условиям КП связаны с типом вегетативной регуляции.

3. Измерение функциональных резервов с помощью тестов позволяет оценить резервные возможности гемодинамической и сократительной функции сердца.

4. Исследования в ночной период суток позволяет судить о степени восстановления функциональных резервов и о качестве сна космонавтов.

5. Созданная на основе анализа ВСР математическая модель позволяет судить о риске развития неблагоприятных изменений, в том числе об ортостатической неустойчивости после приземления.

ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ В РАСТЕНИЯХ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

В.В. Бараненко

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Изучено образование активных форм кислорода (АФК), интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ), общую антиоксидантную активность (AOA) и активность супероксиддисмутазы (СОД) в листьях и корнях гороха в условиях клиностатирования (7 и 14 сут; 2 об/мин). Образование АФК изучали путем регистрации интенсивности хемилюминесценции, интенсивность ПОЛ – по содержанию ТБКАП в реакции с тиобарбитуровой кислотой, AOA – по методу Глевинда в реакции с дифенилпикрилгидразином (цит. по Владимирову Ю.А. и Арчакову А.И., 1972), активность СОД – по восстановлению нитросинего тетразолия (Giannopolitis C.N. and Ries S.K., 1977). Отмечено усиление продукции АФК в условиях эксперимента, причем более значительно при 14-суточном воздействии. Интенсивность ПОЛ изменялась параллельно образованию АФК. Более высокий уровень АФК и ПОЛ отмечено в листьях по сравнению с корнями.

Что касается системы защиты от окислительной деструкции, имело место увеличение активности СОД и AOA , которая отражает пул низкомолекулярных антиоксидантов, таких как аскорбиновая кислота и глутатион в условиях 7-суточного клиностатирования, причем интенсивнее в листьях, чем в корнях. Увеличение длительности воздействия (14 сут) привело к дальнейшему росту показателей AOA и активности СОД, однако не так значительно, как увеличились уровни АФК и ПОЛ.

Таким образом, в условиях 7-суточного клиностатирувания отмечено увеличение формирования АФК и интенсивности ПОЛ, которое сопровождалось активацией антиоксидантной системы защиты, что имеет большое значение в адаптации растений к данным условиям. При 14-суточном воздействии отмечено дальнейшее усиление интенсивности окислительного метаболизма, однако имело место нарушение баланса между образованием АФК и их своевременным уничтожением.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ЛИПИДНОГО И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА КЛЕТОК ЛИСТЬЕВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

В.В. Бараненко

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Поскольку в условиях клиностатирувания (7 и 14 сут; 2 об/мин) отмечена активация перекисного окисления липидов (ПОЛ) в листьях гороха, важно было изучить состав липидов и их жирных кислот в данных условиях. Отмечено изменение количественного и качественного состава липидов в условиях клиностатирувания. 7-суточное воздействие привело к увеличению как общего количества липидов, так и отдельных их классов, в частности МГДГ, ДГДГ и СХДГ. Среди фосфолипидов, составляющих третью часть общего количества липидов, наибольшее увеличение отмечено у фракции ФГ. Важно отметить появление фосфатидной кислоты (ФК) при клиностатирувании, отсутствующей в контроле. ФК отводят роль сигнальной молекулы в активации защитных реакций при неблагоприятных воздействиях (Testerink C. et al., 2005). Выходя из структурных и функциональных характеристик отдельных классов липидов, их изменения при 7-суточном клиностатирувании направлены, вероятно, на сохранение структурной целостности и функциональной активности мембран и обеспечение необходимых условий фотосинтеза. Адаптивный характер изменений подтверждается сохранением соотношения между отдельными гликолипидами. 14-суточное воздействие вызвало небольшое снижение общего количества липидов и отдельных их классов, хотя содержание ФГ, стабилизирующего светособирающие комплексы фотосистем, увеличилось. Соотношение между гликолипидами не изменилось. Снижение содержания липидов может быть обусловлено повышением их деструкции из-за активации ПОЛ, отмеченной в данных условиях.

Адаптивное увеличение количества ненасыщенных жирных кислот (НЖК) отмечено при 7-суточном клиностатирувании, направленное, очевидно, на предупреждение перехода мембран из жидкокристаллического состояния в твердый гель из-за их окисления при активации ПОЛ. В условиях 14-суточного воздействия имело место небольшое снижение содержания НЖК, что, очевидно, обусловлено дальнейшей активацией ПОЛ в данных условиях.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ХАРАКТЕРА АДАПТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ОБЛУЧЕНИЯ ЖИВОТНЫХ В РЕЖИМАХ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

М.Ю. Баранцева, С.В. Татаркин, Л.Н. Мухамедиева, А.В. Шафиркин, С.М. Иванова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В работе представлены результаты экспериментального исследования на мышах, которых подвергали в первые 30 сут воздействию смеси химических веществ (ацетона, этанола, ацетальдегида) в концентрациях на уровне ПДК_{ПКА} и последующему в течение 30 сут фракционированному гамма-облучению с мощностью дозы 0,32 сГр/мин, ежедневно в дозе 1 сГр (суммарно 30 сГр). Уровни действующего радиационного фактора с учетом видовой радиочувствительности моделировали реальные значения поглощенной дозы на космонавтов при орбитальных полетах длительностью 1 год (10 сГр).

Исследовано изменение функционального состояния системы кроветворения (общее количество кариоцитов костного мозга) и ряда показателей биохимического статуса эритроцитов, характеризующих энергообмен и окислительно-восстановительный потенциал при изолированном и сочетанном воздействии химического и радиационного факторов, а также в течение 30 сут восстановительного периода. Приводятся также данные цитогенетических исследований клеток костного мозга.

Установлено, что предварительное воздействие смеси химических веществ приводило к нарушениям митоза в клетках костного мозга (увеличение уровня хромосомных aberrаций в 3 раза). Отмечено снижение устойчивости организма к радиационному воздействию после предварительного действия

химических веществ. После сочетанного действия факторов показана тенденция к снижению интенсивности гликолиза в эритроцитах, сохраняющаяся до 30-х суток восстановительного периода.

Как по показателям системы кроветворения, так и по биохимическим показателям, характеризующим энергообмен эритроцитов и устойчивость к окислительным процессам отмечено, что адаптационные процессы в рассматриваемых системах носят активный характер со значительным напряжением регуляторных механизмов при воздействии на организм исследуемых факторов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ РЕПАРАЦИИ ДНК ЛИМФОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ОБЕЗЬЯН ПРИ ГАММА - ОБЛУЧЕНИИ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

С.С. Бартенева, В.М. Петров

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

При облучении организма млекопитающих в лимфоцитах периферической крови возникают хромосомные aberrации, частота которых определяется мощностью дозы и процессами элиминации поврежденных клеток. Суперпозиция этих процессов определяет частоту хромосомных aberrаций (ЧХА) лимфоцитов на любой момент времени экспозиции, вплоть до ее окончания. Характеристики процесса элиминации могут отражать индивидуальные свойства биообъекта по отношению к радиационному воздействию, а сам процесс включает как репарацию повреждений ДНК, так и гибель поврежденных клеток за счет некроза и апоптоза с последующим выведением их из периферического русла. Знание количественных характеристик этих процессов применяется при анализе закономерностей развития радиационного поражения, а также при реализации методики биодозиметрии для оценки радиационной нагрузки в процессе облучения. Для определения этих параметров могут быть использованы результаты модельных экспериментов на животных. В докладе излагается методика определения скорости репарации ДНК по результатам модельного эксперимента на обезьянах макаках-резус. Предлагается математическое описание кинетики частоты хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови обезьян, основанное на результатах эксперимента по их облучению с различной мощностью дозы. В качестве источника облучения использовался Cs^{137} . Диапазон доз в эксперименте составлял от 25 сГр до 250 сГр, при мощности дозы 1,4 сГр/час и 20 сГр/час. По полученным данным проведена оценка скорости репарации нарушений структур ДНК лимфоцитов периферической крови. В соответствии с разработанной вычислительной процедурой получены значения ЧХА на момент окончания радиационного воздействия. Проведено сравнение рассчитанных и экспериментально определенных значений частоты хромосомных aberrаций на момент окончания экспозиции.

БИОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛАБЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Н.А. Белова

Учреждение Российской академии наук Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область

В серии работ мы показали возможность модуляции функционально-метаболических свойств биосистем как животного, так и растительного происхождения с помощью слабых и крайне слабых комбинированных магнитных полей (КМП). Нами определены зависимости величины биоэффектов от параметров используемого поля. На основании этих данных можно выделить биотропные магнитные поля следующих типов:

1. КМП, настроенные на параметрический резонанс для ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и K^+ , а также на ларморовскую частоту для спинов ядер биологически важных элементов. Максимальный биологический эффект достигается при условиях, когда величина амплитуды переменной компоненты поля в 1,8 раз больше величины постоянной компоненты поля, а частота переменной компоненты поля формально соответствует циклотронной частоте вращения иона в постоянном МП в вакууме или Ларморовской частоте для ядерного спина конкретного атома.

2. КМП с крайне слабой амплитудой переменной компоненты (<10 мкТл). Величина биоэффектов КМП имеет полиэкстремальный характер и зависит от параметра $\gamma B_{AC}/f$, где γ – величина гиромангнитного отношения для данного типа магнитного момента, а B_{AC} и f – соответственно величины магнитной индукции и частоты переменной компоненты магнитного поля.

Кроме того, нами получены экспериментальные данные, что изменение величины постоянного магнитного поля в диапазоне амплитуд от 0 до 347 мкТл (при отсутствии переменной компоненты) может как активировать, так и ингибировать скорость гравитропической реакции в отрезках стеблей льна, при этом зависимость величины биоэффекта от амплитуды поля имеет полиэкстремальный характер.

В совокупности, наши результаты, а также разработанные нами методы и подходы являются основой для исследования влияния гипомагнитных условий, а также влияния слабых переменных магнитных полей (при отсутствии постоянного поля) на биологические системы, включая организм человека.

ВЛИЯНИЕ ОРИЕНТАЦИИ КОСМОНАВТА ПРИ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПОГЛОЩЕННЫЕ ДОЗЫ В КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНАХ

В.В. Бенгин, С.Г. Дробышев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

При осуществлении пилотируемых экспедиций на Международной космической станции (МКС) наибольшему радиационному воздействию космонавты подвергаются в периоды внекорабельной деятельности, находясь в условиях слабой защищенности от космического излучения. Наиболее сильно это воздействие сказывается при прохождении станции через область Южно-атлантической аномалии (ЮАА), в которой мощность дозы радиации на 2–3 порядка выше среднего уровня. Анизотропный характер поля излучения в области ЮАА приводит к тому, что доза радиации, поглощенная в органах тела космонавта, может зависеть от ориентации космонавта относительно станции.

О возможности существования такого рода эффекта свидетельствуют данные измерений дозиметрических приборов, установленных на борту МКС. Было обнаружено, что мощность дозы, регистрируемая в зоне ЮАА детекторами, расположенными вблизи борта станции, может меняться более чем в 2 раза при изменении ориентации станции в пространстве.

Для проведения соответствующих расчетных оценок данного эффекта была разработана методика, основанная на совмещении спектрально-углового распределения излучения, падающего на поверхность МКС, с угловым распределением массы вещества, экранирующей рассматриваемую точку тела человека. С помощью методики были рассчитаны дозы в нескольких органах тела космонавта при его нахождении за бортом с различной ориентацией относительно станции. Показано, что при прохождении области ЮАА доза, поглощенная в хрусталике глаза, может меняться более чем в 4 раза в зависимости от ориентации космонавта. Для органов, расположенных в глубине тела, эффект также присутствует, но менее значим, так как поглощенные дозы в несколько раз ниже, чем у поверхности тела.

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БОРТОВОГО РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ

В.В. Бенгин, В.М. Петров

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Одной из основных задач системы радиационного мониторинга (СРМ) космических кораблей является оценка радиационных условий на рабочих местах, а также оперативный контроль и прогноз доз облучения критических органов космонавтов. Для проведения таких оценок необходимо знать функцию экранированности точки интереса и зависимость дозы от толщины вещества (кривую ослабления) в поле излучения на трассе полета в рассматриваемый момент времени. Такие зависимости получают, как правило, расчетным путем, рассматривая условия «хорошей» геометрии (нормальное падение плоскопараллельного пучка частиц на плоский полубесконечный слой вещества защиты) и идеализированное описание энергетического и зарядового спектра падающих частиц. Рассчитывая дозы на разной глубине в поглотителе, получают требуемую кривую ослабления. В реальных условиях, как правило, измеряют мощность дозы космических излучений в условиях «плохой» геометрии, когда детектор окружен слоем вещества переменной толщины, а его экранировка описывается соответствующей функцией экранированности. Использование кривой ослабления, полученной предварительно расчетным путем для условий «хорошей» геометрии, приведет к значительным ошибкам. В докладе излагается методика оценки эффективной толщины защиты точки интереса, которая учитывает как распределение вещества защиты вокруг нее, так и влияние формы спектра излучения на оценку доз

облучения космонавтов. Предложенная методика была проверена на результатах дозиметрического контроля СРМ с помощью измерения доз в различных точках РС МКС. Результаты показали, что при использовании в расчетах экспериментально определенной кривой ослабления дозы в зависимости от эффективной толщины защиты повышается точность оценок: средняя погрешность оценки составляет 25–30%. Оценки точности проверены на результатах функционирования бортовой СРМ российского сегмента МКС.

Предлагаемая методика позволяет оценивать радиационные условия практически в любой точке орбитального комплекса, для которой известна функция экранированности.

ЭКСПЕРИМЕНТ «САЛАТНАЯ МАШИНА» В РАМКАХ ПРОЕКТА «МАРС 500»

Ю.А. Беркович, А.Н. Ерохин, Н.В. Зяблова, Н.М. Кривобок, А.С. Кривобок, С.О. Смолянина

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Включение оранжереи для культивирования овощных растений в состав системы жизнеобеспечения в настоящее время рассматривается как одно из средств для улучшения среды обитания экипажа (Романов и др., 2007). Эксперимент «Салатная машина» направлен на исследование режима эксплуатации конвейерной цилиндрической витаминной оранжереи (ВО) как перспективного компонента системы жизнеобеспечения экипажа. Кроме того, изучали влияние производственной ВО на параметры среды обитания в условиях длительной изоляции. ВО под названием «Фитоцикл-СД» была описана ранее в работе (Беркович и др., 2006). Перед началом эксперимента «Марс-500» ВО была установлена в оранжерейном отсеке ЭУ-250, затем продезинфицирована и в сухом состоянии помещена в светонепроницаемый чехол. Запуск оранжереи производился на этапе «возвращения» экипажа к Земле. Мощность электропотребления оранжереи со светодиодным цилиндрическим светильником составляла около 0,5 кВт, объем вегетационной камеры – 0,19 м³, освещаемая площадь посева – около 0,9 м². При выращивании листовой китайской капусты сорта «Веснянка» селекции ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур продукция ВО было достаточно для обеспечения 2 членов экипажа хорошо усвояемыми витаминами С и А в течение рабочего периода. Исследование эксплуатационных характеристик конвейерной оранжереи «Фитоцикл СД» в условиях длительной изоляции в обитаемом гермообъеме позволило получить оценки необходимых запасов почвозаменителя, трудозатрат экипажа и характеристик надежности. В процессе эксплуатации были проведены исследования динамики поверхностной микрофлоры на листьях и конструктивных элементах оранжереи, а также исследовано воздействие включения выращенной зелени в рацион экипажа на состояние пищеварительного тракта у двоих испытуемых.

ПРОБЛЕМА НЕТЕПЛОВЫХ ЭФФЕКТОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ

В.Н. Бинги

Учреждение Российской академии наук Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва

Всемирная организация здравоохранения недавно классифицировала электромагнитное излучение, характерное для мобильных телефонов сотовой связи — а несколькими годами ранее и электромагнитный фон промышленных частот, превышающий 300–400 нТл, — как возможный канцероген для организма человека (WHO/IARC, 2011). В то же время физическая природа биологического действия слабых магнитных полей остается не ясной. Трудность объяснения этих эффектов обычно связывают с тем фактом, что квант электромагнитного поля низкой частоты существенно меньше характерной энергии химических превращений порядка кТ, а нагрев ткани несуществен. Данный тезис получил в литературе специальное название «проблема кТ». Уточним, что речь идет о магнитных полях порядка геомагнитного поля и частотах от единиц до сотен герц. Такие поля не вызывают сколько-нибудь существенного индукционного нагрева, поэтому биологические эффекты от их воздействия называют нетепловыми эффектами. Проблема нетепловых эффектов указывает на парадокс биологического действия слабых низкочастотных магнитных полей. Однако традиционная формулировка проблемы содержит ряд скрытых и не всегда верных предположений. В частности, физические условия, в которых могут функционировать молекулярные мишени магнитного поля в биологических тканях, несовместимы с этими предположениями [Бинги В.Н., Рубин А.Б., 2007].

Рассмотрены конкретные примеры взаимодействия слабых магнитных полей с магнитными наночастицами и молекулярными мишенями. Показано, что взаимодействия магнитных полей с наночастица-

ми, с квантовыми состояниями молекулярных биофизических структур и со спиновыми магнитными моментами протонов жидкой воды перспективны для объяснения магнитобиологических эффектов. Обсуждены общие вопросы теории нетепловых биологических эффектов электромагнитных полей и другие перспективные направления поиска механизмов этих эффектов.

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ НА ОСНОВЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ И АТМОСФЕРЫ

*Л.С. Бобе¹, Л.И. Гаврилов¹, А.А. Кочетков¹, Э.А. Курмазенко¹, Н.М. Самсонов¹,
П.О. Андрейчук², А.Г. Железняков², С.Ю. Романов², А.А. Телегин², В.В. Богомолов³,
А.И. Григорьев³, Ю.Е. Сияк³*

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

³Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Реализация орбитальных и межпланетных полетов связана с совершенствованием систем жизнеобеспечения экипажа. Потребность космонавтов в воде, кислороде и пище составляет с учетом санитарно-бытовых процедур и витаминной оранжереи до 9000 кг на одного человека в год. Жизнеобеспечение, основанное на запасах воды и кислорода, крайне неэкономично при орбитальных космических полетах и невозможно при дальних космических миссиях. Поэтому необходима организация на борту станции круговорота воды и кислорода, аналогичного происходящему в земной биосфере. За счет регенерации воды и атмосферы в цикл потребления можно вернуть до 96,5 % потребляемых веществ.

Из-за энергетических, объемных и массовых ограничений на космических станциях в настоящее время и в ближайшей перспективе будут использоваться искусственно организованные физико-химические процессы регенерации с введением в состав СЖО витаминной оранжереи. Использование биологических процессов и воспроизведение пищи являются задачами будущего, но и в этом случае физико-химические системы будут согласовывать и нормировать работу биосистем.

В том случае, когда кислород для дыхания получают из регенерированной воды, а пищу из запасов, замкнутость комплекса систем жизнеобеспечения (коэффициент регенерации) определяется отношением количества регенерированной воды к общему водопотреблению. Коэффициент регенерации, достигнутый на космических станциях, составил: на ОКС «Салют» – 40 %, на ОКС «Мир» – 72 %, МКС (Российский сегмент) – 40 % (в перспективе — 72 %). Для полного комплекса регенерационных систем жизнеобеспечения (РСЖО) этот коэффициент составляет 96,5 %.

В докладе рассмотрены работавшие на космических станциях и перспективные комплексы РСЖО с различной степенью замкнутости и физико-химические процессы регенерации. Намечены пути повышения замкнутости КРСЖО и снижения массо- и энергозатрат.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАСООБМЕНА В ЦЕНТРОБЕЖНОМ ДИСТИЛЛЯТОРЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ УРИНЫ

Л.С. Бобе, В.В. Раков, Д.В. Аракчеев, П.А. Канаев

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

Разрабатываемая в настоящее время система регенерации воды из урины основана на методе вакуумной дистилляции с центробежным многоступенчатым вакуумным дистиллятором ЦМВД и термоэлектрическим тепловым насосом ТТН. Основным аппаратом системы является дистиллятор, который обеспечивает испарение воды из урины и конденсацию паров (дистилляцию), циркуляцию урины через ТТН и циркуляцию конденсата через ТТН и охлаждаемый теплообменник. Тепло для испарения вводится в ТТН, избыток тепла отводится внешним хладагентом. В ЦМВД процесс дистилляции осуществляется ступенчато, при этом тепло конденсации пара используется для испарения жидкости в следующей ступени. Разность температур создается за счет перепада давления, которое снижается от ступени к ступени. Расход энергии на дистилляцию снижается пропорционально числу ступеней дистиллятора и коэффициенту рекуперации тепла в ТТН. Принципиальным ограничением процесса является максимальная температура в первой ступени дистиллятора, которая не должна превышать тем-

пературу разложения мочевины 55 °С. Термодинамическая эффективность, параметры процесса дистилляции и производительность по дистилляту определяются рядом взаимосвязанных факторов: температуры хладагента и конденсата, температурный уровень процесса, содержание выделяющихся из урины неконденсирующихся газов, коэффициенты тепло- и массоотдачи при испарении и конденсации, концентрация солей при упаривании урины и соответствующая температурная депрессия, разность температур на ступенях и между первой ступенью и камерой конденсации дистиллятора (влияет также на эффективность работы ТТН). В докладе приводятся расчетно-экспериментальные данные по влиянию накопления неконденсирующихся газов на параметры процесса и производительность дистиллятора. При анализе тонкопленочного испарения и конденсации использовались соотношения диффузионно-конвективного теплообмена и массообмена, основанные на расширенной аналогии между этими процессами. Результаты расчетов совпали с экспериментальными данными и показали, что при используемой в настоящее время технологии консервации и достаточном начальном вакуумировании цикл извлечения 90 % воды из суточного количества урины от 3 космонавтов не требует промежуточного вакуумирования (при объеме ресивера не менее 20 л).

РАБОТА СИСТЕМЫ ПРИЁМА И КОНСЕРВАЦИИ УРИНЫ СПК-УМ ПРИ МКС 1–МКС 27

Л.С. Бобе¹, В.А. Солоухин¹, Н.В. Рыхлов¹, Г.С. Боровикова¹, О.О. Тирабян¹, Д.Н. Петров¹, П.О. Андрейчук², Н.А. Коледов², Н.Н. Протасов², Г.А. Карасёва²

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

Система приема и консервации урины СПК-УМ работает на международной космической станции (МКС) с 2 ноября 2000 г. (с начала пилотируемого полета). Система обеспечивает прием урины от космонавтов, ее транспортирование в виде газожидкостной смеси, фильтрование от механических примесей, сепарацию жидкости в центробежном разделителе, консервацию урины с целью предотвращения бактериального и химического разложения, сбор и длительное хранение консервированной урины. В аппаратуре системы в условиях невесомости реализуются с минимальными затратами энергии процессы фильтрования, сепарации, консервации, транспортировки и хранения жидкости.

Среднесуточное энергопотребление системы при экипаже из трех человек составляет 5 Вт, удельное энергопотребление – 30 Вт·ч на 1 литр принимаемой урины. Длительная работа системы обеспечивается за счет замены выработавших ресурс блоков. Удельные затраты массы при замене оборудования составляют 0,07 кг на 1 литр принимаемой урины.

На 30 апреля 2011 г. системой принято и законсервировано около 13 800 литров урины, 222 литра консерванта и 17 115 литров урины с консервантом и смывной водой. Среднесуточное поступление урины составило 1,33 литра на человека в сутки.

Аналогичная система СПК-УМ-ИБ, заказанная НАСА у Российской стороны, установлена в модуле Node 3 и осуществляет прием и консервацию урины для американской системы регенерации воды из урины. Система оснащена дополнительными интерфейсными блоками, обеспечивающими ее совместную работу с американской системой регенерации воды. За время работы (с февраля 2009 г. по 30.04.11 г.) системой принято 3952 литра урины со смывной водой и консервантом.

Эксплуатация системы СПК-УМ на МКС позволила получить данные для совершенствования аппаратуры и разработки аналогичной системы для перспективных станций и межпланетных полетов. Главной задачей является в настоящее время разработка и использование в российском сегменте МКС системы регенерации воды из собираемой урины.

ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКАХ ПКА

Р.И. Богатова, А.Н. Агуреев, И.В. Кутина, И.В. Тятых

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Современные космические системы жизнеобеспечения (КСЖО) — сложные, многоуровневые инженерные системы, служащие для удовлетворения всех жизненно важных потребностей организма членов экипажей. Одной из таких систем является система обеспечения температурного режима (СОТР) среды обитания пилотируемых космических аппаратов (ПКА).

В биофизическом смысле организм человека является саморегулирующейся системой, все физиологические механизмы которой направлены на сохранение постоянства внутренней среды путем обеспечения баланса образующегося тепла количеству тепла, отдаваемого во внешнюю среду (А.А. Глушко, 1986).

Если теплопродукция организма и потеря тепла не сбалансированы, то в организме может наблюдаться его накопление, приводящее к повышению температуры тела, или, напротив его дефицит, вызывающий переохлаждение организма.

В норме жизнедеятельность человека может протекать в довольно узком диапазоне параметров внешней среды, поэтому при проектировании КСЖО стремились формировать в отсеках ПКА микроклиматические условия, близкие к комфортным, то есть схожие с земными аналогами.

В реальном полете могут возникнуть нестандартные, по отношению к нормативным значениям микроклимата, ситуации и тогда главной задачей СОТР будет являться формирование и программное регулирование теплового режима, которое позволило бы управлять функциональным состоянием членов экипажей с целью обеспечения минимального напряжения физиологических систем.

Анализ материала по температурно-влажностному режиму за 28 основных экспедиций ОС «Мир» позволил сделать вывод, что при нештатной работе СОТР, температура среды обитания жилых отсеков может значительно превышать предельно-допустимые уровни и вызывать перестройку тепловых процессов в организме.

Проблема обеспечения оптимальной жизнедеятельности и эффективной работоспособности членов экипажей в ПКА при длительных космических полетах тесно связана с вопросами создания комфортных климатических условий и необходимостью осуществления мониторинга параметров микроклимата.

АКУСТИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (МКС)

Р.И. Богатова, И.В. Кутина, Г.А. Карельских

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Как показал многолетний опыт санитарно-гигиенического обеспечения КП, из нормируемых физических факторов среды обитания ПКА, одним из значимых с точки зрения вредного влияния на организм космонавтов является шум, который создается постоянной работой отдельных агрегатов СОЖ, системой вентиляции, экспериментальным оборудованием, переговорными устройствами и аварийной сигнализацией.

Проблема шума, имевшая место в жилых отсеках орбитальных станций «Салют» и «Мир», продолжает сохранять свою актуальность и на Международной космической станции (МКС).

В связи с этим, особая актуальность проблемы контроля за наиболее информативными показателями акустической обстановки и изучения возможного вредного действия шума в условиях КП состоит в обеспечении приемлемых (допустимых по гигиеническим критериям состояния здоровья) акустических условий в обитаемых отсеках пилотируемых космических объектов.

Существующие нормативы, регламентирующие оптимальные уровни звука на рабочих местах нашли отражение в следующих документах: ГОСТ Р 50804; SSP 50260.

Для измерения общего уровня шума и частотных характеристик использовали модульный прецизионный шумомер типа 2260 фирмы Брюль и Кьер.

В условиях КП на МКС измерения шума производят на рабочих местах (или в рабочих зонах) в типичных условиях эксплуатации оборудования и систем жизнеобеспечения, а также в местах сна членов экипажей.

Результатом таких исследований является гигиеническая оценка шума как вредного фактора, оценка систем жизнеобеспечения и оборудования как источников шума и разработка мероприятий по борьбе с шумом и оценка их эффективности.

В работе представлены результаты исследований акустической обстановки на российском сегменте (РС МКС) за период работы экипажей МКС-1–26.

ОЦЕНКА МЕДИЦИНСКИХ РИСКОВ В РОССИЙСКОЙ ПРОГРАММЕ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

В.В. Богомолов, А.В. Поляков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Деятельность экипажей при выполнении пилотируемых космических полетов до настоящего времени связана с высоким профессиональным риском. Работы по минимизации рисков для здоровья и жизни членов космических экипажей, обусловленных влиянием специфических и неспецифических экстремальных факторов, всегда были актуальны для космической медицины на всех этапах ее становления и развития. Именно на основе анализа медицинских рисков и сегодня строится стратегия развития космической медицины в отношении перспектив освоения околоземного пространства и дальнего космоса, а также определяются особенности организации медицинского обеспечения экипажей конкретных экспедиций МКС.

Анализ медицинских и технических рисков с потенциальными медицинскими последствиями при реализации российской программы пилотируемых космических полетов позволил обосновать, разработать и совершенствовать методы и средства минимизации медицинских рисков до полета, во время и после его окончания.

На основании российского опыта разработаны классификации экстремальных воздействий на человека в пилотируемых КП и мероприятий по купированию угроз для жизни и здоровья космонавтов. При этом имеет важное значение учет технических рисков, обусловленных отказами систем жизнеобеспечения, медицинского и тренажерного полетного оборудования, возможных аварийных ситуаций. Опыт эксплуатации долговременных орбитальных станций «Салют», «Мир» и МКС указывает на важность организационных, медицинских и медико-технических аспектов в системе медицинского обеспечения КП.

Мероприятия по минимизации психологических, токсикологических, микробиологических и физических рисков на длительно функционирующих пилотируемых комплексах, а также купирование нештатных и аварийных ситуаций на всех этапах полета являются важными элементами системы медицинского обеспечения здоровья и работоспособности космонавтов в полете, а также сохранения их профессионального долголетия.

Любой из элементов системы медицинского обеспечения здоровья экипажей может быть критическим. Опыт медицинского обеспечения полетов показывает, что для длительно функционирующих пилотируемых орбитальных комплексов наиболее актуальными являются обеспечение приемлемых условий обитания, достаточность и адекватность медицинских ресурсов как для номинальных условий, так и нештатных и аварийных ситуаций. Это особенно актуально на настоящем этапе эксплуатации МКС, когда мероприятия по минимизации медицинских и технических рисков с потенциальными медицинскими последствиями требуют интеграции усилий всех международных партнеров по МКС.

СРЕДСТВА ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА МКС: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В.В. Богомолов, А.В. Поляков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Средства оказания медицинской помощи являются одним из элементов системы оказания медпомощи в космическом полете (далее СОМП) и предназначены для оказания неотложной медицинской помощи и выполнения лечебно-профилактических мероприятий в полете.

Основные принципы СОМП были разработаны при активном участии специалистов Института в 70-х годах прошлого столетия. От полета к полету с учетом полученных новых данных о влиянии факторов КП на организм человека, фактической заболеваемости в полете, а также достижений отечественной и зарубежной клинической медицины и фармакологии, СОМП развивается.

Медицинская помощь в КП оказывается в объеме само- и взаимопомощи. При включении в состав экипажа врача с соответствующим медицинским оснащением объем оказываемой помощи может расширяться.

Медицинская помощь и лечебно-профилактические мероприятия на РС МКС оказываются с использованием штатных медицинских средств, размещенных в медицинских укладках. Состав их определялся по нозологическому и системному принципам, а также по областям применения.

Основной принцип комплектования штатных медицинских упаковок – принцип минимальной достаточности.

К медицинским средствам, включаемым в состав штатных медицинских упаковок РС МКС, предъявляется ряд обязательных требований.

Опыт медицинского обеспечения длительных КП, в том числе и полетов на МКС, показал, что использование российских средств СОМП обеспечивает оказание необходимой медицинской помощи и адекватное лечение в полете.

Однако штатные медицинские средства РС МКС нуждаются в дальнейшем совершенствовании с учетом развития клинической медицины и фармакологии и замечаний (предложений) летавших космонавтов.

ОБЗОР МЕДИЦИНСКИХ ОПЕРАЦИЙ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МКС

В.В. Богомолов, Г.И. Самарин

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Программа развертывания и эксплуатации МКС в пилотируемом режиме продолжается уже более десяти лет. Длительность основных экспедиций колеблется от 129 до 214 сут. С лета 2009 года началась фаза эксплуатации МКС с регулярным присутствием на орбите экипажа из 6 человек. В связи с участием в управлении деятельностью экипажа практически всех партнеров по МКС, внесены изменения в порядок планирования и реализации полетных и медицинских операций для различных членов экипажа. Реализуется практика раздельного, посегментного обеспечения российского и американского сегмента медицинскими ресурсами (питанием, средствами профилактики, средствами оказания медицинской помощи, санитарно-гигиенического обеспечения). На этапе эксплуатации МКС введены в эксплуатацию грузовые корабли ЕКА – ATV и Японии – HTV. Расширяется программа научных исследований на МКС.

Санитарно-гигиенические условия на МКС на протяжении всех полетов в целом оставались удовлетворительными и в основном соответствовали нормативным требованиям ISS MORD, за исключением значений шума и микробной обсемененности отдельных зон МКС. В настоящее время американский сегмент МКС оснащен самостоятельными средствами жизнеобеспечения: поддержания и контроля газовой среды, водообеспечения, микробиологического контроля, АСУ. Таким образом, обеспечено дублирование российских и американских средств поддержания и контроля среды обитания экипажей МКС.

За весь период пилотируемых полетов на МКС не было ни одного медицинского случая, о котором можно было сказать, что он «повлиял на результаты выполнения программы полета». Периодически возникали трудности из-за отказа медицинского оборудования, однако они не приводили к серьезным последствиям с точки зрения сохранения здоровья и безопасности деятельности экипажей. Врачи Интегрированной медицинской группы (ИМГ) и регулярные многосторонние обзоры медицинских операций (SMOT) не выявляли серьезных клинических проблем у членов экипажей, хотя имели место индивидуальные функциональные особенности в характере адаптивных реакций отдельных членов экипажа, травматические повреждения, аллергические проявления, головные боли, явления десинхроноза, которые купировались бортовыми средствами или мероприятиями по оптимизации РТО.

АКТИВНЫЙ ТРАНСПОРТ ГЛУТАМАТА В НЕРВНЫХ ТЕРМИНАЛЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА В УСЛОВИЯХ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ

Т.А. Борисова, Н.В. Крысанова

Институт биохимии имени А.В. Палладина НАН Украины, Киев, Украина

L-глутамат — один из основных медиаторов возбуждающих сигналов в ЦНС млекопитающих, который принимает участие в реализации большинства функций мозга, в частности, распознавании, обучении и памяти. Нарушение баланса между процессами высвобождения и накопления глутамата связаны с патогенезом неврологических заболеваний. Пребывание в условиях измененной гравитации

приводит к широкому диапазону изменений в нервной системе, в частности, в процессах восприятия и обработки информации, которые могут быть связаны с нарушениями глутаматергической нейротрансмиссии. Исследованы ключевые пресинаптические процессы, которые лежат в основе глутаматергической нейротрансмиссии, после гипергравитационной нагрузки крыс в кранио-каудальном направлении (10 g, 1 ч). Методами проточной цитометрии и лазерной фотонной спектроскопии показано, что после гипергравитации не происходит изменений размера и гранулярности изолированных нервных окончаний (синапсом), а потенциал плазматической мембраны синапсом и закисление синаптических везикул уменьшаются. Кинетические характеристики высокоаффинного Na^+ -зависимого накопления глутамата синапсом изменяются после гипергравитации. Зафиксировано также нарушение стимулированного деполяризацией плазматической мембраны Ca^{2+} -зависимого высвобождения глутамата из нервных терминалей, которое не сопровождается изменениями в слиянии мембран. Показано перераспределение нейромедиатора между везикулярным и цитозольным пулами и связанное с ним более значительное, чем в норме, транспортер-зависимое высвобождение глутамата, что характерно для гипоксического поражения нейронов. Выявленные изменения основных характеристик процесса глутаматергической синаптической передачи при действии гипергравитационной нагрузки могут рассматриваться как предпосылки для развития синаптической дисфункции, то есть синаптопатии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЕКТА «БИОН-М» N1

В.В. Бояринцев, Е.А. Ильин, Д.В. Раков, Е.Н. Ярманова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В настоящее время в соответствии с Федеральной космической программой России на период 2006–2015 гг. ведется подготовка к проведению экспериментальных исследований в полете биоспутника «Бион-М» N1. Запуск этого космического аппарата предусматривается в 2012 году. Планируемая длительность полета — 30 сут. Орбита круговая, высотой около 575 км.

Научная программа предусматривает проведение биомедицинских экспериментов и исследований на позвоночных животных, эксперименты по гравитационной биологии, экзобиологии и биотехнологии, радиобиологические и радиационно-физические эксперименты.

Перечень планируемых к решению научных проблем: клеточные и молекулярные механизмы адаптации к условиям невесомости; значение специфики водно-электролитного обмена в системных реакциях организма в условиях невесомости и зависимость структурно-функциональных изменений от длительности пребывания в условиях невесомости; влияние факторов открытого космического пространства на выживаемость и жизнеспособность организмов; спектр и энергетический состав космических излучений на больших высотах и биологические эффекты космической радиации.

Объекты исследований: мыши $C_{57}bl/6$, монгольские песчанки, рыбы, рептилии, виноградные улитки, рачки, насекомые, водоросли, лишайники, грибы, микроорганизмы, семена, биопрепараты.

Бортовая научная аппаратура: блоки для содержания 45 мышей с видеорегистрацией поведения и регистрацией артериального давления у 5 мышей; аппаратура для содержания 8 монгольских песчанок с видеорегистрацией поведения; аппаратура для содержания 15 gekkonov; аппаратура (контейнеры) для содержания улиток; терморегулируемые контейнеры для экспериментов по гравитационной биологии и радиобиологии; контейнеры для экспериментов в открытом космосе; аппаратура для биотехнологических экспериментов; аппаратура для радиационно-физических исследований; аппаратура (контейнеры) для молодежных биологических экспериментов.

В реализации программы наряду с российскими специалистами участвуют специалисты зарубежных космических агентств.

О МЕХАНИЗМАХ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ КОСТЕЙ НА УРОВНЕ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ И НАНОРАЗМЕРНЫХ СИСТЕМ КОСТНОЙ ТКАНИ

А.Б. Брик¹, В.С. Оганов², Л.Г. Розенфельд³, Л.М. Овсянникова³

¹Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев, Украина

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

³Научный центр радиационной медицины АМН Украины, Киев, Украина

Известно, в условиях невесомости имеет место быстрая, но обратимая деминерализация костей, что является одним из важных факторов, препятствующих длительным КП [Оганов В.С., 2003]. Процессы

деминерализации могут быть описаны с помощью разных методов и подходов, а также на разных уровнях иерархии внутреннего строения костной ткани. Однако, в конечном счете, деминерализация костей происходит на уровне нанокристаллов гидроксилapatита, которые формируют минеральную компоненту костной ткани. В наших работах [Brik A.V. et al. 2004] влияние имитации условий невесомости на характеристики костей крыс изучено с помощью электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), протонного магнитного резонанса (ПМР) и рентгенофазового анализа (РФА). Методом ЭПР исследованы нативные радикалы R_n , локализованные в органической матрице костей и радикалы CO_2^- , локализованные на поверхности нанокристаллов биоapatита. Обусловленные влиянием невесомости изменения фазового состава нанокристаллов, формирующих минеральную компоненту костной ткани, изучены с помощью РФА, ПМР и ЭПР. На основании полученных экспериментальных данных нами разработаны физические модели, описывающие процессы деминерализации костей как на уровне наноразмерных систем, так и на уровне кости как органа. В рамках этих моделей межклеточное вещество костной ткани рассматривается как минерально-органическая наноассоциированная материя, обладающая особыми свойствами. Полученные результаты позволяют изучать эффективность контрмер, направленных на торможение процессов деминерализации костей, на уровне наноразмерных систем.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МИТОХОНДРИЙ ДЕЛЯЩИХСЯ И ДИФФЕРЕНЦИРУЮЩИХСЯ КЛЕТОК КОРНЕЙ ГОРОХА, РАСТУЩИХ В УСЛОВИЯХ КЛИНОСТАТИРОВАНИЯ

В.А. Брыков¹, А.Г. Шугаев², И.П. Генерозова²

¹Институт ботаники имени М.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

²Учреждение российской академии наук Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева, Москва

Митохондрии как энергетические единицы клетки неоднократно привлекали внимание в исследованиях влияния микрогравитации на ультраструктуру клетки. Однако имеющиеся данные о внутренней организации, размерах и количестве митохондрий в условиях микрогравитации и клиностаტიрования носят противоречивый характер, что значительно затрудняет выяснение изменений функционального состояния митохондрий, а также интенсивности энергетических процессов в клетках растений под воздействием микрогравитации. Поэтому целью нашей работы было изучение ультраструктуры митохондрий в меристеме, дистальной зоне растяжения (ДЗР) и центральной зоне растяжения (ЦЗР) зародышевых корней проростков сахарного гороха на протяжении 5 сут в условиях медленного горизонтального клиностаტიрования (2 об./мин.). В корневых апексах длиной 4 мм определяли общую скорость поглощения кислорода (V_t), мощность цитохромного (V_{cyt}) и альтернативного (V_{alt}) путей в электронно-транспортной цепи митохондрий полярографическим методом. Показано отсутствие изменений в ультраструктуре митохондрий в клетках меристемы корня. В растущих клетках корней, особенно ДЗР, 3- и 5-суточных проростков, митохондрии имели более конденсированную конформацию, чем в контроле, т.е. в растущих растяжением клетках, которые характеризуются более активным метаболизмом, чем делящиеся клетки меристемы. Корневые апексы в норме характеризуются повышением на протяжении 5 сут интенсивности дыхания в норме за счет цитохромного электронно-транспортного пути. При этом происходило статистически достоверное увеличение на 7 % скорости поглощения кислорода при 5-суточном воздействии клиностаტიрования.

СУРФАКТАНТНАЯ СИСТЕМА ЛЕГКИХ МЫШЕЙ И КРЫС В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ

И.Г. Брындина¹, Н.Н. Васильева¹, В.М. Баранов², А.Р. Харгенс³

¹Ижевская государственная медицинская академия, Ижевск

²Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии РАМН, Москва

³UCSD Medical Center, San Diego, USA

Известно, что в условиях КП наблюдаются изменения биомеханики и регуляции дыхания, перераспределение вентиляции и кровотока в легких, повышение диффузионной способности альвеолярно-капиллярной мембраны [West J.B., 1960, Баранов В.М., 1991, Prisk K., 2000]. Известно, что оптимальное функционирование легких во многом зависит от свойств легочного сурфактанта (ЛС). Однако влияние невесомости на сурфактантную систему легких практически не изучено.

Целью данной работы явилось исследование свойств и биохимического состава ЛС в условиях антиортостатического вывешивания (АОВ). Эксперименты проведены на нелинейных белых крысах и мышах C57BL/6, длительность их составляла 10 и 30 дней соответственно. Состояние ЛС оценивали по показателям поверхностной активности бронхоальвеолярных смывов (БАС), содержанию общих фосфолипидов и их фракций.

Для оценки водного баланса использовали гравиметрические индексы: легочный коэффициент и «сухой остаток», рассчитывали кровенаполнение и содержание общей и экстраваскулярной жидкости в легких. У крыс при 10-дневном АОВ на фоне увеличения (на 56 %) кровенаполнения легких и уменьшения объема экстраваскулярной жидкости наблюдали повышение поверхностной активности сурфактанта (поверхностное натяжение БАС понизилось на 17 %). При этом содержание общих фосфолипидов и их наиболее поверхностно активной фракции – фосфатидилхолина возрастало соответственно на 66 % и 98,4 %.

У мышей в условиях 30-дневного АОВ наблюдали гипергидратацию легочной ткани – легочной коэффициент возрастал на 44 %, «сухой остаток» уменьшался на 12 %. Уровень общих фосфолипидов увеличивался на 40 %, в их составе, как и в контроле, преобладал фосфатидилхолин, однако поверхностная активность БАС при этом понижалась. Как у мышей, так и у крыс отмечалось увеличение лизофосфатидилхолина в смывах из легких.

Таким образом, относительно непродолжительное АОВ повышает поверхностно-активные свойства ЛС, тогда как более длительное воздействие сопровождается их нарушением.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ АВТОНОМНОЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ

Ю.А. Бубеев¹, А.В. Иванов², С.В. Квасовец²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Общество с ограниченной ответственностью «Инструментальные психологические системы», Москва

Ключевой особенностью, которая будет принципиально отличать межпланетные полеты, является полная автономность экипажа. Одним из перспективных направлений разработки средств автономной психологической поддержки в условиях длительного полета является использование нейрокогнитивных технологий. Метод ритмосуггестивной коррекции состояния (РСКС), учитывающий закономерности мозговой организации неосознаваемых механизмов регуляции, интегрирует такие способы оптимизации состояния, как ритмическая стимуляция, бинауральные биения, вербальные внушения. Процедуры ритмосуггестивной коррекции являются индивидуально-специфичными, так как в них учитывается текущий характер функционального взаимодействия полушарий мозга, индивидуальные особенности реагирования на суггестивную информацию и индивидуальные особенности психологической защиты.

Смысловые суггестивные паттерны комбинируются с ритмическими сенсорными воздействиями, а сам суггестивный сигнал модулируется по определенному алгоритму. За счет этого управляемое изменение активности полушарий и различных областей головного мозга сочетается с эффективной формой суггестивного воздействия.

Проведена оценка эффективности РСКС путем организации серии коррекционных процедур в двух группах добровольцев. Испытуемые первой группы проходили коррекционные процедуры, представляющие собой простую комбинацию ритмической аудиовизуальной стимуляции и вербальных внушений. Испытуемые второй группы проходили процедуры с использованием метода ритмосуггестии РСКС.

Для оценки эффективности коррекционных процедур использовалась методика оценки вызванных потенциалов мозга при предъявлении эмоционально-значимых изображений. Продемонстрирована большая эффективность метода ритмосуггестии РСКС. Показано, что регулярное, неоднократное повторение ритмосуггестивных программ позволяет оптимизировать состояние и формировать устойчивые психологические установки.

ПРОГНОСТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ЭКГ ПРИ МЕДИЦИНСКОМ ОТБОРЕ КАНДИДАТОВ В КОСМОНАВТЫ С ПРОЛАБИРОВАНИЕМ КЛАПАНОВ СЕРДЦА

С.П. Буйлов, Ю.И. Воронков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Цель исследования — определить прогностическое значение холтеровского мониторирования (ХМ) ЭКГ при медицинском отборе кандидатов в космонавты с пролабированием клапанов сердца без его органического поражения в сравнении с результатами стандартной ЭКГ и велоэргометрической пробой (ВЭМ).

Методы исследования. Обследовано 20 мужчин, кандидатов в космонавты, в возрасте от 24 до 40 лет с признаками пролабирования клапанов сердца (ПКС) 1 степени и отсутствием органических заболеваний сердечно-сосудистой системы (ССС). Всем исследуемым проведено клинично-инструментальное обследование ССС: стандартная ЭКГ покоя, ВЭМ, ХМ ЭКГ, эхокардиографическое исследование (ЭХОКГ).

Результаты исследования. По результатам ЭХОКГ в зависимости от локализации ПКС изменения сердечного ритма и проводимости наблюдались: при пролабировании митрального клапана (ПМК) у 17 (85 %) чел.; пролабировании трикуспидального клапана (ПТК) — 2 (10 %) чел.; сочетании (ПМК+ПТК) — 1 (5 %) чел. При анализе ЭКГ в покое изменения сердечного ритма и проводимости не были зарегистрированы. Анализ результатов ВЭМ показал нарушения сердечного ритма по типу монотопной наджелудочковой экстрасистолии (НЖЭ) у 4 (20 %) обследованных с ПМК, нарушения по типу монотопной желудочковой экстрасистолии (ЖЭ) у 5 (25 %) обследованных с ПМК и у 1-го (5 %) обследованного с ПМК+ПТК. При анализе данных ХМ ЭКГ были выявлены следующие изменения сердечного ритма и проводимости: миграция водителя ритма по предсердиям — у 35 % обследованных с ПМК и у 1-го обследованного с ПМК+ПТК; преходящие синоаурикулярные и атриовентрикулярные блокады 1–2-й степени у 30 % обследованных с ПМК и у 1-го обследованного с ПМК+ПТК; неполные блокады ножек пучка Гиса у 10 % обследованных с ПМК; НЖЭ у 50 % обследованных с ПМК и у 1-го обследованного с ПТК; ЖЭ у 40 % обследованных с ПМК и у 1-го обследованного с ПМК+ПТК.

Заключение. ХМ ЭКГ является наиболее информативным методом диагностики нарушений сердечного ритма и проводимости у обследуемых с пролабированием клапанов сердца, что позволяет выработать правильную тактику проведения медицинского отбора кандидатов в космонавты и своевременную профилактику нарушений ритма и проводимости.

ВОЗМОЖНОСТИ ХОЛТЕРОВСКОГО МОНИТОРИРОВАНИЯ ЭКГ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ВЕГЕТАТИВНОЙ ДИСФУНКЦИИ СИНУСОВОГО УЗЛА У УЧАСТНИКОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

С.П. Буйлов, Г.А. Тихонова, Ю.И. Воронков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Цель исследования – определить возможности холтеровского мониторирования (ХМ) ЭКГ в диагностике и мониторинге вегетативной дисфункции синусового узла (ВДСУ) и прогностическое значение синусовой брадикардии у участников экспериментов с длительной изоляцией.

Материал и методы исследования. Проведен анализ показателей у 6 испытуемых-добровольцев (участников экспериментов с длительной изоляцией, средний возраст 35,6 лет) у которых на стандартной ЭКГ покоя была зарегистрирована стойкая синусовая брадикардия (СБ) с ЧСС < 55 уд/мин. В период медицинского отбора всем испытуемым-добровольцам было проведено общеклиническое исследование для исключения органической патологии сердца: стандартная ЭКГ покоя с измерением средней ЧСС в 5 последовательных кардиоциклах, велоэргометрия (ВЭМ), ХМ ЭКГ, эхокардиографическое исследование.

Результаты исследования. Во время экспериментов отмечалось наличие вегетативной симптоматики: вегетативные пароксизмы (25 %), кардиалгии (2 %), метеозависимость (75 %), колебания АД (35 %), астения (75 %), эмоциональные расстройства (33 %), головные боли (12 %), нарушения сна (38 %), что подтверждалось данными психологического обследования. По результатам ХМ ЭКГ на фоне СБ регистрировались различной степени выраженности миграция водителя ритма по предсердиям –

66,6 %, синоаурикулярная блокада 2-й ст. – 33,3 %, неполная блокада правой ножки пучка Гиса – 16,6 %. У 33,3 % испытуемых-добровольцев периоды брадикардии (ЧСС до 41 уд/мин) чередовались с периодами синусовой тахикардии. ВДСУ подтверждена наличием у обследуемых синусовой аритмии на вдохе (учащение RR и удлинение PQ) и отношением ЧСС день/ночь более единицы при синусовой брадикардии, вызванной повышением тонуса блуждающего нерва. Также были диагностированы частые эпизоды синусовой аритмии, проявляющиеся типичными изменениями таких показателей, как SDNN, SDANN, SDNN-index.

Заключение. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование ХМ ЭКГ для диагностики ВДСУ и объективизации эффективности проводимой медикаментозной (или немедикаментозной) коррекции состояния здоровья испытуемых-добровольцев в длительных модельных исследованиях с изоляцией в гермообъектах.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ИЗОЛИРОВАННЫХ МАЛЫХ ГРУППАХ

А.В. Букалов, О.Б. Карпенко

Международный институт соционики, Киев, Украина

Соционика – теория информационной структуры психики и ее взаимодействия с окружающей средой – выделяет 16 типов информационного метаболизма и 16 видов закономерно возникающих между ними взаимодействий, характеризующихся различными степенями конструктивности и напряженности. Соционические методы проверены на практике в течение 20 лет в 100 коллективах, в том числе в условиях Крайнего Севера, а также в многочисленных модельных экспериментах. Эти методы позволяют создавать малые группы, обладающие заранее хорошо предсказуемыми специфическими особенностями функционирования и определенной направленностью деятельности. Коммуникация участников таких групп отражает не только их личностные и психологические особенности, но представляет собой комплекс психологических и информационных взаимодействий между людьми на уровне сознательных, подсознательных и бессознательных аспектов психики, включая психофизиологический уровень. В группах, построенных на базе резонансных взаимодействий, высок коэффициент полезного действия каждого члена группы, взаимодействие остается конструктивным даже в экстремальных условиях, обмен информацией происходит свободно, без потерь и без психологических напряжений. На основе нейтральных взаимодействий можно создавать группы рекреации и релаксации. Если же в группе преобладают негативно-деструктивные взаимодействия, то психологическая устойчивость уменьшается. Такие группы могут быть использованы для тренировки в условиях психоэмоционального стресса, но нежелательны в реальных космических экипажах. Методы соционики позволяют прогнозировать характер взаимодействий в группе еще до того, как ее участники начали контактировать.

МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГРАВИЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МУЛЬТИПОТЕНТНЫХ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК

Л.Б. Буравкова, П.М. Гершович, Ю.Г. Гершович

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Исследования, направленные на выяснение клеточных механизмов нарушения сопряжения процессов костного ремоделирования, убедительно продемонстрировали чувствительность культивируемых остеобластных клеток к микрогравитации. Предполагается, что этот процесс реализуется с помощью клеточных контактов, образованных интегринами внутриклеточно с элементами актинового цитоскелета клетки, а внеклеточно – с различными белками внеклеточного костного матрикса, формируя непрерывную сеть, которая способна воспринимать и потенцировать действие даже ничтожно малых механических стимулов. Открытым до последнего времени оставался вопрос о механо(грави)-чувствительности менее зрелых клеточных форм, а именно прогениторных (мезенхимальных стромальных) клеток.

В настоящее время имеются весьма убедительные доказательства влияния микрогравитации на пролиферацию, миграцию, иммунофенотип и, главное, дифференцировку мультипотентных мезенхимальных стволовых клеток (ММСК). Активно обсуждается роль механических сигналов в выборе пути коммитирования и реализации многочисленных программ дифференцировки ММСК. Микрогравитация может модифицировать дифференцировочный потенциал клеток-предшественников вследствие изменений в деятельности основных киназных каскадов сигнальной трансдукции и хорошо известных

транскрипционных факторов. Все больше аргументов появляется в пользу того, что в регуляции дифференцировочного потенциала стволовых клеток в зависимости от требований «внешнего механического поля» огромную роль играют структуры цитоскелета клетки, тесно взаимосвязанные с ее поверхностными рецепторами.

Таким образом, ММСК костного мозга человека, принадлежащие к компартменту мультипотентных клеток взрослого организма, представляют собой клеточную популяцию, которая восприимчива к изменению гравитации. Несмотря на то, что точные молекулярные и внутриклеточные механизмы наблюдаемых эффектов до сих пор остаются не до конца ясными, изменения остеогенных клеток различного уровня коммитированности указывают на существование единых механизмов восприятия и ответных реакций клеток на измененное гравитационное поле.

КОНЦЕПЦИЯ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ В ФИЗИОЛОГИИ УСКОРЕНИЙ

И.В. Бухтияров, Р.А. Бондаренко, В.Н. Филатов

Федеральное государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации», Москва

Основной методологической особенностью исследования сложноорганизованных динамических систем выступает системно-структурный подход к изучаемым явлениям, в аспекте которого рассматривается сопряженная практическая проблема управления данными системами. Представление об управлении сложными системами очень близко к представлению о лимитирующих факторах, поскольку управляющий элемент в большинстве случаев является лимитирующим звеном.

По нашему мнению, наибольшее теоретическое и практическое значение концепция лимитирующих факторов («физиологических функций» применительно к живым системам) может иметь для изучения человека в экстремальных условиях деятельности. Например, в условиях действия на организм больших по величине, скорости нарастания центростремительных ускорений.

Общепринятого метода выбора лимитирующих физиологических функций в общей физиологии не существует. Для гравитационной физиологии возможный подход к решению данной задачи состоит в использовании критерия сохранения должного уровня работоспособности или, в отдельных случаях, сохранения жизнеспособности.

Очевидно, что с увеличением перегрузки функциональная нагрузка на отдельные системы организма неуклонно возрастает и состояние отдельных функций организма начинает лимитировать переносимость данного фактора. Преодоление такого рода лимитов физиологических функций возможно на пути создания эффективных средств противоперегрузочной защиты и их комбинировании.

Разработка концепции лимитирующих физиологических функций для описания и понимания механизмов жизнедеятельности организма в различных условиях среды обитания может позволить на практике эффективно осуществлять прогнозирование его поведения и выполнять научно обоснованный поиск эффективных способов и средств управления отдельными физиологическими процессами. На принципах концепции лимитирующих физиологических функций может быть построено не только управление переносимостью перегрузок, но и их нормирование.

ПРОПРИОЦЕПТИВНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДОЛЬНЫХ, БОКОВЫХ И СОЧЕТАННЫХ ПРОДОЛЬНО-БОКОВЫХ ПЕРЕГРУЗОК

И.В. Бухтияров, С.Д. Чистов, В.Н. Филатов

Научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова (филиал), Москва

Роль проприоцептивной системы в пространственной ориентировке летчика – один из важнейших каналов информации о полете. Проприоцептивная чувствительность (ПЧ) в условиях перегрузок существенно изменяется.

В условиях воздействия продольных (ПП), боковых (БП) и сочетанных продольно-боковых перегрузок (ПБП) производилась оценка дифференциального порога чувствительности (ДПЧ) усилия кисти, обычно применяемая для оценки ПЧ. Вследствие ограниченного времени переносимости перегрузок человеком для оценки ДПЧ был использован метод «едва заметной разницы». Исследование выполнено с участием 8 здоровых мужчин-добровольцев в возрасте 19–28 лет, которые подвергались воздействию указанных перегрузок на центрифуге с радиусом вращения кабины 7 м. Изученные режимы пе-

регрузок составили: ПП – 2,0; 4,0; 6,0 и 8,0 ед.; БП – 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 и 3,5 ед.; ПБП – 1,9/1,2; 2,4/2,0; 3,0/2,9 и 3,2/3,7 ед.

Результаты. В статических условиях увеличение опорного усилия в продольном канале управления от 20 до 80 Н приводило к снижению относительного ДПЧ с 20 до 11 % ($p < 0,05$). При воздействии ПП ДПЧ увеличивались пропорционально росту перегрузки и уровню опорного усилия. При воздействии БП увеличение ДПЧ было более выражено, достигая при величине БП 3,5 ед. значений, аналогичных условиям воздействия ПП 6,0 ед. В поперечном канале управления были изучены абсолютные пороги чувствительности. Динамика их изменений соответствовала таковой для ДПЧ в продольном канале управления. Воздействие БП, по сравнению с ПП, сопровождалось снижением ПЧ в большей степени.

Механизмы снижения ПЧ. Общий механизм: увеличение абсолютных и относительных ДПЧ для раздражителей любых модальностей. Локальный механизм: большее снижение ПЧ в случае совпадения вектора перегрузки с направлением тестируемого усилия может быть обусловлено эффектом «присоединенной массы руки», т.е. появлением дополнительной инерционной нагрузки в канале управления.

СОДЕРЖАНИЕ РНК В ГЕПАТОЦИТАХ КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ И ИХ МОДИФИКАЦИИ НИЗКОЧАСТОТНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Э.Г. Быков, Д.А. Атякшин, А.Н. Пашков

Воронежская государственная медицинская академия имени Н.Н. Бурденко, Воронеж

При оценке формирования адаптивных реакций на факторы орбитального полета признается первостепенным состояние обмена и биосинтеза нуклеиновых кислот (Гусейнов Ф.Т. и др., 1979), что было проверено в серии экспериментов, моделирующих факторы КП с оценкой эффектов низкочастотного импульсного магнитного поля (НИМП). Исследование выполнено на крысах-самцах в группах биологического контроля, 14-суточного вывешивания, восстановительного периода (3 сут) и в условиях воздействия в этот период НИМП с общей экспозицией 30 мин и величиной магнитной индукции от 1,40 до 2,12 мТл. В каждой группе животных было 7 крыс. Эксперимент проводился в ГНЦ ИМБП РАН. Методами светооптического гистохимического анализа исследовано содержание РНК в гепатоцитах различных зон долек печени после окрашивания азуром В с блокадой боковых конкурентных амино-групп белка ацетилизацией. Использовалась фиксация забуференным нейтральным формалином с pH 7,6 при комнатной температуре. Микроденситометрический анализ выполнен на анализаторе изображений «ВИДЕОТЕСТ-МОРФО», где содержание РНК оценивалось в единицах экстинкции (Е). После окрашивания азуром В интенсивная базофилия определялась в цитоплазме (рибосомальная и транспортная РНК) и ядрышке (информационная РНК). В гепатоцитах животных группы биологического контроля идентифицированы зональные особенности содержания РНК, что выражается в наиболее высоких значениях Е в клетках промежуточной зоны. При этом, двуядерные гепатоциты отличались более высокой концентрацией РНК ($E = 0,633 \pm 0,018$). Спустя 14 сут после антиортостатического вывешивания происходило увеличение базофилии цитоплазмы одноядерных гепатоцитов, более всего в перипортальной зоне долек ($E = 0,647 \pm 0,001$). В конце восстановительного периода этот показатель существенно снижался до $0,576 \pm 0,010$. НИМП в восстановительный период стимулировало увеличение уровня базофилии цитоплазмы одноядерных гепатоцитов независимо от их топографии и двуядерных гепатоцитов в центральной зоне долек печени.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕОМА МОЧИ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ НА МКС

О.А. Валеева¹, И.В. Доброхотов¹, Л.Х. Пастушкова¹, И.М. Ларина¹, А.С. Кононихин², И.А. Попов², Е.Н. Николаев²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Учреждение Российской академии наук Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН, Москва

В длительных КП человек сталкивается с комплексом непривычных для него условий, связанных с динамикой полета (ускорения, вибрация, шум, невесомость), пребыванием в герметичном помещении

ограниченного объема (искусственная газовая среда, гиподинамия, нервно-эмоциональное напряжение и т.д.), а также астрофизическими факторами космического пространства (космическое и ультрафиолетовое излучения и др.). Несомненно, воздействие факторов КП влияет на состояние физиологических систем организма человека, что, в свою очередь, отражается на белковом составе биологических жидкостей тела.

Целью данной работы было охарактеризовать изменения протеома мочи 6 российских космонавтов после длительных КП на борту Международной космической станции. Образцы мочи были получены за 45-60 сут до полета (фон) и на 1-е и 7-е сутки после окончания экспедиции. Образцы анализировались методом прямого масс-спектрометрического профилирования на масс-спектрометре MALDI-TOF после префракционирования на магнитных частицах MB-HIC с помощью робота ClinProt (Bruker Daltonics). Кроме того, был проведен хромато-масс-спектрометрический анализ на гибридном масс-спектрометре ионного циклотронного резонанса с преобразованием Фурье LTQ FT MS фирмы Thermo.

При обработке образцов мочи было получено 134 MS-пиков в диапазоне масс от 1000 до 9900 Да. С помощью критерия Уилкоксона ($p < 0,05$) были обнаружены достоверные отличия площади 31 пика (23,1 % от общего числа) на 1-е сутки и 9 (6,7 %) на 7-е сутки после приземления. Было обнаружено 920 различных пептидов, 430 из них выявлялись не менее трех раз. Для каждого космонавта была проведена оценка динамики профиля по всем обнаруженным белкам. В ходе проведенного исследования была выявлена существенная индивидуальная и групповая вариабельность протеома мочи; так, в послеполетный период наблюдалось значительное увеличение (на 20 %) числа белков, обнаруженных в моче, по сравнению с фоном.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 10-04-93110-НЦНИЛ_а, НШ-№4592.2010.4.

ПРОБЛЕМА СТИМУЛЯЦИИ НЕЙРОГЕНЕЗА: КАК СОХРАНИТЬ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ ЗАПОМИНАНИЯ

А.В. Вартанов, Б.Б. Величковский, С.А. Козловский, Б.М. Величковский

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

Одной из актуальных проблем космической биологии и медицины является сохранение когнитивных способностей космонавтов при длительных КП. Однако как было показано в ряде работ (например, Manda, 2008), космическое излучение оказывает ингибирующее влияние на процессы нейрогенеза в зубчатой извилине гиппокампа. Известно, что подавление процессов нейрогенеза в данной структуре мозга приводит к трудностям запоминания новой информации [Winocur, 2006]. Очевидно, что снижение функции эпизодической памяти отрицательно сказывается на безопасности КП и на качестве жизни космонавтов. В настоящее время существует несколько подходов к стимуляции нейрогенеза *in vivo*: медикаментозный (например, введение антидепрессантов), биофизический (электрошок), молекулярно-биологический (введение гемопоэтических стволовых клеток), однако эти подходы имеют ряд существенных недостатков. Вместе с тем, появляются данные, что психологическая нагрузка также способствует стимуляции нейрогенеза. В этом направлении начата разработка специальных методов когнитивной тренировки [Bissig & Lustig, 2007; Величковский и др., 2010], которая пользуется растущей популярностью в качестве методического подхода к компенсации нарушений памяти и внимания при нормальном старении.

Показано, что программы когнитивной тренировки могут быть успешными, приводя к долговременному улучшению памяти, а также к переносу положительного эффекта на другие когнитивные функции. Данное исследование проведено на группе 20 женщин без истории неврологических и психиатрических заболеваний, средний возраст 60 ± 16 лет. Были получены МР-томограммы головного мозга и МР-спектры гиппокампа испытуемых до и после тренировки. В разработанной компьютерной программе когнитивной тренировки, которую испытуемые выполняли ежедневно на протяжении двух недель, использовались компьютерные задания, которые тренировали вербальную и пространственную рабочую память. В заданиях использовался адаптивный лестничный метод определения сложности заданий в зависимости от правильности ответа. Это позволило поддерживать общее количество правильных ответов на уровне 75–80 %, поддерживая высокую мотивационную включенность испытуемых в процесс тренировки.

Полученные нами данные свидетельствуют о высокой эффективности предложенных процедур когнитивной тренировки, оказывающих положительное влияние как на функционирование памяти, так и на динамику мозговых процессов. В целом, разработка программ когнитивной тренировки является перспективной областью прикладных исследований, имеющей важное прикладное значение, в том

числе, в связи с задачей компенсации негативного влияния ионизирующей радиация на нейрогенез при продолжительных КП.

Исследования поддержаны грантами РФФИ № 09-06-00293-а и № 11-06-00343-а.

ТАЙТИН В УСЛОВИЯХ МИКРОГРАВИТАЦИИ

И.М. Вихлянцев, З.А. Подлубная

Учреждение Российской академии наук Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область

Тайтин — гигантский эластичный белок поперечно-полосатых мышц позвоночных, играющий важную роль в поддержании высокоупорядоченной саркомерной структуры и необходимого уровня сократительной активности мышцы [Hogowitz et al, 1986]. Первые исследования изменений тайтина в условиях микрогравитации выявили уменьшение содержания его N2A-изоформы в *m. soleus* крысы после 14-суточной моделируемой гравитационной разгрузки [Toursel et al., 2002; Shenkman et al., 2002], что сопровождалось снижением пассивного натяжения мышечных волокон. Обнаружение в скелетных мышцах млекопитающих более высокомолекулярной изоформы тайтина [Вихлянцев и Подлубная, 2006] определило наш интерес к изучению вклада изменений в ее содержание в развитие гипогравитационных нарушений в *m. soleus* человека и животных в условиях моделируемой (вывешивание крыс, «сухая» иммерсия человека) или реальной микрогравитации. После 3-суточного вывешивания на электрофореграммах *m. soleus* крыс при отсутствии изменений в содержании известной N2A-изоформы тайтина наблюдалось уменьшение (в ~1.6 раза) содержания новой более высокомолекулярной изоформы этого белка, что сопровождалось уменьшением (на 15 %) абсолютной силы Ca^{2+} -индуцированного сокращения скинированных волокон *m. soleus* крысы [Пономарева и др., 2008]. При более длительном воздействии гравитационной разгрузки (7, 14, 30 сут) в *m. soleus* человека и крысы наблюдалось уменьшение (в 3–4 раза) содержания более высокомолекулярной изоформы тайтина, а также уменьшение (в 1.6–2 раза) содержания известной N2A-изоформы этого белка, что сопровождалось нарушением структуры и значительным снижением сократительной способности мышцы.

В *m. soleus* монгольской песчанки (*Meriones unguiculatus*) после 12-суточного КП не было выявлено подобных негативных изменений структурно-функциональных характеристик [Липец и др., 2009], что было зарегистрировано на фоне уменьшения (в ~1,2 раза) содержания известной N2A-изоформы тайтина при отсутствии изменений в содержании более высокомолекулярной изоформы этого белка. Сделано заключение о том, что ведущую роль в поддержании структурно-функциональных характеристик мышцы *soleus* играет не известная N2A-изоформа тайтина, а открытая нами более высокомолекулярная изоформа этого белка. Правильность этого заключения подтверждена результатами исследований эффективности разных подходов, снижающих или предотвращающих развитие гипогравитационных мышечных нарушений, которые показали, что сохранение более высокомолекулярной изоформы этого белка в *m. soleus* человека и крыс в условиях гравитационной разгрузки, сопровождается отсутствием негативных изменений структурно-функциональных свойств указанной мышцы. Тестирование изменений изоформного состава тайтина может быть использовано в космической медицине для диагностики развития «гипогравитационного мышечного синдрома» и оценки эффективности подходов к его коррекции.

АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ МЕЛАТОНИНА В АСПЕКТЕ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ

В.А. Галичий, С.И. Степанова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Режим труда и отдыха членов экипажей МКС нередко предусматривает сдвиг периода сна к необычным часам суток. Такие сдвиги сопровождаются уменьшением глубины и продолжительности сна, общей усталостью, сонливостью в дневные часы, трудностями при выполнении профессиональной деятельности.

В настоящее время обсуждается возможность и целесообразность использования в КП средств, облегчающих адаптацию к сдвигам сна, в том числе – мелатонина. Согласно распространенному мнению, мелатонин ускоряет приспособление человека к измененному распорядку сна–бодрствования. Наряду

с этим высказывается и противоположное мнение, согласно которому не существует убедительных доказательств эффективности мелатонина при сдвигах сна. Заслуживает серьезного внимания вопрос о негативных побочных эффектах мелатонина. Некоторые авторы утверждают, что мелатонин при кратковременном приеме (в пределах трех месяцев) безопасен. Однако клинический опыт применения мелатонина позволил зарегистрировать побочные эффекты в виде головной боли, озноба, падения аппетита, головокружения, покраснения кожи, спазмов в животе, поноса, скотомы, мигрени, аутоиммунного гепатита, оптической нейропатии, судорог, кожной сыпи, ночных кошмаров, расстройств сна. Эти явления встречаются редко и их, конечно, надо рассматривать в связи с длительностью лечения и применяемыми дозировками. Но все же надо признать, что этот продукт не безвреден для здоровья.

Прежде чем рекомендовать использование мелатонина в КП, следует обсудить ряд вопросов, а именно: 1) сможет ли прием мелатонина уменьшить негативные последствия сдвига сна при отсутствии привычной системы физических и социальных синхронизаторов и 2) какова вероятность появления побочных эффектов мелатонина с учетом применяемых доз, графика приема и возможного влияния невесомости.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ И АППАРАТУРА ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

С.В. Гальчук, О.В. Григорьева, Е.Г. Рудимов, Л.Б. Буравкова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

После полувека активного освоения человечеством космоса, проведение космических экспериментов (КЭ) и на сегодняшний день является многоуровневой и сложной задачей. Постановка КЭ требует не только разработки оригинальных научно-методических подходов, но и тщательного научно-технического обеспечения. Для решения проблем, связанных с проведением медико-биологических КЭ с использованием клеток *in vitro*, нам представляется наиболее перспективным подходом разработка и создание полностью автономных, программируемых, малогабаритных «приборов-роботов». Научная аппаратура (НА), имеющая малые размеры, малый вес, несколько гермоконтуров изоляции биоматериала от внешнего пространства, программируемый алгоритм реализации КЭ на разных этапах космического полета (КП), с возможностью самостоятельного принятия решения о дискретности измерительного процесса в зависимости от фазы КП, самостоятельного перехода в необходимый режим работы, вероятно, является наиболее адекватным решением проблем, сопряженных с проведением медико-биологических КЭ.

Для проведения КЭ «БИОСИГНАЛ» нами был разработан прибор «ФЛЮОР-К», который предназначен для регистрации динамики дифференциального флуоресцентного сигнала нано- и микрообъектов органической и неорганической природы (суспензированные клеточные органеллы, клетки человека и животных, одноклеточные водоросли, бактерии, флуоресцирующие коллоидные растворы различной природы) в малых объемах. При разработке этого прибора были учтены требования для проведения медико-биологических КЭ на МКС. В КЭ «Биосигнал» оценивается функциональное состояние лимфоцитов человека, выделенных из периферической крови человека, для чего используется биофизический метод зондовой микрофлуориметрии и интегральный параметр – внутриклеточный pH, рассчитываемый по дифференциальному соотношению флуоресцентного сигнала в двух длинах волн полихромного флуоресцентного зонда SNARF. Параллельно с основными измерениями регистрируется температуру и ускорения, как значимые факторы КП. Прибор успешно прошел лабораторные испытания, во время которых была отработана схема КЭ и подобраны условия, способствующие наибольшей жизнеспособности культивируемых клеток.

ТОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНОЙ ОБСЕМЕНЕННОСТИ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ ДЛЯ ВЫБОРА РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

А.В. Гегенава

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Проведена оценка динамики состава микрофлоры кожных покровов космонавтов МКС до, во время и после приземления, и исследованы изменения в микробиоценозах различных биотопов при смене экипажа с использованием хроматомасс-спектрометрического детектирования.

Забор материала проводился с использованием стандартной укладки. Кожные смывы брали с помощью стерильных ватных тампонов со лба, щеки, шеи, груди, подмышечной впадины и паховой области.

В результате исследований на коже испытуемых определены микроорганизмы, принадлежащие к 51 таксону.

Общая обсемененность кожных покровов во всех биотопах была одинаковой, однако проведение кластерного анализа показало, что топическая характеристика по численности микроорганизмов была более многочисленной в паховой и подмышечной областях, что позволило выбрать эти биотопы в качестве реперных точек для дальнейших диагностических исследований. Сравнение результатов исследования с классическим бактериологическим методом и ГХ-МС показали, что ГХ-МС является адекватным методом для диагностирования носительства микроорганизмов на коже в эпидемиологически значимых концентрациях, перспективным для использования в целях микробного контроля различных спецконтингентов, пребывающих в искусственной среде обитания. С помощью метода ГХ-МС была подтверждена концепция развития нарушений колонизационной резистентности кожи на разных этапах КП.

Использование ГХ-МС детектирования позволяет оперативно диагностировать топический состав микробной обсемененности кожных покровов человека с тенденции процесса.

НЕИНВАЗИВНАЯ АКТИВАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ШАГАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ У ЧЕЛОВЕКА

Ю.П. Герасименко^{1,4}, Р.М. Городничев², И.Б. Козловская³, Р. Эджертон⁴

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

²Великолукская государственная академия физической культуры и спорта, Великие Луки

³Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

⁴Департамент физиологических исследований Калифорнийского университета, Лос-Анджелес, США

В регуляции локомоции важная роль принадлежит нейронным сетям спинного мозга, которые принято называть генераторами шагательных движений (ГШД). У здоровых испытуемых ГШД могут быть активированы при вибрации мышц ног [Selionov et al., 2009], а также при электромагнитной стимуляции спинного мозга [Gerasimenko et al., 2010]. В настоящем исследовании установлено, что накожная электрическая стимуляция, приложенная к ростральным сегментам поясничного утолщения (Т11-Т12 позвонки), способна инициировать произвольные шагательные движения у здоровых испытуемых в условиях внешней поддержки ног. Установлено, что тазобедренный, коленный и голеностопный суставы вовлекаются в организацию шагательных движений, инициируемых накожной электрической стимуляцией спинного мозга (НЭССМ). Показано, что характер шагательных движений зависит от параметров стимуляции. Изменение частоты стимуляции от 5 до 40 Гц приводит к увеличению амплитуды движений. Одиночная НЭССМ вызывает ответы в мышцах ног вследствие активации афферентов дорсальных корешков большого диаметра с латентным периодом, соответствующим моносинаптическому рефлексу. Таким образом, предполагается, что НЭССМ воздействует на шагательный генератор через активацию афферентов дорсальных корешков, входящих в спинной мозг. Фундаментальное значение полученного результата связано с получением новых данных в пользу существования у человека генераторов шагательных движений, и доказательств возможностей управления ими неинвазивным воздействием на структуры спинного мозга. Это открывает хорошую перспективу использования НЭССМ в реабилитационном лечении восстановления двигательных функций после повреждения спинного мозга.

Работа поддержана грантом РФФИ № 10-04-01172.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ВЛИЯНИЯ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА ПРОГЕНИТОРНЫЕ КЛЕТКИ КОСТНОГО МОЗГА МЫШЕЙ ПОСЛЕ ПОЛЕТА НА БИОСПУТНИКЕ БИОН М1

Е.А. Гончарова, Е.Р. Андреева, Л.Б. Буравкова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Известно, что микрогравитация в условиях длительных орбитальных КП, а в будущем и межпланетных экспедиций, может оказывать негативное влияние на прогениторные клетки различных тканей, в

том числе и костного мозга: гемопоэтические стволовые клетки (ГСК) и мультипотентные мезенхимальные стромальные клетки (ММСК). Уникальную возможность для изучения влияния факторов КП на клетки-предшественники костного мозга *in vivo* предоставляет программа «Бион М1». В рамках этого проекта будет проведено изучение пролиферативных и дифференцировочных потенциалов ГСК и МСК, а также их коммитированных потомков в костном мозге мышей. Для этого предполагается в модели *ex vivo* решить следующие задачи: оценить пролиферативный потенциал ГСК и МСК (ГСК – на фидерном слое и в суспензии; МСК – при культивировании на подложке); определить способность МСК к образованию КОЕ-Ф; охарактеризовать дифференцировочный потенциал ГСК по образованию КОЕ в селективной полужидкой среде.

Известно, что получение *ex vivo* клеток костного мозга мышей является сложной экспериментальной задачей, требующей проведения предварительных исследований с целью отработки детального протокола. В программе «Бион М1» предполагается использовать мышей линии C57/Bl. В лабораторных условиях было определено, что после выделения клеток из костного мозга одной бедренной кости, число мононуклеаров составляло от $15 \cdot 10^6$ до $25 \cdot 10^6$, а оптимальная плотность посадки для получения КОЕ-Ф – от $4 \cdot 10^4$ до $36 \cdot 10^4$ клеток на см^2 .

Полученные первичные культуры представляют собой гетерогенную популяцию, так называемые Декстеровские культуры, длительно культивируемые структурно-функциональные единицы костного мозга. При исследовании дифференцировочного потенциала оценивалась способность МСК к дифференцировке в адипо- и остеогенном направлении. Установлено, что остео- и адипогенная дифференцировка может быть успешно проведена на клетках первого пассажа с использованием стандартных индукционных сред.

Остеогенную дифференцировку оценивали через 4–6 дней по наличию щелочной фосфатазы и на 16-й день – по минерализации внеклеточного матрикса. Через 3 нед после адипогенной индукции в единичных клетках были выявлены липидные капли. Для окончательного формирования протокола необходимо отработать метод получения и оценки ГСК-КОЕ в селективной полужидкой среде. и разработать подходы к оценке пролиферативного потенциала ГСК (в Декстеровской культуре и в суспензии).

ЭКСПЕРИМЕНТ «СТАТОКОНИЯ» НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ (МКС)

Г.И. Горгиладзе¹, Р.Д. Букия², Е.В. Короткова³

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Тбилисский государственный университет имени И. Джавахишвили, Тбилиси, Грузия

³Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

Космический эксперимент (КЭ) «Статокония» осуществлен с целью оценки состояния инерциальной массы в органе равновесия в модельных опытах на животных, экспонированных в условиях орбитального полета. (Основание для проведения эксперимента – Программа медико-биологических исследований и экспериментов на Российском сегменте МКС).

В эксперименте были использованы два вида наземных гастропод: легочная улитка *Helix lucorum* и переднежаберная улитка *Pomatias rivulare*. В статоцистах *P. Rivulare* инерциальная масса представлена одним статолитом диаметром до 200 мкм, в статоцистах *H. lucorum* – большим числом статоконий микроскопической величины. Продолжительность КЭ для *H. lucorum* составила 93, 110, 113, 131, 158 сут, для *P. rivulare* – 56 сут.

Работу на полетных объектах начинали спустя 3-4 ч после возвращения на Землю. Состояние повышенной весомости в лабораторных условиях создавали вращением на центрифуге при ускорении 6 g непрерывно в течение 30 сут. С помощью световой, трансмиссионной и сканирующей электронной микроскопии изучали морфологию и ультраструктуру клеточных элементов статоциста, элементный состав, морфологические параметры и ультраструктуру статоконий и статолитов. В день возвращения животных на землю на поверхности статолитов выявлялись многочисленные наросты, по своему внешнему виду напоминающие структуру самих статолитов. Наросты были обнаружены также на поверхности статоконий. Кроме того, число статоконий оказалось заметно возросшим по сравнению с контрольными данными.

Вращение на центрифуге, напротив, сопровождалось деструктивными изменениями статоконий. Поверхность статоконий изобиловала трещинами с локальными изменениями в виде разрыхления и

образования углублений. В ряде случаев была обнажена и хорошо видна внутренняя слоистая структура статоконий.

Большое число статоконий (до 50 %) оказались разрушенными. Спустя месяц после полета и вращений на центрифуге морфологические параметры статолитов и статоконий были близки таковым в норме. Полученные результаты свидетельствуют о том, что гравитационное поле – значимый фактор абиотической среды, ответственный за формирование инерциальной массы в органе равновесия животных.

РАЗРАБОТКА АППАРАТУРЫ И ПОДГОТОВКА К РЕАЛИЗАЦИИ НА БОРТУ МКС ЭКСПЕРИМЕНТА «НЕЙРОН»

***Г.И. Горгиладзе¹, О.В. Долотов², А.А. Бурлаков³, М.А. Колесников⁴, С.Н. Стыров⁴,
В.А. Галкин⁴***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Учреждение Российской академии наук Институт молекулярной генетики, Москва

³Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

⁴Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт суперЭВМ», Москва

Накопленные многочисленные факты свидетельствуют, что наиболее уязвимые, критические периоды формирования центральной нервной системы у животных организмов совпадают с протеканием основных составляющих гистогенеза – пролиферации, миграции и дифференцировки нейрональных стволовых клеток. Вместе с тем известно, что повышенная чувствительность к действию факторов внешней среды на ранних стадиях эмбриогенеза приводит к нарушениям реализации генетических программ развития. Как отразятся на морфофункциональном созревании мозга условия КП, в частности невесомость? В подготавливаемом к реализации на борту МКС эксперименте «Нейрон» исследование этой проблемы предлагается осуществить на клеточных культурах эксплантатов головного мозга эмбрионов крыс и феохромоцитомы взрослых крыс. Ценность подобной экспериментальной модели – в ее способности к самоорганизации и формированию органотипических нейронных синаптических сетей.

Разрабатываемая аппаратура для культивирования в космическом эксперименте недифференцированных эмбриональных клеток головного мозга и клеток феохромоцитомы теплокровных животных состоит из инкубационных термостатируемых контейнеров (до 8 шт.), внешнего блока управления и центрифуги с программируемым алгоритмом работы. Контейнер с двумя уровнями защиты от микробиологического и химического загрязнения окружающей среды станции содержит ячейку для культивирования клеток в течение всего эксперимента при температуре +37 °С, резервуары для хранения культуральной среды, буферного и фиксирующего растворов, резервуар для использованных растворов и дозатор для смены культуральной среды в ячейке с периодичностью каждые 3–4 сут, а также аккумуляторный блок, обеспечивающий электропитание контейнера на этапах доставки/возврата. На борту МКС электропитание всей аппаратуры осуществляется от бортовых розеток. Эксперимент рассчитан на срок до 2 мес и требует участия экипажа в его реализации.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ

Ю.В. Гордеев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Показано, что воздействие на 6 биологически активных точек (БАТ) конечностей животных током определенной силы и частоты, вызывает активацию пучковой и клубочковой зон коры надпочечников [Л.Д. Сандомирская и др., 1993]. Исходя из положения афферентно-эфферентных связей, было предложено, что активация коры надпочечников в условиях напряжения вызовет изменение омического сопротивления и силы тока в этих точках (соответственно). В экспериментах на 6 обезьянах, находящихся в условиях антиортостатической гипокинезии, в течение месяца проводили регистрацию силы тока в данных точках (6-МС, 8-МС, 9-МС, Е-36, Е-42, РР-6 правой и левой стороны тела), а также исследовался период реадaptации (до 30 дней). Для исследования использовали прибор ЭЛИТ РД.

Полученные данные показали, что в критические сроки гипокинезии и реадaptации сила тока в акупунктурных точках (АК) возрастала, а к концу изучаемых периодов значения тока снижались до фоновых величин. Т.е. динамика изменений силы тока во многом повторяла кривую развития стресс-реакции. Изменения показателей периферической крови (нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент) согласуется с данными исследования тока в БАТ. Учитывая то, что отношение нейтрофилов к лимфоцитам есть относительный показатель увеличения кортикостероидов в крови, развитие стресс-реакции у приматов идет по классической схеме и картина динамики тока в БАТ отражает этот процесс.

Таким образом, по всей видимости, возможно использование данных омического сопротивления и силы тока в АК для оценки напряженности стрессорной реакции организма и активности коры надпочечников при экстремальных воздействиях.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСУЛИНОВОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ

Ю.В. Гордеев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Одним из показателей напряжения основных физиологических систем организма является уровень кортикостероидов (КС) в крови. Обладая уникальными свойствами, КС в организме создают условия формирования «... энергетической и структурной базы стресса...» [Ф.З. Меерсон, 1978], направленные на сохранение особи в новых условиях внешней среды.

Инсулин, будучи, пожалуй, единственным антагонистом целого ряда гормонов глюкокортикоидной направленности, находится с ними в сложных регуляторных взаимоотношениях, поэтому взаимовлияние их на производимые ими эффекты в организме при стрессе не однозначны. В экспериментах на крысах, находившихся в условиях 30-суточной гипокинезии (ГК), использовали инсулиновую нагрузку (0,1 ЕД/кг, в/м). При этом на 1, 7, 14, 21-, 30-е сутки гипокинезии и те же сроки периода реадaptации определяли в крови уровень суммарных и свободных 11-оксикортикостероидов (11-ОКС). Если у животных контрольной группы (крысы на свободном двигательном режиме) ответ на инсулин имел положительную направленность (уровень 11-ОКС возрастал) на все сроки обследований, то у крыс, находившихся в условиях ГК и период реадaptации, ответная реакция на пробу была не однозначна (1, 7, 14-е сутки происходило снижение уровня 11-ОКС как свободной, так и суммарной фракций гормона, но в разной степени). В конце изучаемых периодов реакция коры надпочечников и соответственно уровень 11-ОКС в крови не отличались от контрольных крыс. Данные общей резистентности (высотный потолок) и нейтрофильно-лимфоцитарный коэффициент согласуются с реакцией 11-ОКС на инсулиновую пробу.

Таким образом, инсулиновую нагрузку, по всей видимости, можно использовать при различных экстремальных состояниях для определения степени напряжения основных физиологических систем и активности коры надпочечников.

ТОКСИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

А.С. Гузенберг, А.А. Телегин, А.В. Юргин, А.Г. Павлова

Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П.Королева», Королёв, Московская область

В работе рассмотрены средства обеспечения токсической безопасности МКС при штатной эксплуатации РС МКС, особенности очистки атмосферы станции при аварийных условиях (токсичный выброс, пожар). Рассмотрена динамика загрязненности воздушной среды МКС, станции «Мир» и пожар 1997 г. Сформулирована проблема маркировки научного оборудования, используемого на МКС, а так же подробно рассмотрено большое количество факторов комплексной оценки и анализа ситуаций при выбросе токсичных веществ, среди них:

- а) номинальная ситуация, критическая и катастрофическая ситуации на борту станции;
- б) зоны опасности для токсикологической оценки выброса конкретного токсичного вещества, которым присваиваются обозначения: «красная зона», «желтая зона», «зеленая зона» и «штатная зона»;
- в) раздражающий эффект и воздействие на функциональные системы организма;
- г) границы зон и токсикологические характеристики опасности;
- д) возможность локализации выброса токсичных веществ;

- е) возможность удаления токсичных веществ из атмосферы станции с помощью средств очистки СЖО;
 - ж) использование индивидуальных средств защиты и резервное время;
 - з) минимально необходимое количество барьеров герметичности для оценки безопасности оборудования, содержащего токсичные вещества;
 - и) маркировка доставляемого на станцию оборудования, содержащего токсичные вещества.
- Результаты данной комплексной оценки могут быть применены в правилах полета для обеспечения безопасности экипажа в случае токсичных выбросов.

ПРОБЛЕМА СТАНДАРТИЗАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ «ИНТЕГРАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА С СИСТЕМАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЁТЕ»

А.С. Гузенберг, А.В. Юргин, А.А. Телегин

Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

В работе рассмотрены вопросы стандартизации международных стандартов «Интеграция человека с системами и оборудованием обеспечения жизнедеятельности в КП» на основе российских ГОСТов». Основная идея стандарта – создать требования к системам и оборудованию обеспечения жизнедеятельности человека в КП. Указанный стандарт предлагается разработать для полетов длительностью до одного года и до трех лет. Стандарт привязан именно к видам деятельности человека. При этом вместо американского одноуровневого стандарта была предложена концепция трехуровневого стандарта.

Предложенный стандарт первого уровня состоит из стандартов 2-го уровня по каждой большой проблеме (требования к среде обитания космонавтов, требования к жизнедеятельности космонавта в скафандре, требования к жизнедеятельности экипажа космического аппарата при авариях). В них входят небольшие функциональные стандарты 3-го уровня (например, требования к среде обитания включают в свой состав требования к составу атмосферы по основным газам, требования к составу атмосферы по основным химическим примесям, требования к водообеспечению и т.д.), которые можно легко согласовать в рабочей группе и подкомитете по международной стандартизации.

В настоящее время общее количество стандартов второго и третьего уровня – около 40. По заявкам России (РКК «Энергия») приняты в разработку два стандарта второго и третьего уровня (соответственно требования к среде обитания экипажа космического аппарата и требования по обеспечению качества атмосферы в части химических примесей).

По итогам совещания рабочей группы Международной организации по стандартизации в мае 2011 года согласованы и одобрены заявка и проект стандарта первого уровня (головного стандарта) «Космические системы. Интеграция человек – системы и оборудование обеспечения жизнедеятельности в КП» (разработчик: Россия/РКК «Энергия»). Дальнейшая перспектива для РКК «Энергия» – разработка всех стандартов второго и третьего уровня.

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

А.Г. Гузий, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Москва
Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, Москва

Концептуальная схема стабилизации функционального состояния (ФС) оператора эргатической системы предусматривает наличие четырех контуров управления с выработкой соответствующих управляющих воздействий: контур стабилизации заданных параметров условий жизнедеятельности оператора по жесткой программе; контур коррекции условий жизнедеятельности оператора при отклонении психофизиологических показателей от фоновых (нормальных) значений и при неадекватной реакции оператора на воздействие неблагоприятных факторов; контур формирования управляющих и упреждающих воздействий, направленных на нормализацию ФС оператора при неблагоприятных ФС или при определении степени их развития; контур формирования упреждающих (стимулирующих) воздействий

при прогнозировании развития неблагоприятных ФС по прогнозируемому ухудшению условий жизнедеятельности и по изменению (тенденции к изменению) психофизиологических показателей в экстремальных условиях профессиональной деятельности.

Необходимость многоконтурного управления функциональным состоянием оператора обусловливается инерционностью технических средств, запаздыванием реакции организма на воздействие неблагоприятных факторов, невозможностью полного учета комплексного влияния неблагоприятных факторов на ФС оператора, а также индивидуальными особенностями адаптивных реакций человека.

Таким образом, управление ФС оператора реализуется с разработкой и внедрением индивидуальных систем обеспечения жизнедеятельности адаптивного типа, цель функционирования которых должна состоять в формировании законов их изменения в зависимости от наличия и степени воздействия как внешних, так внутренних неблагоприятных факторов, индивидуальных особенностей оператора и динамики его текущего ФС. При этом объектом управления становится не среда, а оператор.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

А.Г. Гузий, Ю.А. Кукушкин, А.В. Богомолов

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Москва

Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины
Министерства обороны Российской Федерации, Москва

Реализация функционально-адаптивного управления биотехническими системами жизнеобеспечения позволяет полнее использовать психофизиологические резервные возможности экипажей с учетом индивидуальной устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов условий профессиональной деятельности, повысить уровень их мотивации и направленности на работу, а также эффективность и безопасность профессиональной деятельности оператора даже в случае внезапной временной потери им работоспособности. Функционально-адаптивные системы реализуют два базовых типа управления – по отклонению и по возмущению – с применением аддитивных и мультипликативных моделей [Кукушкин Ю.А. и др., 2005].

Алгоритм работы функционально-адаптивной системы управления должен обеспечивать: определение существенного нарушения или внезапной потери профессиональной работоспособности оператором вследствие действия (и в период последействия) неблагоприятных факторов; сопряжение и согласование со штатными системами ручного и автоматического управления, индикации (сигнализации), жизнеобеспечения и спасания без существенного изменения конструктивных и эксплуатационных характеристик технических средств и способов их применения (эксплуатации); возможность использования индивидуальных психофизиологических резервных возможностей операторов в полном объеме при одновременном обеспечении безопасности эксплуатации в случае существенного нарушения или внезапной потери работоспособности оператором [Гузий А.Г. и др., 2002, 2005].

ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАК СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ИНТЕРЕСАХ КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

Н.С. Девяткова, Е.П. Лобкаева, Т.И. Хаймович, В.И. Нагиба, Л.С. Комиссарова

Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

Проблема защиты организма человека в условиях КП требует решения специальных задач по обеспечению радиационной безопасности экипажей летательных аппаратов. В качестве способа радиозащиты может быть предложено использование низкоинтенсивного низкочастотного магнитного поля (ННМП) с максимальным значением магнитной индукцией до 3,5 мТл, выбор параметров которого базируется на соизмеримости с основными ритмологическими характеристиками организма животных или человека.

В экспериментально-теоретических исследованиях показано, что применение ННМП безопасно, не приводит к значительным изменениям в состоянии организма необлученных животных, а наблюдаемые отклонения являются следствием защитно-компенсаторных реакций в пределах нормы. Радиопро-

текторный и радиомодифицирующий эффект ННМП продемонстрирован на лабораторных животных разных видов (крысы и мыши). Получены убедительные результаты по эффективности применения ННМП при облучении животных гамма-излучением ^{60}Co и тормозным излучением в разных диапазонах доз (от 2 до 13 Гр), вызывающих костномозговую, смешанную и кишечную формы лучевого поражения. Причем, результат защитной модификации проявляется на организменном, системном, клеточном и субклеточном уровнях организма. Механизм противолучевого действия ННМП, применяемого до облучения, основан на формировании общего адаптационного синдрома – реакции активации. Действие ННМП после облучения – результат прямого проникающего влияния на структурно-метаболические характеристики клеток и тканей. Применение ННМП как до, так и после облучения позволяет использовать оба эти механизма, повышая эффективность радиопротекции и способствуя ускоренному восстановлению организма в пострadiaционном периоде.

Эти результаты являются основанием для применения ННМП со специально подобранными параметрами в качестве радиопротекторного средства для защиты организма человека в условиях КП.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ТОНУСА ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

А.В. Дёмин¹, А.И. Иванов², А.В. Суворов¹

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Санкт-Петербургский филиал Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», Санкт-Петербург

Для количественной оценки регуляторных функций вегетативной нервной системы (ВНС) человека нами было развито применение вегетативного индекса Кердо. Благодаря использованию известного в современной физике подходу нами предложена шкала абсолютных значений тонуса ВНС. Применение такой шкалы позволяет вычислить количественные оценки значений функций управления ВНС человека в состоянии сна, бодрствования и при работе в скафандре.

Применением результатов теории функций комплексного переменного найдены отдельные внутренние механизмы возникновения колебаний процессов, описывающих изменения значений индекса ВНС. Применением амплитудно-частотных преобразований в комплексной плоскости найдены стохастические функции описания колебательных процессов в ВНС [Демин А.В. с соавт., 2011].

Применением результатов теорем Н.В.Смирнова (1939) к стохастическим временным рядам вегетативного индекса доказано существование строгой стационарности процесса изменений значений на отдельных равновременных участках. С другой стороны доказана слабая стационарность в широком смысле процессов на участках, не пересекающихся с участками строгой стационарности. Установлено, что временные интервалы строгой стационарности равны длине интервалов отдельных синодических промежутков.

Полученные нами результаты исследований испытателей в условиях длительной изоляции в ходе эксперимента «Марс-520» как в покое, так и при физической нагрузке согласуются с результатами из теории систем синтеза оптимальных управлений [Иванов А.И., 2011].

МЕТОДЫ ПРОЛОНГИРОВАННОЙ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ БИОПОВРЕЖДЕНИЙ

Е.А. Дешева¹, Н.Д. Новикова¹, Н.А. Поликарпов¹, В.А. Тверской², М.А. Дьякова²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Московская государственная академия тонкой химической технологии имени М.В. Ломоносова, Москва

При длительной эксплуатации пилотируемых орбитальных космических станций на декоративно-отделочных и конструкционных материалах отмечались зоны видимого роста плесневых грибов на поверхностях полимерных материалов и металлов, приводящего к их биодеструкции.

Для пролонгированной защиты декоративно-отделочных и конструкционных материалов от контаминации и развития микроорганизмов необходимо использовать материалы и изделия, на поверхности которых эффективно купируются процессы развития микроорганизмов.

В результате многолетней работы нами были разработаны основные принципы пролонгированной защиты конструкционных материалов.

Выбор метода защиты конструкционного материала космических объектов зависит от многих факторов, из которых определяющими являются его химическая структура и вид материала.

Для ряда тканей эффективная защита от биоповреждений достигнута в результате радиационно-химической модификации, приводящей к образованию в поверхностных слоях этих материалов соединений, обладающих биоцидными свойствами.

Для полимерных материалов с гладкой поверхностью приемлемой защитой от воздействия микроорганизмов является формирование на этих материалах антимикробных пленочных покрытий на основе полимеров, содержащих композиции с биоцидными свойствами, обеспечивающие сохранение эксплуатационных свойств покрытия. Показана эффективность выбранных биоцидов и композиций для формирования пленочных покрытий для предотвращения процессов развития микроорганизмов на поверхности этих материалов. В результате проведенной работы определены составы пленочных покрытий, защищающие поверхности полимеров и металлов от контаминации и развития микроорганизмов.

ОЦЕНКА МЕТАБОЛИЗМА ГОМЕОСТАЗА ОБЕЗЬЯН В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

М.А. Доценко, И.А. Аюшеева, А.М. Носовский, Ю.В. Гордеев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Исследования биологического эффекта ионизирующих излучений, как известно, были начаты сразу после открытия рентгеновского излучения и радиоактивности. Были изучены избирательность ионизирующего излучения, чувствительность клеток организма к излучению. Целью этого эксперимента явилась оценка результатов биохимических исследований крови обезьян при формировании адаптационного ответа организма в условиях действия двух режимов фракционированного гамма-облучения, приводящих на момент окончания облучения к одинаковой эффективной остаточной дозе в 100 сГр.

Объект исследования — обезьяны *Macaca mulatta*. Исследования на животных проведены с соблюдением норм и правил биомедицинской этики. Проанализированы биохимические показатели, взятые в предэкспериментальный период, на 24, 36, 50-, 64-е сутки после первого воздействия, на 22, 36, 65, 78-, 212-е сутки после второго воздействия ионизирующего излучения. В обеих группах не выходили за пределы допустимых величин такие биохимические показатели как АСТ, глюкоза, триглицериды. Содержание других показателей у некоторых животных менялось волнообразно, незначительно превышая допустимые значения: в группе «гамма-66» общий билирубин на 37-е сутки после I облучения составил $20,08 \pm 2,60$ мкмоль/л; АЛТ на 65-е сутки II $68,75 \pm 5,24$ Ед/л, на 212-е сутки II $52,50 \pm 18,50$ Ед/л; общий белок на 78-е сутки II $96,55 \pm 7,88$ г/л; альбумин на 78-е сутки II $57,30 \pm 7,70$ г/л; холестерин на 78-е сутки II $5,71 \pm 0,38$ ммоль/л; в группе «гамма 25» общий билирубин на 37-е сутки I $20,03 \pm 1,69$ мкмоль/л; мочевины на 37-е сутки I $9,73 \pm 1,45$ ммоль/л, на 51-е сутки I $9,93 \pm 2,00$ ммоль/л, на 22-е сутки II $8,83 \pm 1,34$ ммоль/л, на 36-е сутки II $8,33 \pm 1,68$ ммоль/л.

Таким образом, все выявленные изменения биохимических показателей у исследованных животных, возможно, являются индивидуальной реакцией в ответ на воздействие ионизирующего излучения как компонент приспособительной реакции организма; выбранные режимы действия ионизирующего излучения, имитирующих хроническое воздействие космической радиации, не вызывают существенных различий биохимических показателей у обезьян в данных экспериментальных группах.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИЗМЕНЕНИЯ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ В ГЕРМООБЪЁМЕ

В.И. Доценко^{1,2}, М.А. Скедина³, А.А. Ковалёва³, Г.Ю. Клишин⁴, М.Г. Потапов^{3,4}, К.В. Стелинговский⁴

¹Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

²Общество с ограниченной ответственностью «Научно-медицинская фирма Статокин», Москва

³Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

⁴Общество с ограниченной ответственностью «Центр авиакосмической медицины», Москва

Длительная изоляция человека в замкнутом пространстве, его отрыв от привычной жизнедеятельности а priori предполагает развитие у испытуемых связанного с изоляцией стрессорного процесса. В

ходе эксперимента со 105-суточной изоляцией (эксперимент «Марс-105») для наиболее объективной оценки психофункционального состояния человека в условиях стадийного развития стресса у 3 испытуемых-добровольцев проводилась совместная регистрация классической биоэлектрической активности головного мозга в рамках традиционных алгоритмов ЭЭГ-анализа и показателей сверхмедленной мозговой активности (омега-потенциала). Использовался отечественный АПК «Омега-Нейроанализатор» (разработка НМФ «Статокин») с семиканальной регистрацией ЭЭГ и омега-потенциала в классических монополярных отведениях Fp1, Fp2, T3, T4, O1, O2, Cz (центральная, правая и левая лобная, височная и затылочная области). Регистрацию данных проводили в фоновый период (до помещения в гермообъем), на 52-е сутки изоляции и на 10-е сутки периода восстановления.

При далеко не полном моделировании факторов полета выявлено значимое падение омега-потенциала на 52-е сутки изоляции ($p < 0,01$) у всех трех испытуемых, что может говорить о некотором истощении энергетического базиса в обеспечении стационарных нейрофизиологических процессов. Отмечалась межполушарная асимметрия в падении потенциала. По завершении изоляции наблюдались процессы восстановления, причем в правом полушарии восстановление происходило быстрее. По классическим параметрам ЭЭГ однонаправленных тенденций определить не удалось.

Полученные данные подтверждают развитие нейродинамических изменений, характерных для течения стресса, и диктуют необходимость ввести в схему профилактических и реабилитационных мероприятий на орбите и в модельных условиях с длительной изоляцией средства коррекции психофизиологического состояния оператора, например, разработанную нами аудиовизуальную стимуляцию.

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ОБЕЗЬЯН ВИДА *MACACA MULATTA* НА ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНДОГЕННОГО ОКСИДА УГЛЕРОДА (СО) С ВЫДЫХАЕМЫМ ВОЗДУХОМ

***А.И. Дьяченко^{1,2}, Ю.А. Шулагин¹, Е.В. Степанов², А.Г. Зизина¹,
В.П. Кротов¹, В.М. Петров¹, Т.Е. Бурковская¹, Ю.В. Гордеев¹***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Учреждение Российской академии наук Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва

В организме эндогенный оксид углерода СО образуется в результате катаболизма гем-содержащих соединений. Известно, что выделение СО у крыс увеличивается после острого радиационного воздействия [Л.А.Тиунов, В.В.Кустов, 1980].

Целью настоящей работы являлось развитие метода неинвазивного мониторинга реакции организма на радиационные воздействия на основе лазерного спектрального анализа количества выделяемого СО и апробация этого метода на приматах.

Методика. Контрольная и опытная группы включали по 2 обезьяны макаков-резус. На опытную группу оказано 6-часовое радиационное воздействие потоком гамма-лучей мощностью 1,2 Гр. В обеих группах измеряли обмен СО, О₂, СО₂ а также определяли число лейкоцитов, ретикулоцитов, гематокрит, концентрацию гемоглобина и лейкоцитарную формулу. Для газоанализа животное помещали в камеру объемом 50 л с контролируемой вентиляцией.

Результаты. На 3-й день после облучения выделение СО в опытной группе было примерно в 1,6 раза больше, чем в контрольной группе. На 28-й день выделение СО в опытной группе было на 16 % меньше, чем в контрольной группе в этот же день. Потребление кислорода и выделение углекислого газа не изменялось. Исследование крови показало, что радиационное воздействие вызвало четкие стабильные цитопенические изменения функционирующего пула как белой, так и красной крови, развивавшиеся в течение месяца с последующим восстановлением к 180-м суткам реадaptационного периода.

Вывод. Обнаружена определенная динамика выделения СО и состава крови у приматов после радиационного воздействия.

Работа поддержана грантом программы Президиума РАН «Фундаментальные науки — медицине».

ДЕЙСТВИЕ МАЛЫХ ДОЗ ИЗЛУЧЕНИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ РАДИАЦИОННОЕ ПОЛЕ В УСЛОВИЯХ АВИАЦИОННЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ, НА МЫШЕЙ *IN VIVO***А.Р. Дюкина^{1,2}, С.И. Заичкина¹, С.С. Сорокина¹, О.М. Розанова¹, Е.Н. Смирнова¹, С.П. Романченко¹, О.А. Вахрушева¹, В.Н. Пелешко³**¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область²Пушкинский Государственный Университет, Пущино, Московская область³Государственный научный центр РФ – Институт физики высоких энергий, Протвино

Целью данного исследования является изучение действия малых доз излучений, моделирующих компонентный и спектральный состав радиационных полей, формирующихся в условиях авиационных и КП, в клетках костного мозга мышей *in vivo* с помощью микроядерного теста: дозовой зависимости, адаптивного ответа и генетической нестабильности в F1 поколении. Хроническое облучение мышей линии SHK проводили в поле излучения за верхней бетонной защитой Серпуховского ускорителя протонов с энергией 70 ГэВ (У-70 ИФВЭ), которое моделирует компонентный и спектральный состав высокоэнергетического радиационного поля авиационных полетов, формируемого в атмосфере на высоте 10 км. Для моделирования космического излучения использовали вторичное излучение от протонов с энергией 70 ГэВ и поток пи-мезонов. В результате проведенных экспериментов было показано, что облучение мышей в дозах $0,1-31 \times 10^{-2}$ Гр ($0,01$ Гр/сут) хронического излучения приводит к росту цитогенетического повреждения и не индуцирует радиационный адаптивный ответ в отличие от аналогичных доз хронического гамма-излучения при той же мощности. У потомков F1, полученных от облученных самцов, генетическая нестабильность проявлялась в повышении радиочувствительности и отсутствии адаптивного ответа. Малые дозы пи-мезонов и вторичного излучения от протонов с энергией 70 ГэВ также были не способны индуцировать радиационный адаптивный ответ. Полученные данные могут быть использованы для оценки радиационных рисков при долговременных авиационных и пилотируемых космических полетах, а также для разработки теоретических основ адаптационной медицины.

ИНТЕСТИНАЛЬНЫЙ ЗАЩИТНЫЙ БАРЬЕР ТОЩЕЙ КИШКИ КРЫС В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ И ИХ МОДИФИКАЦИИ**М.С. Евтеева, Д.А. Атякшин, Э.Г. Быков**

Воронежская государственная медицинская академия имени Н.Н. Бурденко, Воронеж

В свете современных представлений об организации барьерной функции эпителиальных структур гастроинтестинальный барьер (ГИБ) рассматривается как реализация функций бокаловидных клеток (БК), секретирующих соединения, содержащие кислые, нейтральные гликопротеины и трефоиловые пептиды. Они формируют барьер I типа, компоненты которого обеспечивают антивирусную защиту и формируют вязко-эластический слой слизистой кишки. Методами светооптической микроскопии исследованы показатели ГИБ на белых беспородных половозрелых крысах-самцах следующих групп: биологического контроля, 14-суточного антиортостатического вывешивания, 3-суточного восстановительного периода после вывешивания, а также в группе животных, восстановительный период которых проходил в условиях воздействия низкочастотного импульсного магнитного поля (НИМП) с общей экспозицией 30 мин и величиной магнитной индукции от 1,40 до 2,12 мТл. Эксперимент проводился в ГНЦ РФ — ИМБП РАН. Идентифицировали альциановофильный и ШИК-позитивный материал содержимого БК после формалиновой фиксации, их относительное содержание и распределение секрета на поверхности щеточной каймы. Содержание БК в эпителиальном пласте группы биологического контроля крыс, находившихся преимущественно в стадии синтеза и накопления секрета, составило $9,8 \pm 0,4$ %. Двухнедельное вывешивание приводило к увеличению их популяции до $19,9 \pm 0,5$ %, что сопровождалось интенсификацией выведения секрета на поверхность щеточной каймы. Через 3 сут после вывешивания число БК снижалось, не достигая показателей биологического контроля. В условиях воздействия НИМП на фоне признаков десквамации каемчатого эпителия в просвет тонкой кишки относительное содержание БК было идентично результатам, полученным после вывешивания. Можно считать, что в условиях 14-суточного моделирования факторов КП динамика числа и функциональной активности БК является свидетельством поддержания функции интестинального барьера. Воздействие НИМП в этих условиях не оказывало ожидаемой реализации восстановительных процессов в слизистой оболочке тощей кишки.

ПСИХОЛОГО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ УЧАСТНИКОВ 105-СУТОЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА (МЕТОДИКА «ГОМЕОСТАТ»)

К.Н. Еськов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

В настоящее время пилотируемый полет на околоземной орбите становится повседневной реальностью. В обозримом будущем ожидается полет межпланетной экспедиции к Марсу. В условиях длительного КП отсутствие взаимопонимания в экипаже, несогласованность совместных действий ведет к росту антропогенных ошибок.

При подготовке к эксперименту «Марс-500» на базе научно-экспериментального комплекса ГНЦ РФ – ИМБП РАН проведен 105-суточный эксперимент с участием 6 испытуемых, выполнявших специальную программу по изучению проблем жизнедеятельности экипажа в условиях продолжительной камерной изоляции. В соответствии с программой научных исследований выполнено психолого-диагностическое обследование участников эксперимента. Цель исследования, выполненного с использованием компьютеризированного варианта методики «Гомеостат», оценка эффективности межличностного инструментального взаимодействия и особенностей ролевого распределения в обследуемой группе.

Всего участникам 105-суточного эксперимента было предъявлено 32 инструментальные гомеостатические задачи зачетной степени сложности. Значимая динамика эффективности группового взаимодействия (до начала и после окончания 105-суточной изоляции) отсутствовала, существенных изменений в тактике поведения отдельных операторов выявлено не было. Результат постизоляционного обследования, в основном, подтвердил наличие отдельных индивидуальных особенностей, выявленных при первичном (перед началом эксперимента) обследовании.

Анализ полученных данных позволил оценить способность к межличностному инструментальному взаимодействию участников 105-суточной камерной изоляции. Дана оценка уровню эффективности инструментального взаимодействия в обследуемой группе. Результаты исследования использованы при комплектовании основного экипажа в эксперименте «Марс-500».

Исследование поддержано грантом РФФИ (проект № 10-06-00566а).

ПРОЦЕССЫ ПЕРОКСИДАЦИИ И СИГНАЛЬНАЯ РОЛЬ АФК В РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ СТРЕССЕ

С.И. Жадько

Институт ботаники имени М.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Активные формы кислорода (АФК) имеют двойную функцию, сигнальную и окислительно-деструктивную (ОД). Ранее нами было установлено, что при гравитационном стрессе: клиностатировании и микрогравитации в условиях КП (биоспутник «Космос 1887», «Бион 9», орбитальных станциях «Мир» и «Салют»), происходит снижение пероксидации (ПО), затем ее стабилизация на пониженном уровне, после чего наступает значительное увеличение с превышением контролей и с тенденцией к развитию ОД. Однако механизм ранних изменений ПО и сигнальная роль АФК при гравитационном и сопутствующем ему окислительному стрессу у растений является мало изученным.

В модельных экспериментах исследовали корни 3–5-суточных проростков гороха и 12–14-дневную каллусную культуру ткани *Arabidopsis thaliana* при действии гипергравитации 10 и 15 g (центрифугирование) и окислительного стресса (30 мМ H₂O₂). Через 15–90 мин определяли интенсивность спонтанной хемилюминесценции (СХЛ)/АФК, содержание H₂O₂, активность аскорбат пероксидазы (АП), каталазы (Кат), пероксиредоксина (ПР) и тиоредоксина (ТР). Повторность экспериментов 3–4-кратная. Полученные данные обрабатывали статистически.

При действии гипергравитации и окислительного стресса в корнях гороха и у культуры ткани в первые минуты происходило увеличение интенсивности СХЛ и содержания H₂O₂ в среднем на 15–24 % с последующим медленным снижением к 90-й мин. Достоверное увеличение активности АП, Кат, ПР и ТР на 14–17 % происходило только через 60–90 мин.

Таким образом, при гравитационном и сопутствующем ему окислительному стрессу в корнях проростков гороха и в клетках культуры ткани *A. thaliana* происходит раннее увеличение содержания АФК с последующим АФК-индуцируемым увеличением активности АП, Кат, ПР и ТР, функция которых в ос-

новном направлена на увеличение общей антиоксидантной активности клеток для снижения стрессорного увеличения ПО.

МИКРО- И НАНОПРИСТЫЕ ФОСФАТЫ КАК ОСНОВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДЕКОНТАМИНАЦИИ АТМОСФЕРЫ НА ПИЛОТИРУЕМЫХ КОМПЛЕКСАХ

Ж.Ш. Жантаев¹, В.А. Синяев²

¹АО «Национальный центр космических исследований и технологий» РК, Алматы, Казахстан

²Научный центр противоиных препаратов, Министерство индустрии и новых технологий РК, Алматы, Казахстан

Многие из фосфорнокислых солей обладают пористой микроструктурой, которая может изменяться в широком диапазоне в зависимости от природы веществ и условий их получения. В частности, пористость у фосфатов может достигать 60–80 % при размерах пор от нескольких микронов до нескольких нанометров.

Природа и элементный состав обуславливают гидрофильность материалов на основе фосфорнокислых солей и их сродство к молекулам, которые, благодаря этому, способны адсорбироваться на фосфатной поверхности. Адсорбционными свойствами обладает пористая фосфатная керамика, а также иные разновидности фосфатных материалов. Для некоторых из фосфатов отмечалось поглощение из воздуха даже простых газов: диоксида углерода, кислорода и др. Адсорбционными свойствами фосфатов можно управлять, изменяя их микроструктуру, химический состав и условия получения. Дополнительным инструментом контроля адсорбционных свойств у пористых фосфатов может служить иммобилизация их веществами с собственной адсорбционной активностью, например, активированным углем.

Высокая биосовместимость фосфатов открывает большие перспективы в плане связывания на их поверхности разнообразных микроорганизмов, а возможность введения в структуру фосфатов специальных добавок позволяет регулировать биоактивность веществ. Например, некоторые из модификаторов придают фосфатам сильные противомикробные свойства. При этом киллерами микроорганизмов способны служить как неорганические, так и органические компоненты, что позволяет регулировать эффективность фосфатных фильтров в широких пределах.

Таким образом, высокопористые фосфаты могут рассматриваться как минеральная основа новых универсальных фильтров для удаления из воздуха химических и микробиологических загрязнителей на пилотируемых комплексах.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОСМОНАВТОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕВЕСОМОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЕДПОЛЕТНЫХ И ПОЛЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.Ф. Жерनावков, В.И. Почуев, Г.А. Фомина, А.Р. Котовская

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский Центр подготовки космонавтов имени Ю.А.Гагарина», Звездный городок, Московская область

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Изучались изменения ортостатической устойчивости космонавтов под влиянием факторов КП различной продолжительности.

Физиологические тесты: активная и пассивная ортостатические пробы, ОДНТ.

Методы: окклюзионная плетизмография, доплерография, ультразвуковая эхография, осциллография, реоэнцефалография.

Установлено следующее:

- у всех (100 %) космонавтов после завершения КП отмечалось снижение ортостатической устойчивости;
- после длительных полетов снижение ортостатической устойчивости у космонавтов было более выраженным и более стойким, чем после кратковременных;
- основным механизмом снижения ортостатической устойчивости под влиянием невесомости являются ухудшение вазоконстрикторных реакций артерий, увеличение растяжимости, емкости и комплианса вен нижних конечностей и как следствие увеличение дефицита мозгового кровотока;

– определяется тесная зависимость послеполетного состояния ортостатической устойчивости космонавтов от ее исходного предполетного состояния и переносимости ими ОДНТ в полете, что представляет возможности для ее прогнозирования.

ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ СТРЕССОРНОЙ СИМПАТИЧЕСКОЙ ГИПЕРАКТИВАЦИИ У ЧЕЛОВЕКА ЦИТОБИОХИМИЧЕСКИМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ АКТИВНОСТИ СУКЦИНАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ЛИМФОЦИТАХ НА МАЗКЕ КРОВИ

М.В. Захарченко, Н.В. Хундерякова, А.В. Захарченко, М.Н. Кондрашова

Учреждение Российской академии наук Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пушкино, Московская область

Понимание определяющей роли функций митохондрий (МХ) в формировании уровней здоровья, появления факторов риска и развития патологий вошло в современную фундаментальную медицину. Поэтому в последние несколько лет возрос интерес к определению состояния МХ у человека. Однако существующие биохимические методы изучения выделенных митохондрий сильно меняют их, что не позволяет наблюдать реальные изменения в организме.

В результате длительных исследований нами разработан метод, сохраняющий в лимфоцитах на мазке крови состояние МХ в организме. Он чувствительно выявляет изменения на начальном адренергическом этапе влияния патогенных стрессорных воздействий, еще не проявляющихся клиническими симптомами [Kondrashova et al., 2009]. Для экспресс-анализов можно ограничиться определением основного, наиболее мощного фермента энергообеспечения сукцинатдегидрогеназы (СДГ). Одновременно активность СДГ участвует в связи симпатической регуляции с процессами в митохондриях через янтарную кислоту и адреналин.

Нами выявлены четкие стадии начальных дисфункций СДГ, проявляющиеся активацией и гиперактивацией. Они соответствуют начальным этапам симпатической гиперактивации, лежащей в основе широкого круга нарушений, связанных со стрессорными воздействиями. Метод представляет возможности не только для обследования на Земле, но может быть адаптирован к передаче материалов из Космоса с дообработкой в стационарной лаборатории.

Работа поддержана ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (контракт №16.512.11.2117).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОТРОПИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПОБЕГОВ МХА *PHYSCOMITRELLA PATENS* (HEDW.) B.S.G. В РАМКАХ ЭКСПЕРИМЕНТА «ГРАВИСЕНСОР» НА БИОСПУТНИКЕ «БИОН-М»

Н.В. Зяблова¹, Ю.А. Беркович¹, В.Б. Никитин¹, А.Ю. Скрипников²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

В космических экспериментах было показано, что в условиях микрогравитации побеги растений ориентируются вдоль градиентов светового потока. Для изучения фототропических реакций растений в условиях измененной гравитации при освещении их светодиодами, излучающими в различных областях диапазона фотосинтетически активной радиации на биоспутнике «Бион-М» № 1 запланирован эксперимент «Грависенсор».

В качестве модельного объекта был выбран мох *Physcomitrella patens* (Hedw.) B.S.G. — компактное, теневыносливое и медленнорастущее высшее растение, обладающее грави- и фоточувствительностью, в том числе в условиях микрогравитации. В работе описаны результаты наземных фоновых исследований фототропизма мха. Фрагменты протонемы высаживали в герметичные культуральные флаконы объемом 25 мл на агаризованную питательную среду. 5 флаконов с биообъектами закрепляли в типовом контейнере Биоконт-Б2 на 5 ярусах, на каждом из которых располагали по светодиоду и видеокамере.

Проводили дискретную видеосъемку побегов при их непрерывном боковом освещении от светодиодов, излучающих фотоны в следующих диапазонах ФАР: 1) (450 ± 10) нм (синий свет); 2) (650 ± 10) нм (красный свет); 3) (735 ± 10) нм (дальний красный свет); 4) белый свет с цветовой температурой 5500 °К; 5) (835 ± 10) нм (ближний инфракрасный). В последнем варианте освещение включалось только в периоды видеосъемки. Проводили 2 наземных эксперимента длительностью 30 сут: в Биоконте-Б2, неподвижно закрепленном в вертикальном положении. Описанный эксперимент позволил про-

вести сравнительный анализ параметров реакций фототропического изгиба побегов мха в ответ на воздействие световых стимулов в разных областях спектра фотосинтетически активной радиации при моделировании микрогравитации на клиноставе и при наземной гравитации.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ РАДИОРЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА КОСМОНАВТА

А.А. Иванов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В основу подхода к проблеме повышения радиорезистентности организма космонавта, по нашему мнению, должны быть положены современные представления об этиологии, патогенезе, саногенезе, формировании ближайших и отдаленных последствий радиационного воздействия в ходе орбитальных и межпланетных КП.

Этиология радиационного воздействия достаточно хорошо изучена и представлена в космическом пространстве ускоренными ионами химических элементов (от водорода до урана) в комбинации и сочетании с такими факторами КП, модифицирующими радиационное воздействие, как стресс, а также микрогравитация, гипомагнитная среда, техногенные и антропогенные составляющие, обуславливающие на космическом корабле специфическую среду обитания.

Существенное отличие радиационных эффектов вызываемых ускоренными тяжелыми ионами в сравнении с таковыми редкоизионизирующего гамма-излучения обуславливает своеобразие патогенеза их развития.

Указанное обстоятельство подкреплено данными, полученными на бактериях и клетках млекопитающих, о неспособности классических радиопротекторов и гипоксии обеспечить их защиту при облучении тяжелыми ионами. Дополнительные особенности патогенеза радиационных медицинских эффектов будут, очевидно, обусловлены особенностями пространственного распределения треков тяжелых заряженных частиц в организме человека.

Для формирования концептуального подхода к проблеме повышения радиорезистентности организма космонавта, помимо экспериментальных данных, должны быть привлечены сведения углубленного медицинского обследования космонавтов, в том числе закончивших профессиональную деятельность, с целью установления причинно-следственных связей выявленной патологии ряда систем с воздействием радиации, в частности, зрительного анализатора, функции центральной нервной системы, онкозаболеваний и др.

КОНТРОЛЬ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СТАТУСА КОСМОНАВТОВ В ДЛИТЕЛЬНОМ КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ: НАСТОЯЩЕЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.К. Ильин, З.О. Соловьёва, М.А. Скедина, А.В. Гегенава, Л.Г. Папп

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Известно, что в условиях длительных КП происходит периодическое накопление потенциала патогенности в системе человек–микроб, это создает опасность развития оппортунистических инфекций у членов экипажа.

В настоящее время контроль за состоянием микробного статуса космонавтов осуществляется на Земле в пред- и послеполетный период, а так же во время полета при обработке переданных проб с Международной космической станции (МКС). Однако очевидно, что состояние микрофлоры космонавта в течение КП должно контролироваться чаще, по крайней мере, ежемесячно.

С этой целью нами проведены исследования микрофлоры различных биотопов членов экипажей длительных экспедиций на МКС при помощи двух некультуральных методов микробного контроля. Первый метод основан на компьютеризированном анализе изображения микробного мазка. Другой - основывается на обнаружении в образцах нативного материала при хромато-масс-спектрометрии метаболитов микробов, которые населяют поверхность кожи и слизистые оболочки. Для верификации результатов, полученных этими методами, применялся стандартный бактериологический метод.

Забор материала проводился с использованием стандартной укладки с помощью стерильных ватных тампонов перед полетом, на 7-е сутки полета, на 0- и 7-е сутки после приземления. При хромато-масс-

спектрометрии оценивалась микрофлора кожных покровов, при автоматизированном анализе – еще и назофарингеальная микрофлора членов экипажа.

В ходе проведения исследований была показана возможность применения двух методов для получения оперативной информации о микрофлоре человека. Результаты исследований видового состава и количественной характеристики маркеров микрофлоры кожных покровов человека используются для разработки биодетекторов, для медицинского обеспечения безопасности длительных КП.

ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИВОТНЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА БОРТУ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Е.А. Ильин, Д.В. Раков, А.М. Аргунова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Жизнеобеспечение животных в космических полетах – это сложная биолого-инженерная проблема, от решения которой зависит успех планируемых полетных экспериментов. Наиболее трудной и ответственной проблема жизнеобеспечения представляется применительно к экспериментам с млекопитающими. Бортовая система жизнеобеспечения включает в свой состав ряд подсистем, назначение которых заключается в том, чтобы условия содержания животных в полете соответствовали физиолого-гигиеническим особенностям того или иного вида животных и не оказывали неблагоприятного влияния на организм. Это важно для «чистоты» проводимых экспериментов, целью которых является изучение влияния факторов КП, а не условий содержания на борту космического аппарата.

Независимо от вида животных и типа космического аппарата система жизнеобеспечения животных в КП включает следующие подсистемы: камеру (клетку, капсулу) для индивидуального или группового содержания животных; подсистему кормления; подсистему водообеспечения (там, где это необходимо); подсистему сбора отходов жизнедеятельности; подсистему освещения; подсистему вентиляции камеры и очистки вентилируемого воздуха; подсистему обеспечения оптимальных микроклиматических параметров среды обитания животных.

Физиолого-гигиенические требования к создаваемым системам жизнеобеспечения основываются на знании анатомии, физиологии и поведения конкретных животных при их содержании в виварии. При этом микроклиматические параметры среды обитания задаются те же, что и в правилах содержания животных в условиях вивария. Что касается концентрации вредных газообразных примесей в бортовых клетках с животными, при создании средств очистки воздушной среды обычно используют данные о предельно допустимых нормах микропримесей для пилотируемых космических аппаратов.

Системы жизнеобеспечения мышей и песчанок в 30-суточном полете КА «Бион-М» №1 – это логическое развитие ранее проведенных исследований и разработок.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РАЗВИТИЯ ГИПОГРАВИТАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО СИНДРОМА

Р.Р. Исламов¹, О.В. Тяпкина², А.А. Ризванов³, И.Б. Козловская⁴, Е.Е. Никольский^{1,2}

¹Казанский государственный медицинский университет, Казань

²Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, Казань

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

⁴Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Гипогравиционный двигательный синдром развивается в условиях невесомости и характеризуется изменениями морфологических (атрофия, искажение фенотипа) и функциональных (снижением тонуса, уменьшением силы и выносливости) свойств скелетных мышц. Механизмы возникновения этих морфофункциональных изменений в скелетных мышцах в условиях невесомости на сегодняшний день остаются мало изученными.

Предположительно один из факторов, инициирующих развитие гипогравиционного двигательного синдрома, возникает в нервной ткани. Ранее, при моделировании эффектов невесомости на Земле, нами было установлено, что на макропрепаратах спинного мозга поясничное утолщение спинного мозга крыс после 35 сут антиортостатического «вывешивания» задних конечностей (модель микрогравитации).

тации) становилось менее выраженным, чем у интактных животных. Морфологические и биохимические исследования поясничного утолщения спинного мозга у подопытных крыс выявили уменьшение средних значений площадей поперечных срезов поясничного отдела спинного мозга на 14,5 % и содержания общего белка на 21 %. Для установления механизмов развития патологических изменений в спинном мозге нами было выполнено полногеномное исследование экспрессии генов в поясничном отделе спинного мозга мышей после 30 сут антиортостатического вывешивания с помощью чипа MouseRef-8 (Illumina).

Статистически достоверные различия документированы в экспрессии 38 генов, при этом наблюдалось подавление экспрессии 37 генов и усиление – одного гена. Особый интерес представляет факт снижения уровня экспрессии мРНК генов, кодирующих молекулы внеклеточного матрикса (MFAP5, MGLAP, OGN, COL4A1, HSPG2, LOX) у подопытных животных. Можно предположить, что утолщение поясничного отдела спинного мозга становится менее выраженным вследствие дефицита протеогликанов, что в свою очередь приводит к снижению объёма межклеточной жидкости. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что один из патогенетических факторов гипогравитационного двигательного синдрома действительно возникает в спинном мозге.

Исследование поддержано грантами: Программа фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН, РФФИ № 08-04-00923, № 09-04-01280, РФФИ №10-04-01423-а, ФЦП № 02.740.11.0302, №14.740.11.0177 и №16.512.11.2101, Президента РФ НШ-64631.2010.7.

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ПРИ АНАЛИЗЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ «ЭКИПАЖ – ИСЖО»

***Г.Р. Камалетдинова¹, Э.А. Курмазенко¹, А.А. Кочетков¹, Н.Н. Хабаровский¹, Е.П. Дёмин²,
Б.В. Моруков²***

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Осуществление межпланетного полета является актуальной темой в настоящее время, однако содержит в себе множество вопросов. Наиболее важным из них является обеспечение жизнедеятельности и психосоциальной устойчивости экипажа, поддержание высокой работоспособности людей в длительном автономном полете. Для изучения этого вопроса необходимо проведение опережающих исследований с участием человека.

Проект «МАРС-500», проводимый ГНЦ РФ — ИМБП РАН, позволяет дополнить и обновить данные, полученные ранее.

Один из экспериментов, проводимых в рамках проекта, направлен на изучение взаимодействия экипажа и интегрированных систем жизнеобеспечения (ИСЖО). Для проведения работ по данному эксперименту создан специализированный аппаратно-программный комплекс, позволяющий экипажу изучить системы жизнеобеспечения (как существующие на борту, так и перспективные), проводить работы по их техническому обслуживанию, а также отработать ряд нештатных ситуаций, включающих как замену оборудования (клапаны, нагревательные элементы и т.п.), так и проблемы, связанные с отклонениями параметров окружающей среды от нормы (например, возгорания или возникновение утечек в иллюминаторах).

Комплекс оснащен тренажером системы генерации кислорода «Электрон-ВМ», позволяющим отрабатывать ручные операции, а также специализированным медико-биологическим устройством Biomouse, которое позволяет анализировать текущее психическое и физиологическое состояние, функциональные особенности человека, контролировать динамику состояния, выявить стресс и психическую напряженность. Осуществление этих возможностей основано на анализе изменения сердечного ритма и других параметров.

Таким образом, эксперимент позволяет качественно проанализировать взаимодействия в системе «Экипажа-ИСЖО».

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ В МЕМБРАННОМ ФИЛЬТРЕ-РАЗДЕЛИТЕЛЕ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ

А.А. Капица, Л.С. Бобе, В.Б. Астафьев, В.Ф. Стерин

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

С сентября 2009 г. в системе регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М МКС работает мембранный фильтр-разделитель МФР, в котором осуществляется предварительная сепарация жидкости из подаваемого в систему газожидкостного потока. МФР установлен перед штатным разделителем с пористыми металлическими элементами: последовательно по газожидкостному потоку с параллельным отбором жидкости в мембранную ёмкость. Введение МФР увеличивает ресурс узла сепарации системы в несколько раз. Для разработки методики расчёта МФР и определения возможности его работы на загрязнённых жидкостях: длительно хранившийся конденсат, урина и санитарно-гигиеническая вода, проведены исследования процесса сепарации жидкости и её фильтрации через пористые мембраны использованного в МФР фильтр-элемента ЭПМ. Исследования показали, что при параметрах подачи газожидкостного потока в систему СРВ-К2М в влагоудерживающей засыпке из пенополивинилформаль пористого (ПВФП) аккумулируется жидкость объёмом до 70 % от объёма ПВФП. В исследованных пределах течение жидкости через пористые мембраны фильтр-элемента подчиняется закону Дарси. Ресурс фильтр-элемента может быть оценен по данным для установившегося участка кривой фильтрации с учётом параметров пакета мембран и загрязнённости жидкости. Предложена методика оценки загрязнённости жидкости и оценки ресурса МФР при работе на конденсате атмосферной влаги. Полученные данные используются при проектировании. Планируются испытания МФР на урине и санитарно-гигиенической воде.

СОЗДАНИЕ КОРНЕОБИТАЕМОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОРАНЖЕРЕЙНЫМ УСТРОЙСТВАМ, ВХОДЯЩИМ В СОСТАВ СЖО КОСМИЧЕСКИХ ЭКИПАЖЕЙ

А.Г. Кареткин, М.А. Левинских, О.Б. Сигналова, Т.А. Дерендяева, Е.Л. Нефедова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Для выращивания овощных растений в долгосрочном КП, в условиях длительной изоляции от Земли, необходимо создать надёжную систему коревого питания. В настоящее время опыт наземных и космических исследований не позволяет говорить о возможности длительной эксплуатации оранжерейных устройств без замены корнеобитаемой среды. Так, все ныне существующие технологии позволяют проводить не более 2–3 вегетаций высших растений в одной и той же корнеобитаемой среде. Создание корнеобитаемых сред, способных обеспечить многократное интенсивное культивирование высших растений без снижения их потребительских качеств в условиях гермозамкнутого объёма, является важной задачей в плане подготовки длительной межпланетной миссии.

Для решения поставленной задачи необходимо было, во-первых, найти или разработать корневой субстрат, отвечающий ряду требований для культивирования растений, а во-вторых, обеспечить минеральное питание, которое способствовало бы высокопродуктивному урожаю растительной биомассы с высоким содержанием витаминов, клетчатки и других полезных веществ.

Работа состояла из 6 этапов исследований свойств коревого субстрата и минерального питания при культивировании листового овощного растения мизуны (*Brassica rapa var. nipposinica*) в условиях модельного эксперимента. На каждом этапе исследований проводили серию вегетаций растений, по результатам которых выбирали вариант, отличающийся максимальной продуктивностью биомассы. Растения выращивали 30–36 сут в установке «Люминостат» в сосудах, имитирующих корневой модуль оранжереи. Круглосуточный режим освещения растений обеспечивался люминесцентными лампами ЛБ-60. Температура и влажность воздуха в зоне выращивания составляли соответственно 22–25 °С и 60–70 %. Полив проводился дистиллированной водой методом неограниченной капиллярной подпитки. Полученный растительный материал анализировали по морфометрическим и биохимическим показателям.

В результате продолжительных многоэтапных исследований был разработан и комплексно испытан композиционный корнеобитаемый субстрат с минеральным питанием для выращивания овощных рас-

тений в условиях длительного КП. Новый субстрат характеризуется малым удельным весом, структурной стойкостью, благоприятной влажно-воздушной средой для развития корней, способствует высокой продуктивности растений и обеспечивает длительное бессменное культивирование растений в ряду вегетаций. Разработанный субстрат не уступает по своим качествам используемым до настоящего времени в наземных и космических экспериментах корнеобитаемым средам, а по ряду параметров превосходит их.

ДЕКОМПРЕССИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТАХ: ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ

В.П. Катунцев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Работа посвящена анализу методов обеспечения декомпрессионной безопасности внекорабельной деятельности (ВКД) для обоснования перспективных подходов к решению проблемы высотной декомпрессионной болезни (ВДБ) в КП ближайшего и отдаленного будущего. Современные российские и американские космические корабли, а также Международная космическая станция (МКС) имеют нормобарическую атмосферу. Уровень рабочего давления космических скафандров, используемых на борту МКС, составляет 40 кПа для российского скафандра «Орлан» и 30 кПа для американского скафандра EMU. Для защиты членов экипажей от ДБ используется процедура частичной преоксигенации перед снижением давления в шлюзовом отсеке и началом ВКД. Длительность предварительной преоксигенации равна 30 мин для ВКД в скафандрах «Орлан» и 2 ч 20 мин – 4 ч (в ряде случаев даже дольше) для ВКД в скафандрах EMU. К настоящему времени случаев ВДБ в орбитальных полетах не возникало. Однако при работе в скафандрах с давлением 30–40 кПа у членов экипажей часто появляются признаки общего утомления и утомления мышечного аппарата рук при длительной ВКД. Используемые в современных скафандрах величины избыточного давления существенно повышают их жесткость (ригидность), которая затрудняет двигательную активность космонавтов во время ВКД, что, в итоге, снижает риск возникновения ДБ. Цели перспективных космических программ предусматривают постоянное пребывание на МКС, полеты на Луну и Марс. Вследствие наличия на Луне и Марсе гравитации современные скафандры окажутся слишком тяжелыми для выполнения ВКД на их поверхности. Основные медико-биологические требования к планетарному скафандру должны включать, среди прочих, высокую гибкость скафандра с оптимальной конструкцией сочленений для выполнения движений, низкую массу снаряжения, надежную защиту от ВДБ с очень коротким или нулевым периодом преоксигенации. В работе приводится обсуждение возможностей использования процедуры преоксигенации, создания в газовой атмосфере космического корабля гипобарической среды и замены в нормобарической газовой атмосфере космического корабля азота на другой газ-разбавитель (гелий, неон) в целях профилактики развития ВДБ при ВКД. Рассматриваются физиологические аспекты концепции создания скафандра для ВКД с высоким уровнем рабочего давления.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

С.И. Климарев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Одна из сторон современного научно-технического процесса характеризуется внедрением в исследование и разработку перспективных физико-химических систем жизнеобеспечения (СЖО) относительно новых видов энергии для нагрева различных материалов. К такому виду относится сверхвысокочастотная (СВЧ)-энергетика, которая открывает перспективы по изучению различных аспектов ее применения для стимулирования технологических процессов в СЖО нового поколения.

Быстрота ввода энергии во всю толщину нагреваемого объекта, легкость регулирования этого процесса делают перспективным применение СВЧ-энергетики в СЖО для целей переработки диоксида углерода и водорода в низкотемпературной плазме, для нагрева твердого и жидкого сорбентов диоксида углерода, для обеззараживания и нагрева питьевой воды в потоке.

Помимо этого, СВЧ-энергия может быть эффективно использована и в других процессах применительно к СЖО, а именно: для обеззараживания конденсата атмосферной влаги; для разогрева рациона питания как в радиопрозрачной, так и в металлической упаковке; для стерилизации мелкого металли-

ческого медицинского инструмента; для нагрева воды в потоке при принятии водных процедур, душа; для образования пара в бане; для сушки фекальной массы с целью получения сухого порошкообразного остатка. СВЧ-энергия может быть также использована в гипербарических, подземных, наземных, подводных, надводных и других специальных гермообъектах; в пищевой, медицинской и микробиологической промышленности для стерилизации пищевых жидкостей, вакцин, сывороток, жидких лекарственных препаратов и питательных сред; в системе МЧС.

СВЧ-нагрев является чистым методом нагрева, поскольку при его использовании отсутствуют какие-либо продукты сгорания и не применяется конвекционный нагрев. Проникновение СВЧ-энергии в окружающее пространство исключается за счет стандартных электронных средств защиты питающей электрической сети и экранированием устройства в целом.

МИКРОВАЗКОСТЬ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МЕМБРАНЫ КЛЕТОК КОРНЕЙ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ КЛИНОСТАТИРОВАНИЯ

Д.А. Климчук, Т.В. Воробьева

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Липидный бислой биологических мембран, известно, выполняет функцию структурной основы для белковых молекул-ферментов, ионных каналов, рецепторов, барьерную функцию для ионов и гидрофильных молекул. Для понимания адаптационных механизмов растительных клеток к условиям микрогравитации актуальными являются сведения о физико-химических свойствах, в том числе микровязкости липидного слоя, биологических мембран и, в особенности цитоплазматической мембраны.

Проведенные спектрофлуоресцентные (Perkin-Elmer LS-50) исследования на везикулах цитоплазматической и микросомальных мембран, выделенных методом двухфазной водно-полимерной системы из корней проростков гороха (*Pisum sativum L.*), обнаружили четкую зависимость флуоресценции пирена от температуры и концентрации зонда. Пирен возбуждали при 337 нм, интенсивность флуоресценции мономеров (I_M) и эксимеров (I_E) пирена измеряли при 393 и 470 нм соответственно. Обнаружено, что интенсивность флуоресценции мономеров пирена в препаратах цитоплазматической мембраны была значительно выше, а соотношение I_E/I_M – в 1,7 раза ниже при сравнении с мембранами микросомальной фракции, свидетельствующее о различиях в микровязкости мембран разного происхождения.

Везикулы цитоплазматической и микросомальных мембран из корней проростков гороха, выращенных в условиях клиностатирирования (2 об/мин) при сравнении с контрольными, обнаруживали тенденцию к возрастанию I_E/I_M соотношения, свидетельствующее об участии различных клеточных мембран в ответе проростков на условия клиностатирирования. Роль мембранно-связанных процессов в адаптации растительных клеток к условиям измененной силы тяжести обсуждаются.

МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕРМОЗАМКНУТОМ ОБЪЕКТЕ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ПОЛЕТ К МАРСУ

И.В. Ковачевич

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Разработка и организация медицинского обеспечения экспериментов различной продолжительности (14, 105 и 520 сут изоляции) с участием человека в гермозамкнутом объекте предусматривали соблюдение следующих требований:

- медицинская безопасность и полная автономность проведения экспериментов;
- уровень медицинской помощи в объеме квалифицированной медицинской помощи, оказываемой врачом-членом экспедиции и расширенной за счет консультативной помощи медицинских служб сопровождения эксперимента;
- конфиденциальность получаемой медицинской информации.

Медицинское сопровождение экспериментов включало в себя выполнение следующих основных задач: осуществление медицинского мониторинга состояния здоровья участников экспериментов путем ежедневного, расширенного ежемесячного и экспертного полугодового (для 520-суточной изоляции) контроля, выполнение диагностических процедур в случае развития заболеваний и повреждений, в том числе при неотложных состояниях, проведение адекватных лечебно-профилактических мероприятий, создание медицинской документации по методам и средствам оказания лечебно-диагностической помощи.

Для проведения медицинского контроля и лечебно-диагностических процедур, а также размещения медицинского оборудования и фармакологических средств был выделен и оснащен набором необходимых средств контроля и оказания медицинской помощи (в том числе с применением средств телемедицины) специальный медицинский модуль. В целях соблюдения конфиденциальности медицинских данных была создана система информационных средств, позволяющая передавать получаемую медицинскую информацию по закрытым каналам связи.

Созданная система медицинского мониторинга и оказания лечебно-диагностической помощи в экспериментах, моделирующих полет к Марсу, является прообразом медицинского сопровождения реальных межпланетных полетов.

ШАПЕРОН HSP90 КОНТРОЛИРУЕТ ФЕНОТИПИЧЕСКОЕ ПРОЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ УФ-В

Л.Е. Козеко

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Во время длительных космических и планетарных миссий генетический материал организмов может быть существенно поврежден факторами космической среды, одним из которых является УФ-радиация. Это может привести к изменениям и нарушениям в морфогенезе организмов, к патологиям, а в худшем случае — к потере жизнеспособности. Некоторые генетические изменения могут оставаться «скрытыми» и не проявляться на фенотипическом уровне. Предполагается, что в контроле части «скрытых» генетических вариаций важную роль может играть семейство шаперонов Hsp90. Они обеспечивают фолдинг и конформационную регуляцию разнообразного набора белков, участвующих в передаче клеточных сигналов, регуляции клеточного цикла, контроле стрессового ответа, протеолизе белков и т.д. Т.о. Hsp90, контролируя активность многих регуляторных белков, оказываются важными для контроля целых метаболических путей и канализации процессов развития организма. Предполагается, что ингибирование Hsp90 может способствовать проявлению скрытых генетических изменений и усилению стохастических процессов развития.

В данной работе представлены результаты исследований фенотипических отклонений развития проростков *Arabidopsis thaliana* дикого типа (Col), полученных из семян, облученных УФ-В (280–320 нм), в условиях ингибирования Hsp90. Контролем служили проростки дикого типа, выросшие в нормальных условиях. Набухшие семена подвергали действию УФ-В (17–4100 Дж/кв.м.). Облученные семена прорастивали при ингибировании Hsp90 гелданамицином. Фенотипы 12-дневных проростков тщательно анализировались.

Показано, что фенотипы проростков, полученных из облученных семян, характеризовались большим разнообразием и количеством отклонений по сравнению с фенотипом дикого типа. При ингибировании Hsp90 количество и выраженность отклонений возрастали, что подтверждает предположения о роли шаперона в «маскировании» генетических изменений. На основании проведенных исследований предлагается модель для мониторинга отклонений развития растительного организма, обусловленных генетическими изменениями, вызванными влиянием космических факторов.

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ РЕФЛЕКТОРНЫХ СПИНАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОГРАВИТАЦИИ

И.Б. Козловская, И.В. Саенко, А.З. Закирова, Т.А. Шигуева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Временные и амплитудные характеристики функций вовлечения и восстановления Н-рефлекса *m. soleus* (S) и *m. gastrocnemius lateralis* (GL) исследовали в условиях «сухой» иммерсии (СИ). В исследовании приняло участие 18 здоровых испытуемых в возрасте от 22 до 30 лет, подписавших информированное согласие на участие в эксперименте. Длительность иммерсионного воздействия составляла 7 сут. Участники эксперимента подразделялись на две группы – контрольную (К) и экспериментальную (Э). В экспериментальной группе в ходе иммерсии ежедневно применялась механическая стимуляция опорных зон стоп, воспроизводящая режимы медленной и быстрой ходьбы. Общая длительность меха-

ностимуляции составляла 2 ч в день. Кривые вовлечения и восстановления Н-рефлекса регистрировали до, во время (на 3-й и 7-й дни) и после окончания иммерсионного воздействия. Н-рефлекс мышц-экстензоров голени вызывали монополярным раздражением *n.tibialis ant.* в подколенной ямке. Для исследования кривой вовлечения нерв стимулировали одиночными импульсами возрастающей интенсивности, определяя в них в последующем пороги и максимальную амплитуду Н- и М-ответов. В исследованиях функции восстановления использовали методику парной стимуляции, нанося на нерв 2 стимула с интервалами между стимулами от 10 до 3000 мс и амплитудами рефлекторных ответов от 40 до 60 % от максимального.

Характеристики кривых вовлечения Н-рефлекса выявляли в условиях иммерсии признаки возрастания возбудимости в системе исследуемых рефлекторных ответов: абсолютная и относительная амплитуды рефлекса в группе К значительно увеличивались. В группе Э характеристики ответов оставались неизменными. Изменения характеристик кривых восстановления Н-рефлекса в иммерсии были прямо противоположны: в группе К амплитуды кривых достоверно снижались, отчетливо возрастая в группе Э. Результаты исследования свидетельствуют о тесном взаимодействии опорной афферентации стоп с проприоцепцией и о сложной природе этого взаимодействия.

Работа поддержана проектом РФФИ № 11-04-01240-а.

ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ПОЛЕТАХ РОССИЙСКИХ ЭКИПАЖЕЙ МКС

И.Б. Козловская, Е.Н. Ярманова, А.В. Шпаков, М.В. Фалетёнок, Е.В. Фомина

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Система профилактики, применявшаяся 34 членами экипажей в полетах на МКС длительностью 175 ± 22 сут, базировалась на комплексе методов, разработанном и успешно использовавшемся в полетах на российских космических станциях. Основными элементами системы профилактики являлись физические методы, направленные на поддержание близкого к земному распределения жидкостей в организме; физические тренировки (ФТ) и использование нагрузочных костюмов для нагружения костно-мышечной и сердечно-сосудистой систем; меры, позволяющие предотвратить потерю жидкости и повысить толерантность к гравитационным перегрузкам. Ключевое место в системе профилактики отводилось ФТ, выполнявшимся два раза в день по 1 ч 15 мин каждая. В ходе полета все российские члены экипажа тренировались ежедневно на всех тренажерах. Пассивные средства профилактики использовались по показаниям. Данные ежедневного мониторинга выполнения ФТ в полете выявил высокую вариативность режимов тренировок у различных членов экипажей. При всем разнообразии протоколов ФТ анализ их характеристик позволил выделить 3 группы, различавшиеся предпочтением выбора тренажерных средств. Первая группа была представлена космонавтами, тренировавшимися строго в соответствии с рекомендованными режимами. Количество их было невелико и составило до 25 % от общего числа космонавтов.

Наиболее многочисленная вторая группа была представлена космонавтами, тренировавшимися преимущественно на бегущей дорожке, но, как правило, не в интервальном (рекомендованном), а в аэробном режиме энергообеспечения. Последнее в значительной мере было связано с конструктивными особенностями TVIS и T2, исключавшими возможность быстрого переключения скоростей. Третью группу составили космонавты, уделявшие основное внимание и время силовым тренировкам (около 35 %). Трое космонавтов из этой группы, помимо силовых тренировок, выполняли также интенсивные тренировки на бегущей дорожке.

Анализ результатов полетных нагрузочных проб и послеполетного клинико-физиологического обследования показал, что интенсивность и объемы физических тренировок были достаточными для поддержания физической работоспособности и сохранения здоровья членов экипажей в ходе полета и при возвращении на Землю. Однако более детальный анализ результатов выявил существенные различия в эффективности тренировочных режимов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ КАК СРЕДСТВА КОРРЕКЦИИ ГИПОКИНЕЗИИ ПО ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

***Л.С. Комиссарова¹, Е.С. Бахрах¹, Т.И. Хаймович¹, Е.П. Лобкаева¹, Н.С. Девяткова¹,
Е.А. Ильин², И.В. Огнева²***

¹Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В настоящее время актуальным является поиск и апробация новых эффективных средств защиты человека от неблагоприятного действия невесомости и проведение реабилитационных работ в после-полетный период. Одним из таких средств может быть низкоинтенсивное низкочастотное магнитное поле.

В докладе представлены результаты изменения гематологических показателей лабораторных животных после применения низкоинтенсивного магнитного поля при моделировании невесомости, которое осуществляли по стандартной модели 14-суточного антиортостатического вывешивания. Исследования были проведены на 28 белых беспородных крысах-самцах. Использовали импульсное магнитное поле с изменяющейся магнитной индукцией от 1,4 до 2,12 мТл со специально подобранными параметрами, максимально эффективными для системы крови.

Установлено, что сразу после моделирования условий невесомости в крови лабораторных животных выявлены начальные признаки анемии и ухудшение реологических свойств крови. После вывешивания животных и их трехдневной адаптации наблюдали выраженную анемию, снижение вязкости крови и индекса деформируемости эритроцитов. Показатели белой крови свидетельствовали о нарушении кроветворения и снижении функции иммунокомпетентных клеток.

Трехдневное воздействие импульсного магнитного поля после вывешивания и признаки анемии у животных сопровождались активацией эритроидного ростка кроветворения и нормализацией реологических свойств крови. Выявлено увеличение общего количества лейкоцитов и лимфоцитов и увеличение их функциональной активности.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения низкоинтенсивного импульсного магнитного поля в качестве средства коррекции неблагоприятных изменений в организме, вызываемых невесомостью.

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ У ЭМБРИОНОВ ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА, ПРОШЕДШИХ ПОЛНЫЙ ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

Д.В. Комиссарова, Т.С. Гурьева, О.А. Дадашева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Проблема развития костей скелета у животных и изменения, связанные с длительными полетами в условиях невесомости в настоящее время очень актуальна. Её решение позволяет ответить на вопрос о том, как проходит процесс остеогенеза у млекопитающих в условиях невесомости.

В данной работе приведены результаты исследования развития в динамике опорных костей у разновозрастных эмбрионов японского перепела, развившихся в условиях невесомости и лабораторного контроля. Исследование развития костей нижних конечностей проводилось на эмбрионах японского перепела в возрасте 7, 10, 14 и 16 сут. Длина костей нижних конечностей эмбрионов перепела полетной группы и степень их окостенения сравнивалась с эмбрионами лабораторного контроля. Для изучения были взяты 2 кости нижних конечностей: бедренная и большеберцовая. Были проведены промеры самих костей, а также участков окостенения в исследуемых костях у полетных эмбрионов в сравнении с контрольными с целью определения степени процесса остеогенеза, происходящего в условиях невесомости.

Результаты показали, что длина бедренной кости у эмбрионов, развившихся в условиях невесомости, отставала на 10-е и 16-е сутки на 2,3 и 4,1 мм по сравнению с таковыми лабораторного контроля. Длина большеберцовой кости у эмбрионов японского перепела полетной группы также была меньше, чем у группы лабораторного контроля для эмбрионов 10, 14-х и 16-х суток на 1,31, 0,3 и 0,7 мм соответственно.

Морфометрия костей нижних конечностей эмбрионов полетной группы выявила задержку процесса окостенения по сравнению с лабораторным контролем. У 10-суточных полетных эмбрионов участок окостенения был в 2 раза для бедренной и в 1,5 раза для большеберцовой костей меньше, чем в группе лабораторного контроля; у 16-суточных – в 1,2 и 1,13 раза соответственно по сравнению с эмбрионами лабораторного контроля.

Таким образом, результаты исследований показали, что процесс костеобразования в костях нижних конечностей эмбрионов японского перепела полетной группы шел, хотя и с отставанием. К моменту вылупления птенцов в условиях невесомости кости нижних конечностей практически не отличались от таковых птенцов лабораторного контроля.

ГРАВИЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КЛЕТОК И АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ К МИКРОГРАВИТАЦИИ

Е.Л. Кордюм, Л.Е. Козеко, А.С. Талалаев

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Результаты многолетних космических экспериментов показали, что высшие растения растут, развиваются и плодоносят в условиях реальной микрогравитации, т.е. адаптируются к отсутствию силы тяжести. Установлено, что митоз, деление и дифференцировка клеток осуществляются без существенных отклонений от нормы. В то же время выявлены значительные изменения в структурно-функциональной организации клеточных органелл и метаболизме растений, выросших в условиях реальной и моделированной микрогравитации, в частности, изменения в активности ферментов, энергетическом, липидном и углеводном метаболизме, генной экспрессии, что привело к открытию гравичувствительности растительных клеток, не специализированных к восприятию гравитации. В настоящее время получены новые данные о влиянии микрогравитации на процесс перекисного окисления липидов, активность антиоксидантной системы, экспрессию генов и синтез высокомолекулярных и низкомолекулярных белков теплового шока. Показано кратковременное повышение уровня белков теплового шока 70 и 90 в клетках растений при клиностаტიровании по сравнению с контролем. При прорастании семян в условиях клиностаტიрования гидролиз этих белков замедляется. Установлена зависимость длительности и уровня их синтеза при реадaptации проростков после центрифугирования от величины гравитационной нагрузки. Дegrадация иРНК низкомолекулярных белков теплового шока в прорастающих семенах замедляется при клиностаტიровании, но не изменяется при действии гравитационных нагрузок от 3 до 15 g. Тип изменений в системе окислительного фосфорилирования в митохондриях, изолированных из корней проростков, растущих в условиях клиностаტიрования, указывает на их адаптивный характер. Происходящие в условиях микрогравитации ускорение развития и старения на клеточном и субклеточном уровнях согласуются с общей концепцией ускорения развития в неблагоприятных условиях. Осуществление полного онтогенеза однолетними растениями в условиях микрогравитации позволяет провести анализ природы структурно-функциональных перестроек клеток под влиянием микрогравитации и установить общие закономерности их проявления. Мы рассматриваем такие перестройки как проявление фенотипической пластичности, обеспечивающей адаптацию растений к условиям КП.

РОЛЬ ГРАВИТАЦИОННО-ЗАВИСИМЫХ СИСТЕМ В ЗРИТЕЛЬНОМ СЛЕЖЕНИИ

Л.Н. Корнилова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Для осуществления зрительного слежения в пространстве необходимо как адекватное функционирование отдельно взятых сенсорных систем, прежде всего – зрительной, вестибулярной и двигательной систем, так и их четкое, слаженное взаимодействие в интегративных структурах центральной нервной системы (ЦНС). Невесомость непосредственно не влияет на зрительную функцию, но изменяя уровень и характер вестибулярной афферентации, устраняя опорную и снижая тактильную и проприоцептивную афферентацию, она через центральные механизмы межсенсорных связей в ЦНС влияет на точность зрительного слежения за зрительным объектом – одного из основных компонентов в структуре профессиональной деятельности оператора.

С целью определения влияния невесомости на точностные, скоростные, временные параметры всех форм зрительного слежения (точность фиксационных саккад – ФС, плавное слежение – ПС, удержание взгляда – УВ) и на характер взаимосвязи между показателями зрительного слежения и состоянием вес-

тибулярной функции проведено обследование 32 космонавтов МКС, вернувшихся на Землю после длительных КП (126–195 сут). Обследования выполнены методами электро- и видеоокулографии с фиксацией головы при исследовании зрительного слежения и свободно двигающейся головой в случае вестибулярных тестов. Исследуемые реакции анализировались параметрическими и непараметрическими методами дисперсионного (ANOVA) и корреляционного анализа.

В первые 9–14 сут после полета наблюдается достоверное снижение амплитуд и скоростей ФС, ПС и увеличение числа коррекционных саккад при УВ. Время достижения цели увеличивается до 3 раз. В период реадaptации после невесомости развивается новая стратегия зрительного слежения — саккадическое аппроксимирование. Наибольшие изменения в зрительном слежении наблюдались у космонавтов, для которых снижение тонической (статической) вестибулярной возбудимости сопровождалось центральными изменениями в вестибулярной системе и перестройкой взаимосвязей между вестибулярной и другими подсистемами ЦНС.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ГОЛОВОКРУЖЕНИЙ И НАРУШЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ

Л.Н. Корнилова, Г.А. Екимовский, И.А. Наумов, Е.В. Дрынкина

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Головокружение (Гк) и нарушение равновесия (НР) – одна из наиболее распространенных жалоб пациентов. По данным ВОЗ каждый третий, обратившийся за медицинской помощью, среди прочих, отмечает жалобы на Гк. Выделяют три типа Гк: *периферическое Гк*, возникающее при поражении вестибулярного аппарата, *центральное Гк*, возникающее при повреждении связей вестибулярных ядер в центральной нервной системе (ЦНС), и *психогенное (пароксизмальное) Гк*, возникающее у пациентов, склонных к эмоциональной лабильности и расстройствам в эмоционально-психической сфере. При клиническом и инструментальном обследовании с использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ) у пациентов с психогенным Гк патологии может быть и не выявлено. Для подбора адекватной терапии необходимо точно установить патогенетический фактор и уровень локализации патологического процесса в вестибулярной системе. Авторами разработаны и успешно апробированы в клинических условиях аппаратно-программный комплекс «ОКУЛОСТИМ-КМ» и компьютерные тесты для объективной дифференциальной диагностики Гк и НР. В качестве диагностических критериев использовалась совокупность показателей вестибулярной реактивности (ВР), спонтанной глазодвигательной активности (СГА), зрительного слежения (плавного слежения, фиксационных саккад и удержания взора) при предъявлении зрительных и вестибулярных стимулов. В исследованиях приняли участие 3 группы от 19 до 23 больных: с вестибулопатиями органического (центрального – ЦВ или периферического – ПВ) и психогенного (ПсВ) генеза. При статистическом анализе использовались методы дисперсионного и корреляционного анализа с коэффициентом доверия $\alpha = 0,05$.

В случае ПВ зрительное слежение в норме в отличие от разрушенного слежения в случае ЦВ. При ПсВ значимая корреляция имеется только между показателями СГА и ВР, которая отсутствует при органических ПВ и ЦВ. Выявленная совокупность диагностических критериев позволяет создать алгоритм определения типа вестибулопатии, в том числе в досимптомной (субклинической) фазе заболевания.

ИЗМЕНЕНИЕ СУСТАВНОГО МОМЕНТА И РАБОТОСПОСОБНОСТИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ У КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Ю.А. Коряк, И.Б. Козловская

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Известно, что пребывание в невесомости или условиях ее моделирующих, сопровождается изменением структуры и функции скелетных мышц и, особенно, мышц антигравитационных [Kozlovskaya et al., 1981; Григорьева, Козловская, 1983; Козловская, Григорьева, 1987; Berg, 1996; Коряк, Козловская, 1992; Коряк, 1995–2001]. В данной работе у космонавтов – членов экипажей МКС после КП изучали изменения функций и работоспособности мышц бедра и голени при выполнении концентрических и эксцентрических сокращений с использованием метода изокинетической динамометрии (Active Multi-Joint LIDO® Isokinetic ergometer, Loredan Biomedical, Davis, CA, USA), позволяющего регистрировать с

большой точностью суставные моменты сил при выполнении произвольных движений с заданной скоростью. Тестирование выполняли дважды – за 30 дней до полета и на 3-и сутки после приземления. *Силовые свойства* мышц определяли по максимальному суставному моменту при выполнении концентрических и эксцентрических произвольных движений разгибания и сгибания в коленном и голеностопном суставах, при скоростях движения звена конечности сгибания – 30, 60, 120, 180 °/с, и разгибания – 30, 60, 90, 120 °/с.

Работоспособность мышц-разгибателей бедра оценивали по градиенту снижения силы сокращения в ряду 25 ритмических концентрических сокращений в ритме: 1 с сокращение, 1 с расслабление при скорости 60 °/с. Утомляемость мышц определяли по индексу утомления, выраженного отношением средней величины суставного момента первых пяти из 25 сокращений к средней величине суставного момента пяти последних сокращений [Коряк и др., 1975, Коруак, 2003].

После КП суставные моменты, развиваемые мышцами бедра и голени при выполнении произвольных как концентрических, так и эксцентрических сокращений, достоверно снижались. При этом суставной момент мышц-разгибателей стопы уменьшался в большей степени при концентрическом режиме работы, чем при эксцентрическом.

В мышцах-сгибателях стопы эти различия не обнаруживались. В мышцах разгибателей бедра суставной момент при концентрическом режиме работы снижался в меньшей степени, а в мышцах-сгибателях бедра, напротив, изменения при работе в концентрическом режиме были большими. Исследования обнаружили также снижение работоспособности мышц-разгибателей бедра, обусловленное как уменьшением силы сокращения мышц, так и снижением способности удержания высокого напряжения, т.е. снижением выносливости.

Более точно выделить удельный вклад того или другого фактора в снижение работоспособности мышц не представлялось возможным, поскольку оценка мышечной работоспособности проводилась по параметрам произвольных сокращений, отражающих интегральные показатели состояния собственно сократительных свойств мышц (периферический фактор) и центральной нервной регуляции (центральный фактор).

УСКОРИТЕЛИ ОИЯИ И ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОБИОЛОГИИ

Е.А. Красавин

Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Московская область

Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ) располагает большим арсеналом ускорителей заряженных частиц. Более 50 лет на ускорителях ОИЯИ проводятся работы, связанные с моделированием биологического действия космических видов излучений. Многие годы в ОИЯИ совместно со специалистами Института медико-биологических проблем РАН проводились исследования биологического действия протонов высоких энергий. В последние десятилетия в Лаборатории радиационной биологии на ускорителях многозарядных ионов выполнены разработки, касающиеся механизмов, определяющих различия в радиочувствительности клеток к действию излучений с разными физическими характеристиками. На клеточном уровне решена одна из центральных проблем радиобиологии – проблема ОБЭ (относительная биологическая эффективность). Было показано, что величина ОБЭ ионизирующих излучений с разной линейной передачей энергии (ЛПЭ) определяется не только физическими характеристиками излучений, но и биологическими свойствами самих клеток – их способностью восстанавливаться от лучевых повреждений. Причем способность к репарации зависит от ЛПЭ, так как характер летальных повреждений также изменяется в зависимости от ЛПЭ. На базе выполненных исследований были изучены закономерности и механизмы индукции генных и структурных мутаций у клеток с различным уровнем организации генома излучениями широкого диапазона ЛПЭ. Показано, что биологическая эффективность ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками на клетки с различным генотипом, оцениваемая по летальному действию, индукции генных и делеционных мутаций, точной эксцизии транспозонов, детерминирована особенностями передачи энергии излучений, влияющими на характер индуцируемых повреждений ДНК, и эффективностью работы индуцибельных и конститутивных систем репарации клеток. Возрастание относительной биологической эффективности тяжелых заряженных частиц обусловлено увеличением выхода повреждений ДНК, участвующих в формировании радиационно-индуцированных эффектов, и повышением эффективности индуцибельных систем репарации.

Результаты исследований, полученные на ускорителях заряженных частиц, позволяют более точно оценивать риск радиационного воздействия космических видов излучений на биологические объекты.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТОЛИТОВОГО ВХОДА КАК ВЕРОЯТНАЯ ОСНОВА ДИНАМИКИ ОТОЛИТОВЫХ РЕАКЦИЙ В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЕТЕ И ПОСЛЕ ПРИЗЕМЛЕНИЯ

И.Б. Краснов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Результаты полетных и послеполетных исследований вестибулярной функции, сенсорного взаимодействия и вегетативных реакций у космонавтов свидетельствуют о возникающих в невесомости и в условиях силы тяжести Земли после полета нарушениях межсенсорного взаимодействия, восприятия пространства, координации движений, функции вестибулярного аппарата [Бряннов и соавт., 1975; Грейбил, 1980; Мацнев и соавт., 1983; Горгиладзе, Бряннов, 1989; Корнилова и соавт., 1993; Корнилова, 1997, 2009, 2011), в основе которых лежали в том числе и изменения отолито-окулярных взаимоотношений, в частности, отсутствие реакции на стимуляцию отолитов [Кларке, Корнилова, 2007; Корнилова и соавт., 2011).

При исследованиях обезьян после КП на биоспутнике «Космос-2229» также были обнаружены изменения в отолит-зависимых процессах [Дей и соавт., 1994, 1996]. У млекопитающих нодулус мозжечка, получающий отолитовый вход из утрикулуса, осуществляет интеграцию отолитовых сигналов для вестибулоокулярного рефлекса.

Электронно-микроскопическое и цитохимическое изучение нодулуса крыс, находившихся в 5–22-суточных КП на биоспутниках «Космос» и космическом корабле «Колумбия», выявило зависимость динамики изменений структуры вестибулярного входа к клеткам Пуркинье нодулуса от продолжительности КП. Обнаруженные изменения свидетельствуют о повышении чувствительности отолитового аппарата в невесомости, уменьшении в невесомости афферентного вестибулярного притока к клеткам Пуркинье нодулуса, снижении в невесомости функциональной активности клеток Пуркинье нодулуса, и об увеличении вестибулярного притока в нодулус после приземления. Эти изменения также указывают на существование структурных, возникших в невесомости, и функциональных, возникших после приземления, препятствий для быстрого послеполетного восстановления вестибулярного притока в нодулус.

Выявленные в нодулусе изменения структуры вестибулярного входа в сопоставлении с феноменологией нарушений отолит-зависимых процессов у человека во время и после КП позволяют понять механизм возникновения и развития последних.

АКТИВАЦИЯ СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АППАРАТА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ОПОРНЫХ ЗОН СТОПЫ

***Е.И. Кремнева¹, Л.А. Черникова¹, Р.Н. Коновалов¹, М.В. Кротенкова¹, И.В. Саенко²,
И.Б. Козловская²***

¹Научный центр неврологии РАМН, Москва

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Многочисленные исследования механизмов управления движениями, выполненных в интересах космической медицины, явились основанием для развития представлений о ведущей роли опорного входа в регуляции позно-тонической системы млекопитающих. Внедрение методики функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ) позволило изучить *in vivo* активность участков мозга при стимуляции опорной афферентации. Целью нашей работы было выявление зон активации головного мозга при механической стимуляции опорных зон стопы в различных режимах при помощи специального имитатора «Корвит».

Были обследованы 12 здоровых добровольцев (6 женщин, 6 мужчин) в возрасте от 22 до 42 лет (средний возраст = 28,8 лет), которым однократно проводилась фМРТ. Во время сканирования каждому обследуемому были проведены два исследования: стимуляция опорных зон стопы в режиме имитации опоры на обе ноги (стояния) (1) и режиме имитации медленной ходьбы (2); использовался блок-дизайн.

Паттерны активации при каждом исследовании анализировались при помощи пакета статистической обработки SPM5 для каждого из пациентов и для группы в целом. Во всех парадигмах значимая активация (p коррект < 0, 05 на кластерном уровне) была получена в первичной соматосенсорной коре, премоторной и дорсолатеральной префронтальной коре, островковой доле. При имитации опоры

на нижние конечности определялось большее вовлечение префронтальной коры, при имитации медленной ходьбы – обширное вовлечение первичной и вторичной сенсомоторной коры.

Данное исследование показало, что подошвенный имитатор «Корвит» может применяться для определения зон активации мозга при имитации процессов локомоции. Наиболее оптимальным режимом работы аппарата для этих целей является режим медленной ходьбы.

ДЕСТРУКЦИЯ КОРНЕВЫХ ОСТАТКОВ В КОРНЕВЫХ МОДУЛЯХ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ «ВИТАЦИКЛ-Т»

А.С. Кривобок, Ю.А. Беркович, В.К. Ильин

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В рамках разработки перспективных биолого-технических систем жизнеобеспечения космических экипажей ведутся работы по созданию витаминной космической оранжереи (КО) «Витацикл Т». Технология культивирования растений предусматривает использование в качестве корневой среды ионообменного волокнистого почвозаменителя (ВПЗ). Обнаружено, что накопление корневых остатков в корневых модулях КО ведет к сдвигу основной гидрофизической характеристики ВПЗ. Этот фактор, а также рост сапротрофной микрофлоры на отмерших корневых остатках, ограничивают срок эксплуатации и увеличивают массу потребного запаса ВПЗ. Для микробиологической деструкции растительных остатков внутри ВПЗ были использованы микромицеты рода *Trichoderma*, термофильные анаэробные бактерии *Clostridium sp.*, ассоциации целлюлолитических бактерий. Установлено, что эффективность деструкции корневых остатков внутри КМ с ВПЗ существенно повышается с введением термической предобработки ВПЗ в слабощелочных растворах. В качестве предобработки были испробованы автоклавирование и обработка СВЧ.

Параметрами режима предобработки являлись температура, время воздействия и концентрация используемого раствора щелочи. Предобработка ВПЗ, содержащего корневые остатки, в сочетании с биологической деструкцией при помощи термофильных анаэробных бактерий *Clostridium sp.*, позволили за 10 сут сократить сухой вес растительных остатков на 85 %. Деструкция корневых остатков привела к восстановлению гидрофизические характеристики использованного ВПЗ до значений, близких к исходным, что сделало его пригодным для повторной посадки семян и культивирования растений.

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ, СПОСОБНОСТЬ К ВЫРАБОТКЕ УСЛОВНЫХ РЕФЛЕКСОВ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ У КРЫС ПРИ КОМПЕНСАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Н.А. Кривова, К.А. Труханов, М.Ю. Ходанович, Р.Т. Тухватулин, Т.Ю. Замощина, О.Б. Заева, Е.В. Гуль, А.Е. Зеленская, О.А. Карелина

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск
Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Хронические эксперименты были выполнены на крысах, помещенных в камеру, состоящую из клетки для животных и соленоидов компенсации магнитной индукции горизонтальной и вертикальной составляющих Земли. Соленоиды установлены в каркасе из немагнитных материалов и подключены к пульту управления. Клетка выполнена из прозрачного пластика, позволяющего вести визуальное наблюдение за животными и круглосуточную видеосъемку, оснащена крышкой для посадки животных и подачи пищи, имеет вентиляционные отверстия. Величина магнитного поля внутри камеры составляла 0 ± 50 нТл, продолжительность нахождения животных внутри камеры составляла 21 сут.

Поведенческие реакции – общая двигательная активность и агрессивность крыс, оценивались с помощью программы Mouse Express, предназначенной для обработки видеофайлов. Во время нахождения в гипогеомагнитных условиях у крыс вырабатывали условный рефлекс пассивного избегания на тренажере, также помещенном внутри камеры. Физиологические реакции оценивались по уровню окислительного стресса, состоянию сердечно-сосудистой и пищеварительной систем, общим биохимическим параметрам крови.

В эксперименте участвовали 12 половозрелых крыс-самцов подопытной группы и 12 крыс контрольной группы, которые находились в условиях естественного магнитного поля Земли на расстоянии 10 м от камеры компенсации геомагнитного поля.

Полученные результаты свидетельствуют о выраженном влиянии гипогеомагнитных условий на общую двигательную активность, работоспособность и выработку условных рефлексов у крыс, а также о реакции отдельных систем организма на гипогеомагнитные условия, моделирующие воздействие факторов дальнего полета.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

ГРАВИТАЦИОННАЯ РАЗГРУЗКА И ЭЛЕКТРОГЕНЕЗ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ КАК ФАКТОР ПОДДЕРЖАНИЯ СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ И КАЛЬЦИЕВОГО ГОМЕОСТАЗА

И.И. Кривой

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

Поддержание определенного уровня мембранного потенциала покоя (МПП) скелетного мышечного волокна является обязательным условием нормального функционирования нервно-мышечного аппарата. Снижение МПП ведет к инактивации натриевых каналов, уменьшению возбудимости, замедлению временного хода потенциалов действия и скорости их проведения, а также к нарушению функционирования системы электромеханического сопряжения. Наиболее серьезны последствия нарушений электрогенеза для окоლოსинаптической области мышечной мембраны, где происходит трансформация потенциала концевой пластинки в распространяющийся потенциал действия. Известно, что МПП в постсинаптическом районе интактных скелетных мышечных волокон млекопитающих на 2–4 мВ превышает МПП внесинаптической области. Причиной этой локальной гиперполяризации является повышение электрогенной активности Na,K-АТФазы за счет ее активации некантовым ацетилхолином. Локальная гиперполяризация рассматривается как важный механизм структурно-функциональной организации нервно-мышечного синапса, в частности, как фактор поддержания надежности нервно-мышечной передачи. Хотя известно, что гравитационная разгрузка сопровождается снижением МПП *m.soleus*, механизм локальной гиперполяризации постсинаптической мембраны в этих условиях не исследован. В наших опытах опорную разгрузку (вывешивание задних конечностей крысы) осуществляли по стандартной методике. Через 3 сут вывешивания наблюдалось снижение МПП *m.soleus* крысы во внесинаптической области от -71.0 мВ до -66.8 мВ ($p < 0,01$), уменьшение возбудимости мышц и тенденция к ускорению их утомления. Деполяризация была следствием снижения электрогенного вклада Na,K-АТФазы. Напротив, величина локальной гиперполяризации постсинаптического района мембраны после вывешивания увеличивалась до 4.8 мВ ($p < 0,01$) по сравнению с 2.6 мВ в контроле. В результате уровень МПП постсинаптической мембраны после вывешивания не отличался от контроля, несмотря на деполяризацию внесинаптической мембраны. В этом действие гравитационной разгрузки принципиально отличалось от постденервационных нарушений, приводящих к устранению локальной гиперполяризации. После вывешивания наблюдалось увеличение амплитуды и длительности миниатюрных потенциалов концевой пластинки, что может свидетельствовать об увеличении сопротивления мембраны в данном районе мышечных волокон. Полученные данные позволяют предположить, что существует адаптационный механизм поддержания потенциала постсинаптической мембраны *m.soleus*, эффективность которого при вывешивании существенно возрастает. Вероятными причинами этого могут быть увеличение сопротивления постсинаптической мембраны и/или появление некоего фактора, активирующего Na,K-АТФазу локально в пределах синаптического района. Наоборот, во внесинаптическом районе наблюдается снижение электрогенной активности Na,K-АТФазы и деполяризация волокон *m.soleus*. Эта деполяризация, предположительно, ведет к накоплению ионов кальция в миоплазме за счет активации части потенциал-чувствительных Ca²⁺-каналов, что может служить сигналом к запуску так называемой «атрофической программы».

Работа поддержана грантом РФФИ 10-04-00970, а также средствами НИР СПбГУ № 1.37.118.2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА

О.С. Круглов¹, А.В. Спасский², К.А. Труханов¹, Т.С. Гурьева¹, О.А. Дадашева¹

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

Японский перепел был выбран в качестве объекта для исследования воздействия гипоманнитных условий (ГМУ) как один из возможных компонентов системы жизнеобеспечения человека при межпланетных пилотируемых полетах. Яйца перепела закладывали в инкубатор из оргстекла с термоизоляцией, в котором автоматически поддерживалась температура $37,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ и относительная влажность $60 \div 80\%$. Инкубатор размещали внутри трехкомпонентной магнитной системы колец Гельмгольца, которая создавала магнитное поле, противоположно направленное геомагнитному полю (ГМП). Степень ослабления ГМП в различных точках инкубатора составляла от 80 до 100. Продолжительность экспериментов по воздействию ГМУ составляла 4 и 10 сут. Контролем служило инкубирование перепелиных яиц в той же аппаратуре без ГМУ.

Опыты показали, что инкубирование яиц в течение 4 сут в ГМУ не приводит к гибели эмбрионов. Их развитие соответствовало 3–4 сут развития в обычных условиях. Однако при морфологическом исследовании зародышей были обнаружены серьезные аномалии в развитии сердечно-сосудистой системы. Например, наличие двух сердец с развитой системой кровеносных сосудов от каждого сердца, отсутствие межпредсердной перегородки, нарушение сосудистого рисунка, наличие анемии нижней части туловища эмбриона и отсутствие сосудов 2-го порядка в нижней части желточного мешка. У одного из эмбрионов была отмечена патология хвостового отдела туловища – расщепление на два.

При инкубировании в течение 10 сут эмбрионы были живыми, но отставали по стадиям развития, не соответствовали сроку инкубации и тоже имели патологию в развитии сердечно-сосудистой системы и хориоаллантоиса. Таким образом, было показано, что ГМУ оказывает неблагоприятное воздействие на эмбриональное развитие японского перепела. Следует подчеркнуть, что даже возможное сокращение сроков межпланетного полета не снимет проблемы воздействия гипоманнитных условий межпланетного пространства и на поверхности Луны и Марса.

СВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ С УРОВНЕМ ОПЕРАТОРСКОЙ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ

Е.П. Кузнецова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Анализировали данные, полученные в эксперименте с длительным (72-часовым) непрерывным бодрствованием. У обследуемых был определен индивидуальный уровень операторской стрессоустойчивости, который сопоставлялся с показателями частоты сердечных сокращений. Уровень стрессоустойчивости определяли по получаемым в ходе длительного бодрствования результатам операторской деятельности испытуемых. ЧСС регистрировали на фоновом этапе, а также в условиях стрессорных воздействий, к которым относились стресс ожидания (в начале эксперимента), а затем – стресс асомнии и утомления (по мере накопления усталости в ходе эксперимента).

Корреляционный анализ показал наиболее тесную связь уровней стрессоустойчивости с показателями ЧСС, зарегистрированными в ночные часы фоновом этапе. Чем выше была стрессоустойчивость испытуемого-оператора, тем ниже были его величины ЧСС во время сна на фоновом этапе. Также была обнаружена статистически значимая отрицательная корреляция уровней стрессоустойчивости испытуемых-операторов с показателями ЧСС, полученными в дневные часы фоновом этапе в условиях ограничения двигательной активности.

Для более детальной и надежной оценки связи операторской стрессоустойчивости с показателями ЧСС был проведен анализ особенностей регистрации показателей ЧСС в разное время сут. Показатели ЧСС, зарегистрированные в ночное время фоновом этапе, значимо коррелировали с уровнем стрессоустойчивости только в 0.00 и 4.00 (при абсолютных значениях r в диапазоне 0,779–0,916). Показатели ЧСС, зарегистрированные в дневное время суток в условиях ограничения двигательной активности, значимо коррелировали с уровнем стрессоустойчивости сразу после подъема в интервале 6,20–7.40

(абсолютные значения $r = 0,719-0,823$), и несколько менее надежно – в вечерние часы, с 18.20 до 23.20 (абсолютные значения $r = 0,714-0,860$). Полученные данные позволяют предполагать возможность определения уровней операторской стрессоустойчивости по показателям ЧСС, измеряемым в состоянии физиологического покоя.

МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАССОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЁЖНОСТИ

Ю.А. Кукушкин, Л.В. Шмакова, А.С. Сипаков, М.В. Фёдоров

Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, Москва
Филиал Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Кубинка, Московская область

Функциональная надёжность (ФН) — интегральная характеристика, отражающая функциональную устойчивость систем организма по обеспечению профессиональной работоспособности, эффективности и надёжности деятельности в любых, в том числе экстремальных, условиях деятельности [Ушаков И.Б. и др., 2008]. Для распознавания классов функциональной надёжности оператора анализировались следующие ее компоненты: статус сердечно-сосудистой системы (ССС); функциональная устойчивость; профессионально важные качества [Ушаков И.Б. и др., 2005; Ушаков И.Б. и др., 2008].

Определение статуса ССС производилось по показателям систолического, диастолического, среднего и пульсового артериального давления, частоты сердечных сокращений, вариационного размаха RR -интервалов. Функциональная устойчивость оценивалась по качеству выполнения пробы Руфье и коэффициенту физического равновесия при выполнении пробы Ромберга и «Мишень». Профессионально важные качества определялись по следующим показателям: время простой сенсомоторной реакции; оценки по методике «самочувствие – активность – настроение»; оценки, отражающие личностную и ситуативную тревожность по тесту Спилбергера-Ханина.

Для распознавания принадлежности обследуемых к классам ФН использовался алгоритм в виде комбинации дискриминантного анализа и метода анализа иерархий [Богомолов А.В. и др., 2003]. По результатам верификации разработанной методики установлено, что правильные решения составили 93,8 %, а ошибки первого и второго рода распределились поровну – по 3,1 % .

АСУ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ ДАЛЬНИХ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ

Э.А. Курмазенко¹, Л.И. Гаврилов¹, Б.Ф. Зарецкий², В.В. Малозёмов², Г.И. Морозов²

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Московский авиационный институт, Москва

Дальние космические экспедиции требуют особо высокой живучести СЖО и качества её работы. Высокие требования предъявляются к АСУ СЖО. При выборе структуры АСУ максимуму живучести соответствует распределённая структура с функциональным дублированием управления. При возникновении нештатной ситуации на бортовой ЭВМ управление может передаваться локальным контроллерам без потери живучести системы в целом. При отказе локального контроллера подсистема СЖО отключается на короткое время для замены блока управления.

При решении задачи выбора средств технического обеспечения по критерию минимума себестоимости обеспечиваются минимальные показатели себестоимости, энергопотребления и весогабаритных характеристик.

Решением задачи построения алгоритмов управления обеспечивается максимально возможная комфортность среды обитания экипажа.

Эти принципы построения АСУ «ИНТЕЛЛЕКТ» работают и при увеличении состава СЖО за счёт биотехнических систем.

Значительное внимание уделено управлению газовым составом атмосферы. Приведена структура подсистем, обеспечивающих требуемый состав атмосферы. Показано, что целью управления каждой из подсистем является поддержание заданного парциального давления соответствующей составляющей воздуха путём воздействия на производительность каждой из подсистем. Кроме того, на верхнем уровне АСУ формируются команды на включение и выключение каждой из подсистем. Сложность разработки алгоритмов управления составом атмосферы связана с большой инерцией объекта управления.

Предложены различные способы решения обеспечения точности и устойчивости работы АСУ в этих условиях. Рассмотрено формирование сигнала управления по возмущению и предложен эффективный алгоритм с использованием универсальной математической модели атмосферы по её составляющим, что позволяет контролировать текущий материальный баланс и формировать адаптивное управление.

Основной режим работы АСУ полностью автоматический. Участие человека необходимо для пуска и остановки СЖО, а также для принятия решений при возникновении некоторых нестандартных ситуаций.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ГРАВИТАЦИИ

О.А. Кутелова

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Звёздный городок, Московская область

Для решения фундаментальных вопросов гравитационной биологии предполагается исследовать все новые биологические объекты и создавать новые биологические модели космических экспериментов. При этом набор методических приемов, используемых в гравитационной биологии, остается прежним.

Большинство выводов относительно биологических эффектов гравитации сделано ориентируясь на результаты полетных экспериментов и наземного синхронного контрольного эксперимента. При выполнении космических экспериментов существует потребность проведения контрольных исследований на борту космической станции. Проблему контрольных исследований можно решить в установках, обеспечивающих проведение многофакторных экспериментов. Для этого необходимо создание на борту станции технических установок, позволяющих одновременно задавать условия микрогравитации и сопутствующих факторов, а именно, различные степени пониженной весомости и ускорения (центрифужные устройства); радиационной нагрузки (источники излучения и средства дозиметрического контроля); электромагнитных излучений (электромагнитные излучатели); температурные условия (термостатируемые камеры).

Космический эксперимент с учетом всех задаваемых факторов КП должен проводиться по оптимальному плану многофакторного эксперимента. При этом контроль эксперимента обеспечивается планом эксперимента.

Перечисленные методические приемы частично используются в практике постановки космических экспериментов, главным образом, при проведении программы научных исследований на отечественных биоспутниках, а также по программе европейских и японских исследований.

Создание своей собственной технической базы для космических исследований в области гравитационной биологии или объединение усилий с международными партнерами в плане создания единой базы исследований и ее совместное освоение в течение ближайших 10 лет существования пилотируемой космической станции МКС со всеми ее исследовательскими модулями, представляется рациональным использованием имеющихся возможностей пилотируемой космонавтики.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ НА КЛИНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЕЗЬЯН

А.О. Лазарев, Ю.В. Гордеев, В.П. Кротов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Для успешного выполнения пилотируемых межпланетных полетов большое значение имеет точное знание, как влияют физические факторы космоса на физическое и психическое здоровье членов экипажа. Одним из важных, но недостаточно изученных факторов является космическая радиация. Первый шаг в исследованиях влияния космической радиации на человека, – проведение модельных экспериментов на животных для выяснения условий, при которых возможна замена непрерывного режима облучения, характерного для межпланетного полета, на фракционированный.

Цель данной работы — понять, насколько правомерна такая замена, если в качестве критерия эквивалентности результатов режимов облучения, использовать одинаковую эффективную остаточную дозу. Для выяснения этого был проведен длительный эксперимент на самцах обезьянах макаков-резус в возрасте 3–5 лет с использованием двух режимов фракционированного облучения. Первый режим

фракционированного облучения имел общую длительность в 30 раз большую, чем второй. На момент окончания облучения эффективная остаточная доза радиации была одинакова у всех обезьян и составляла 100 сГр. Схема облучения была разработана А.В.Шафиркиным и В.М.Петровым. Облучение проводили на гамма-установке ГОБО-60 с источником излучения ^{137}Cs , активностью по паспорту 72 г-экв. Ра. Регистрировали ректальную температуру, частоту сердечных сокращений, артериальное давление и массу тела обезьян в течение 9 мес.

Результаты эксперимента показали, что одинаковые эффективные остаточные дозы на момент окончания фракционированного облучения — недостаточное условие для развития одинаковых клинических картин радиационного поражения.

РЕАКЦИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ НА ОРТОСТАЗ ПОСЛЕ 5-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ

И.М. Ларина^{1,3}, Л.Х. Пастушкова^{1,3}, В.А. Китов¹, А.М. Новоселова^{2,3}, Г. Гоклен-Кох⁴, Т. Леврар^{2,3}, М.А. Кусто^{2,3}, М. Купэ^{2,3}

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²CNRS UMR 6214, Анже, Франция

³Международная ассоциированная российско-французская лаборатория CaDyWEC

⁴Centre National d'Etudes Spaciales (CNES), Париж, Франция

Условия реальной и моделированной микрогравитации, а также резкой физической инактивации вызывают развитие синдрома детренированности сердечно-сосудистой системы (ССС). Его наиболее серьезный симптом — снижение ортоустойчивости. Целью исследования было охарактеризовать уровень (де)тренированности ССС и скорость восстановления ее функциональных способностей после 5-суточной сухой иммерсии (СИ). В эксперименте участвовали 14 практически здоровых мужчин. Для оценки ортоустойчивости и реакций ССС на ортостаз проводилась ортопроба с опорой на стопы, 75°, 20 мин, с непрерывной регистрацией ЧСС и артериального давления (АД) посредством стандартной ЭКГ и аппарата «Финапрес». Ортопробу проводили в фоне ($n = 14$), непосредственно после завершения 5-суточной СИ (группа R0, $n = 7$), и на второй день восстановления (группа R+1, $n = 7$). Ответы оценивали по двум критериям: (а) ортопроба завершена полностью/прервана и (б) ответ на ортостаз нормальный/аномальный (вазо-вагальный или синдром постуральной тахикардии). В фоне лишь один испытуемый не завершил ортопробу, а 6 испытуемых из 14 имели аномальный ответ. В день R0 ортопроба была прервана у 4 испытуемых из 7. Число аномальных ответов было достоверно выше, чем в фоне (7 из 7 в R0 vs. 4 из 7 в фоне, $p = 0.05$). ЧСС в день R0 достоверно возросла по сравнению с фоном и в горизонтальном (83 ± 6 vs. 70 ± 6 уд/мин), и в ортостатическом положении (132 ± 7 vs. 97 ± 7 уд/мин). В день R+1 все испытуемые полностью завершили ортопробу. ЧСС и АД в день R+1 не отличались достоверно от фона; тем не менее, число аномальных ответов возросло (5 из 7 в R+1 vs. 2 из 7 в фоне, $p = 0.03$). Число аномальных ответов в дни R0 и R+1 достоверно не различалось. Таким образом, 5-суточная СИ вызывает выраженные изменения реакции ССС на ортостаз. У большинства испытуемых при первом подъеме после СИ ортоустойчивость была нарушена, и ее восстановления через 24 ч после СИ не наблюдалось.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ НА 120-СМ ЦИКЛОТРОНЕ НИИЯФ МГУ

В.М. Лебедев¹, Г.В. Максимов², М.А. Островский², Е.Ю. Паршина², А.В. Спасский¹, К.А. Труханов³

¹Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

²Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

³Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Планы создания базы на Луне и марсианская экспедиция предполагают длительное нахождение биоорганизмов в гипомагнитных условиях, нивелирующих защитное действие геомагнитного поля от-

носителем солнечных и галактических космических лучей (ГКЛ). В состав ГКЛ входят высокоэнергетичные (релятивистские) ядра, в том числе с высокими атомными номерами. Известно, что тяжелые ионы обладают повышенным радиобиологическим действием, и могут представлять опасность при осуществлении дальних и длительных космических полетов.

Имеющийся в НИИЯФ МГУ 120-см циклотрон позволяет моделировать воздействие ГКЛ, по крайней мере, частично. Дейтроны с энергией 15 МэВ и альфа-частицы с энергией 30 МэВ, получаемые в ускорителе, имеют величины линейной передачи энергии близкие к тем, которые имеют ядра ГКЛ группы углерода-кремния. Однако существенное отличие их от ГКЛ состоит в относительно малом пробеге (1,5 и 0,7 мм для дейтронов и альфа-частиц в воде соответственно), что предъявляет особые требования к размерам используемых биологических объектов.

В качестве биологических объектов и модельных биологических и физико-химических объектов использовались: 1. Сетчатка глаза лягушки, родопсин, хрусталик (раствор бета-кристаллина); 2. Нервное волокно (седалищный нерв лягушки); 3. Клетки (эритроциты); 4. Растворы липосом и реакции Белоусова-Жаботинского.

Результаты облучения показали, что исследованные структуры глаза, нервные волокна, клетки крови весьма чувствительны к их облучению. В частности электрический ответ сетчатки глаза, практически полностью затухал при флюенсе $7 \cdot 10^6$ дейтронов/мкм² (около 10 мин облучения), а локальное облучение нерва приводило к существенному подавлению прохождения потенциала действия при дозах около 30 кГр. Регистрация изменений облучаемых объектов во время облучения проводилась в реальном времени («под лучом»).

СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА ДЛЯ СОБСТВЕННОГО ТЕЛА И ВНЕШНЕГО ПРОСТРАНСТВА

Ю.С. Левик, М.И. Липшиц

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

Подавляющая часть наших движений является пространственно ориентированными, т.е. направленными на достижение определенной точки в пространстве. Пространственно ориентированной является и поза (относительно опоры, гравитационной вертикали, структуры зрительного окружения). Поэтому управление позой и движениями предполагает наличие системы отсчета, в которой представлено как тело, так и окружающее пространство. Из физики известно, что всякое движение относительно, и говорить о движении имеет смысл, только если указано, в какой системе отсчета это движение происходит. В последнее время изучением системы внутреннего представления и системами отсчета начали заниматься и нейрофизиологи. В результате появилось много экспериментальных данных, свидетельствующих, что система внутреннего представления пространства реально существует и доступна изучению не только психофизическими, но и физиологическими методами.

В докладе будет показано, что одни и те же проприоцептивные сигналы могут вызывать различные кинестетические ощущения, и что механизмы интерпретации, определяющие характер этих ощущений, тесно связаны с выбором системы отсчета. Процессы выбора системы отсчета и интерпретации проприоцептивных стимулов оказываются тесно связанными с механизмами схемы тела, содержащей сведения о последовательности звеньев тела, их длинах, степенях свободы.

Будут приведены данные о источниках информации, используемых мозгом для формирования внутреннего представления о вертикали при стоянии. Оказалось, что доминантная ориентация референтного стимула (минимальная ошибка и минимальная вариативность ошибки) привязана к положению тела, в первую очередь головы, а не к гравитационной или зрительной вертикали, даже при наличии информации о зрительном окружении. Это свидетельствует о том, что для создания внутреннего представления о вертикали при стоянии ЦНС использует, в первую очередь, проприоцептивную информацию об ориентации продольной оси тела.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИИ В УСЛОВИЯХ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

М.А. Левинских, В.Н. Сычев, Е.Л. Нефедова, Т.А. Дерендяева, Н.Д. Новикова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Исследование устойчивости покоящихся стадий различных биологических объектов к воздействиям факторов открытого космоса является одной из актуальных проблем современной космической биоло-

гии. Проведенный в 2005–2006 гг. эксперимент «Биориск-МСН-1», предусматривающий длительное экспонирование различных микроорганизмов на внешней оболочке Международной космической станции (МКС), показал, что споры отдельных бактерий и грибов устойчивы к комплексу негативных факторов, присущих космическому пространству, таким, как вакуум, значительные колебания температуры и космическая радиация.

В марте 2010 года закончен второй эксперимент «Биориск-МСН» по экспонированию покоящихся стадий различных организмов, включая воздушно-сухие семена 16 сортов и линий растений, в условиях открытого космоса.

Для проведения космических экспериментов по длительному экспонированию покоящихся стадий различных организмов на внешней стороне Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) создана аппаратура «Биориск-МСН». Аппаратура «Биориск-МСН» состоит из трех металлических контейнеров, содержащих внутри пластиковые чашки Петри, в которых размещаются исследуемые организмы. Контейнеры закрепляются на специальной платформе на внешней оболочке стыковочного узла «Пирс». В данном оборудовании отсутствует температурный датчик. При этом известно, что колебания температуры на внешней поверхности МКС могут быть весьма значительны – от -100 – 150 °С до $+100$ – 150 °С.

Впервые показано, что семена некоторых видов растений (редис, листовая горчица) сохранили жизнеспособность после 31 мес экспозиции в космическом пространстве, несмотря на воздействие высоких температур (по косвенным оценкам, около 90 °С) и других факторов КП. Состояние семян в контейнере № 3 (31 мес экспонирования в открытом космосе) существенным образом отличалось по сравнению с семенами из контейнеров № 1 (13 мес) и № 2 (18 мес): их всхожесть и энергия прорастания были значительно снижены. Растения, выросшие из «космических» семян, по генетическим, биохимическим, физиологическим и морфологическим свойствам не отличаются от растений из «земных» семян.

НАТУРАЛЬНЫЙ НЕТОКСИЧНЫЙ ПРЕПАРАТ, ПОВЫШАЮЩИЙ ИММУНИТЕТ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ И СТРЕССУ

Е.Г. Литвинова, А.А. Овсепян, М.В. Захарченко, А.В. Захарченко, Н.И. Федотчева, М.Н. Кондрашова

Учреждение Российской академии наук Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область

Впервые на основе старинного лечебного средства от туберкулеза из гусениц Восковой моли создана биологически активная добавка «Натуральный экстракт доктора Мухина» (Свидетельство № 77.99.23.3.У.8597.7.05) и подготовлен к рассмотрению лекарственный препарат «Восковит». Обнаружено, что он обладает ценным свойством уменьшать первичную бурную адренергическую начальную фазу реакции на стрессорное воздействие. Такая регуляция определяет дальнейшее более мягкое течение стресса и повышает устойчивость к нему. Это действие связано со стабилизацией энергетических процессов в митохондриях, выражающемся в умеренном снижении гиперактивации сукцинатдегидрогеназы, обусловленном защитным усилением активности α -кетоглутаратдегидрогеназы. На уровне митохондрий это отражает улучшение баланса между адренергической и холинергической фазами острой ответной реакции. Улучшение регуляции процессов энергообеспечения, по-видимому, обуславливает и улучшение функционирования всех тканей. Одновременно возрастает активность клеток иммунной системы.

Повышается способность организма выполнять физические нагрузки. Особенно выражено защитное действие препарата на функции сердца при нагрузках и старении. Впервые в эксперименте подтверждено защитное действие препарата при туберкулезе и инфаркте миокарда. В составе препарата обнаружен комплекс физиологически активных соединений, позволяющих обосновать механизм его благоприятного биологического действия. Препарат представляется перспективным для повышения адаптации организма к стрессорным нагрузкам в связи с КП. Препарат эффективен в очень низких дозах, совершенно не токсичен и сохраняет терапевтическое действие в очень широком диапазоне доз до трех порядков.

Работа поддержана ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» (контракт №16.512.11.2117).

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОДБОРА ПАРАМЕТРОВ НИЗКОЧАСТОТНОГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Е.П. Лобкаева, Н.С. Девяткова, И.А. Синельникова

Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

Отличительной особенностью низкочастотной магнитотерапии является использование низкочастотного (до 200 Гц) слабого (до 20 мТл) магнитного поля (МП), обеспечивающего возможность прямого воздействия на все структуры организма. Несмотря на громадный эмпирический материал, собранный многочисленными исследователями, до настоящего времени не дано убедительного теоретического обоснования биоэффектов данного МП на организм. Исследованиями сформулирована основная концепция реализации их, указывающая на центральную роль нервной системы. При этом отмечается, что наиболее интенсивное влияние оказывает импульсное МП. Рефлекторный путь его воздействия на организм связан с влиянием на функцию нейросекреции и прохождение нервного импульса. При этом возникает синхронизация колебаний структур организма с внешним МП, что приводит к появлению сигналов, воздействующих на регуляторные системы организма. Следовательно, одним из способов реализации данной задачи является использование МП, синхронизированного с собственными ритмами организма. Найти такие режимы для реальных биосистем чисто экспериментальным путем довольно сложно. С этой точки зрения наиболее доступным и информативным показателем является закономерность флуктуации сердечного ритма, которая и легла в основу теоретического обоснования выбора параметров импульсного МП. Огибающая кривая спектра «хаотических» флуктуаций частоты сердечных сокращений в состоянии покоя с определенным приближением может быть аппроксимирована семейством кривых вида f^{-n} , где $n = 0,8-1,4$. Сигнал магнитогенератора, спектральная плотность которого зависит от частоты по этому закону, обеспечивает создание условий «комфортного» состояния организма при воздействии МП. Для достижения наибольшего биоэффекта разработан комплекс схем воздействия МП, который может послужить основой для создания новых методик терапии различных патологических состояний организма. При этом необходим индивидуальный подбор параметров низкочастотного магнитного поля.

ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ АНАЛОГА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПРИ МЕЖПЛАНЕТНОМ ПОЛЕТЕ И НА ЛУННОЙ БАЗЕ

Л.Б. Луганский¹, К.А. Труханов²

¹Институт физических проблем имени П.Л. Капицы РАН, Москва

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Межпланетное магнитное поле на порядки ниже геомагнитного (ГМП). Пребывание в таких полях будет, как правило, неблагоприятно сказываться на жизнедеятельности. Одно из решений проблемы отсутствия ГМП при межпланетном пилотируемом полете и на лунной базе – создание с помощью той или иной магнитной системы его аналога [Trukhanov K.A., Lugansky L.V. 2006, Луганский Л.Б., Труханов К.А., 2008]. Магнитное поле аналога должно быть достаточно близким к ГМП; системы должны обладать небольшой массой и энергопотреблением; вписываться в конструкцию корабля или базы. Можно создавать лишь один компонент поля, например, продольный по отношению к кораблю. Не исключено, что аналог ГМП потребуются и для биорегенеративной системы жизнеобеспечения.

Как показал анализ, предпочтительны активные системы, в которых магнитное поле обеспечивается циркулирующим током. Они будут обладать сравнительно малой массой и энергопотреблением по сравнению с другими системами. Целесообразно использование соленоидальных систем, у которых однородность поля достигается оптимальным расположением витков по длине, а ток во всех витках одинаков.

Кроме технических проблем, возникает ряд биологических. Их решение потребует серьезных исследований: например, возможные режимы аналога ГМП (постоянный или с периодическим отсутствием поля, что особенно важно для работ на лунной базе), требования к однородности поля, какие биологически значимые вариации ГМП необходимо воспроизводить и т.п.

РОЛЬ ФАКТОРА ЭЛОНГАЦИИ ТРАНСЛЯЦИИ eEF2 В УМЕНЬШЕНИИ СКОРОСТИ СИНТЕЗА БЕЛКА НА РАННИХ СРОКАХ МОДЕЛИРУЕМОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ

Е.А. Лысенко, О.В. Туртикова, Б.С. Шенкман

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Существенным последствием гравитационной разгрузки является потеря мышечной массы. Одной из основных причин этого феномена является снижение скорости синтеза белка и увеличение скорости его распада. Для изучения влияния гравитационной разгрузки на процессы регуляции синтеза белка в постуральной мышце (*m. soleus*) была выбрана общепринятая модель — вывешивание по Новикову–Ильину [Novikov, 1981]. Несмотря на то, что она широко используется для моделирования эффектов гравитационной разгрузки, точные механизмы резкого снижения интенсивности синтеза белка пока не установлены. В связи с этим нами была проведена оценка активности ряда сигнальных систем, играющих ключевую роль в регуляции синтеза белка [Proud, 2007].

Уже после 3 сут вывешивания мы наблюдали тенденцию к снижению содержания белка в мышце, а после 7 сут снижение было достоверным. Активность киназы S6 белка рибосом р70S6k снижалась только к 14-м суткам разгрузки, тогда как активность другой киназы (p90 RSK) находилась либо на контрольном уровне (3 и 14 сут), либо превышала его (7 сут). Напротив, активность фактора элонгации (eEF2), играющего ключевую роль в регуляции процессе элонгации трансляции, снижалась на всех сроках функциональной разгрузки.

Таким образом, резкое уменьшение скорости синтеза белка в постуральной *m. soleus* на ранних сроках функциональной разгрузки вероятнее всего вызвано уменьшением скорости элонгации трансляции. Наиболее вероятной причиной этого являлось увеличение уровня фосфорилирования фактора элонгации eEF2.

Работа поддержана грантом РФФИ №11-04-01769-а.

МЕТАБОЛИЧЕСКОЕ КУПИРОВАНИЕ ОСТЕОПОРОЗА РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА

**Е.И. Маевский¹, М.Л. Учитель¹, Е.В. Гришина¹, А.Г. Погорелов¹, Л.А. Богданова¹,
М.Н. Кондрашова¹, А.Н. Мурашев², А.М. Зякун³, А.А. Байрамов⁴, П.Д. Шабанов⁴**

¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область

²Филиал Института биоорганической химии РАН, Пущино, Московская область

³Институт биохимии и физиологии микроорганизмов, Пущино, Московская область

⁴Военно-медицинская академия и Институт эндокринологии, Санкт-Петербург

Остеопороз является одним из результатов действия микрогравитации при длительных КП и относится к широко распространенной патологии. Нами промоделировано несколько моделей остеопороза – связанного с эндокринной недостаточностью, и развивающегося при «микрогравитации». Эндокринную недостаточность у самок крыс регистрировали цитологически по влагалитному мазку в виде резкого укорочения фазы эструса и преобладания диэструса. У взрослых самцов крыс остеопороз вызывали либо путем односторонней гонадэктомии, ослабляющей половое поведение и снижающей уровень тестостерона в крови, либо «микрогравитационным» вывешиванием в течение месяца. Удалось подобрать 3 разные композиции (в зависимости от вида остеопороза) из природных метаболитов с микродозами витаминов, но без гормонов. Метаболиты использовались как носители металлов, в том числе кальция. Усвояемость метаболитов оценивали по изотопу ¹³C в составе выдыхаемого CO₂ после внутрижелудочного введения обогащенных изотопом метаболитов. Бедренные кости рентгеноденситометрировали, уровень гормонов и тропных факторов оценивали иммунологически, активность щелочной фосфатазы плазмы – спектрофотометрически, содержание Ca⁺² в плазме крови – потенциометрически. Бедренные кости анализировали гравиметрически и по элементному составу.

Биологически активная добавка (БАД) для «климактерических» самок зарегистрирована и разрешена к клиническому применению [Песков и др., 2005]. БАД для гипогонадных самцов крыс и подвергавшихся «вывешиванию», проявили позитивное профилактическое и лечебное действие в отношении стимуляции полового поведения и в качестве средства частичного купирования остеопороза, который, очевидно, носил функциональный характер [Григорьев и др., 1994].

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ ИЗ МАТЕРИАЛОВ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ В ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКАХ, ПОСРЕДСТВОМ ИНТЕРКАЛИРОВАНИЯ В МАТРИЦУ ПОЛИМЕРОВ БЕТОНИТОВ С ДОБАВКАМИ БАКТЕРИЦИДНЫХ ИОНОВ***Р.Г. Марданов¹, Л.Н. Мухамедиева¹, В.И. Беклемышев²***¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва²Закрытое акционерное общество «Институт прикладной нанотехнологии», Москва

В связи с увеличением длительности автономного функционирования обитаемых гермообъектов различного назначения (космических кораблей, подводных лодок) приоритетным направлением обеспечения их санитарной безопасности, в том числе по содержанию токсичных микропримесей в атмосфере, является создание конструкционных материалов с повышенной стойкостью к воздействию неблагоприятных факторов КП (перепады температуры, влажности, воздействие различных излучений, грибов и бактерий).

В данной работе представлены исследования биосовместимости (по показателям санитарно-химической безопасности) перспективных полимерных материалов и покрытий, в матрицу которых введены наноконпозиты на основе экологически безопасного природного монтмориллонита, интеркалированного биологически активными ионами металлов (серебра, церия, меди), при применении в обитаемых герметичных помещениях и пилотируемых космических аппаратах, с учетом их старения под воздействием условий длительного КП.

В результате санитарно-химических исследований количественного и качественного состава компонентов газовой выделений образцов, подвергнутых ускоренным климатическим старениям сроками в 10, 15 и 20 лет, сочетанием методов газовой хроматографии и масс-спектрометрии (ГХ-МС) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) показано, что введение в полимерную матрицу наноконпозита на основе природного монтмориллонита, интеркалированного ионами металлов, снижает на 4–5 порядков величину интенсивности газовой выделений химических веществ, главным образом за счет снижения деградации основных макроцепей с выделением мономерных остатков. Данный эффект обусловлен высокой сорбционной активностью слоистых силикатов и уменьшением процесса окислительной деструкции полимеров металлами, внедренными в композит, обладающими различным сродством к кислороду. Реализация принципа «нецепного» ингибирования процесса деструкции полимеров снижает активность процессов старения, увеличивая длительность эксплуатации модифицированных неметаллических материалов.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДЕКОМПРЕССИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖЕЙ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ***Т.В. Матюшев, М.В. Дворников, С.П. Рыженков, В.И. Четин***

Научно-исследовательский испытательный институт Военной медицины Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова Министерства обороны России, Москва

Цель работы — разработка и обоснование методики прогноза и профилактики высотной декомпрессионной болезни у экипажей космических аппаратов в условиях вынужденной внекорабельной деятельности на основе математической модели респираторной системы. Для достижения поставленной цели нами была разработана адекватная декомпрессионным воздействиям методика вычислительного эксперимента, спрогнозирована динамика физиологических показателей газообмена, проведена оценка риска возникновения высотной декомпрессионной болезни.

При решении первой задачи, разработке методики вычислительного эксперимента, мы основывались на том, что модель респираторной системы должна позволять выбором соответствующих внешних переменных провести компьютерное моделирование широкого набора ситуаций, характерных для КП, или применяемых в авиакосмической медицине для диагностических целей [Матюшев Т.В. с соавт., 2010).

При решении второй задачи, теоретическом прогнозировании динамики физиологических показателей газообмена, мы имитировали на компьютере изменение концентрации N_2 в соответствии с ростом высоты и режимами полета.

При решении третьей задачи, оценке риска возникновения ВДБ, мы исходили из общепринятых представлений о максимально-допустимом коэффициенте пересыщения [Чадов В.И., 2004]. Расчеты проводились по модифицированной нами регрессионной зависимости:

$$P_K = 7,0501 \cdot 10^{-9} \cdot P_{N_2}^4 - 1,4435 \cdot 10^{-5} \cdot P_{N_2}^3 + 0,011026 \cdot P_{N_2}^2 - 3,0929 \cdot P_{N_2} + 464$$

где P_{N_2} – парциальное давление N_2 в тканях, мм рт.ст., P_K — конечное декомпрессионное давление, мм рт.ст.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ РЕШЕНИЙ

Д.П. Матюшкин

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

На основании анализа данных научной литературы [Дубровский Д.П., 1986; Иваницкий А.М., 2005; Матюшкин Д.П., 2003, 2007, 2010; Эвартс Е.В., 1982] обсуждаются вероятные элементы теории нейронных механизмов принятия решений – сознательных, а также подсознательных.

Предполагается, что основы этих решений — взаимные торможения нейронов-конкурентов, представляющих разные векторы внимания и действия. Нейронные пары с прямыми тормозными взаимодействиями имеются в ретикулярных структурах ствола (включающего таламус и гипоталамус), а также в стриатумах. По-видимому, это быстрее решаемые структуры, нейрональные основы подсознательных решений.

Рассматриваются сложные нейронные структуры сознательных решений, основывающихся на корковых и лимбических процессах с участием стриатумов и таламуса, а также упрощенные схемы условных реакций.

На этой основе сопоставляются скорости, надежности и тренируемости подсознательных решений, сознательных решений и упроченных условных реакций.

ФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА И УЧЕТ СПЕЦИФИКИ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПИЛОТИРУЕМЫХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

А.М. Мёрзлый

Учреждение Российской академии наук Институт космических исследований РАН, Москва

Физические факторы межпланетного пространства (невесомость, повышенная радиация, отсутствие постоянного магнитного поля) имеют важное значение для нормального функционирования человека во время выполнения пилотируемых межпланетных космических полетов. При выполнении пилотируемого полета на Марс выделено три основных этапа, различающихся по параметрам рассматриваемых факторов (околоземное пространство, межпланетное пространство, поверхность Марса). Влияние невесомости и повышенной радиации на здоровье человека исследовано как в наземных, так и космических условиях околоземного пространства. Воздействие гипомагнитных условий на функционирование человека частично исследовано в наземных условиях (снижение напряженности поля в 1000 раз).

Изучение особенностей влияния рассматриваемых факторов на человека требует решение следующих основных задач:

1. Разработка концепции пилотируемых межпланетных полетов (например, цели колонизации Марса).
2. Моделирование условий микрогравитации, повышенной радиации, отсутствия магнитного поля, характерных для межпланетной среды (например, создание специальных гипомагнитных камер).
3. Разработка методологии оценки влияния физических факторов межпланетного пространства (например, подходы и критерии оценки психофизиологического состояния человека в гипомагнитных условиях в режиме реального времени).
4. Изучение закономерностей влияния физических факторов межпланетного пространства на человека с целью определения границ нормального функционирования.
5. Разработка технологий защиты организма человека от негативного влияния физических факторов межпланетного пространства.

ВЛИЯНИЕ ОПОРНОЙ АФФЕРЕНТАЦИИ НА ЖЕСТКОСТНЫЕ СВОЙСТВА СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Т.Ф. Миллер, И.В. Саенко, Д.В. Попов, О.Л. Виноградова, И.Б. Козловская

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Важную часть изменений в двигательной системе, происходящих в невесомости и условиях, моделирующих ее эффекты, занимает снижение мышечного тонуса. Результаты многочисленных исследований в модельных условиях и в невесомости легли в основу представления о тесной связи большинства обусловливаемых гипогравитацией двигательных нарушений с устранением опорных нагрузок, играющих важную роль в системе контроля тонической мышечной активности [Kozlovskaya I.B. et al, 1983, 1988]. Вместе с тем прямых доказательств участия опорной афферентации в развитии гипогравитационной атонии не существовало.

Нами были проведены исследования в условиях наземного моделирования микрогравитации с использованием 3- и 7-суточной «сухой» иммерсии, в которой приняли участие 21 здоровый испытуемый доброволец в возрасте от 22 до 30 лет. Измеряли поперечную жесткость мышц сгибателей и разгибателей голеностопного сустава — *m.tibialis anterior* и *m.soleus* с использованием метода вибрационной вискоэластографии [Timanin E.M., 1989, 1999]. Измерения проводили до иммерсионного воздействия, через 24 ч, на 3-и и 6-е сутки иммерсии. Стимуляцию опорных зон стоп проводили с использованием компенсатора опорной разгрузки по 20 мин в начале каждого часа в течение 6 час каждый день: 10 мин — медленная ходьба, 10 мин — быстрая ходьба.

Было показано, что в условиях иммерсионного воздействия различной продолжительности происходит закономерное снижение поперечной жесткости *m.soleus* и увеличение поперечной жесткости *m.tibialis anterior*. При применении механической стимуляции опорных зон стоп картина менялась на противоположную: поперечная жесткость *m.soleus* увеличивалась, поперечная жесткость *m.tibialis anterior* снижалась.

Таким образом, полученные данные доказывают эффективность механической стимуляции опорных зон стоп в качестве средства нивелирования негативных влияний моделируемой микрогравитации на тоническую мышечную систему.

СОДЕРЖАНИЕ ДЕСМИНА И ПАРАМЕТРЫ КЛЕТОЧНОГО ДЫХАНИЯ ВОЛОКОН КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ КРЫСЫ В ПЕРИОД РЕАДАПТАЦИИ ПОСЛЕ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ

Т.М. Мирзоев, И.В. Огнева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

Целью работы являлось изучение параметров клеточного дыхания и относительного содержания десмина в волокнах камбаловидной мышцы крысы в условиях 3- и 7-суточного восстановления после 14-суточной гравитационной разгрузки.

В эксперименте использовались самцы крысы породы Вистар. Гравитационную разгрузку моделировали путем антиортостатического вывешивания по Morey-Holton. Все процедуры с животными были одобрены комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Параметры клеточного дыхания волокон камбаловидной мышцы определяли методом полярографии по Саксу. Относительное содержание десмина было установлено методом гель-электрофореза с последующим вестерн-блоттингом.

После 3-суточного периода реадaptации произошло достоверное ($p < 0,05$) снижение содержания десмина на 16 % относительно группы «Контроль» и на 12 % относительно группы 14-суточного антиортостатического вывешивания. Исследуемые параметры клеточного дыхания также оказались достоверно сниженными после 3 сут реадaptации. При этом после 7 сут восстановления содержание десмина не отличалось от контрольного уровня, так же как и параметры клеточного дыхания, которые достигли показателей группы «Контроль». Была обнаружена выраженная корреляция (коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,83$) между интенсивностью клеточного дыхания и относительным содержанием десмина – белка, определяющего локализацию и функции митохондрий, что может свидетельствовать о структурно-функциональной роли десмина в клеточном дыхании и, как следствие, энергообмене мышечных волокон в условиях гравитационной разгрузки и последующего периода реадaptации.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ–ИМБП РАН и грантом РФФИ 10-04-00106а.

ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ*Л.Т. Мищенко, Л.И. Остапченко, О.П. Таран, Н.И. Ляшук*

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

Изменения про-/антиоксидантного равновесия под действием моделированной микрогравитации рассматривают как формирование общего адаптационного синдрома, который позволяет растению выжить в условиях стресса [Барабой В.А., 2006]. Инфицирование растения вирусом также является стрессовым фактором, поэтому реакция растительного организма на проникновение патогена определяется его защитными механизмами. В связи с этим исследовали изменения пероксидного окисления липидов (ПОЛ) в растениях пшеницы при искусственном инфицировании вирусом полосатой мозаики пшеницы (ВПМП) в условиях клиностатирования. Установлено, что у 7-суточных проростков пшеницы содержание продуктов ПОЛ (ТБК-АП) возросло на 20-27 % в сравнении со стационарным контролем. Это свидетельствует об активации ПОЛ, которая связана со стрессовым влиянием моделированной микрогравитации на растения. Этот вывод подтверждают результаты исследований, в которых установлена индукция окислительного стресса у растений ячменя в условиях реального КП [Шагимарданова Е.И. и др., 2010]. В наших исследованиях инфицирование растений ВПМП в условиях стационарного контроля также вызывало повышение активности ПОЛ в 1,3–2,4 раза в зависимости от сорта растений. В условиях клиностатирования содержание ТБК-АП снизилось на 6–22 % через 7 сут после инокуляции ВПМП, а через 14 сут отметили возрастание их содержания в 1,5–3,0 раза в зависимости от сорта растений и варианта клиностатирования. Вместе с тем, установлено, что в этот период в условиях моделированной микрогравитации содержание антигенов ВПМП находилось на уровне негативного контроля, тогда как в условиях стационарного контроля их содержание было выше в 4,2–5,0 раз. Таким образом, обнаружено, что снижение содержания антигенов ВПМП в растениях пшеницы коррелировало с накоплением продуктов ПОЛ. Это может свидетельствовать об участии процессов пероксидного окисления липидов в угнетении репродукции вируса в условиях моделированной микрогравитации.

ПРОТЕКАНИЕ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ В МОДЕЛИ „ФИТОВИРУС – КАЛЛУСНАЯ ТКАНЬ“ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ*Л.Т. Мищенко, О.П. Таран, А.А. Дунич, О.И. Гордейчик*

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

Снижение содержания вируса в каллусных тканях зафиксировано во многих исследованиях с длительным культивированием каллусов. Допускают, что это может происходить по нескольким причинам, возможно связанным с вирусной репликацией и распространением вируса в недифференцированной ткани, которая растет. Протекание вирусной инфекции в каллусах растений под действием моделированной микрогравитации (ММ) не исследовалось ранее. Поэтому изучали содержание У-вируса картофеля (УВК) в растениях картофеля сортов Крымская роза и Ласунак. Анализ наших исследований с модельными системами, которые включали два сорта растений картофеля, продемонстрировал их общую черту, а именно: в исходных регенерантах, используемых для получения каллусов, не выявляли антигенов УВК. При каллусогенезе как в условиях стационарного контроля, так и в условиях клиностатирования, наблюдали накопление антигенов этого вируса. Таким образом, в исходных регенерантах вирусная инфекция пребывала в латентной форме. Однако последующие исследования протекания вирусной инфекции в модели «фитовирус – каллусная ткань» выявили несколько иную тенденцию. В исходных регенерантах линии № 5 сорта Крымская роза содержание антигенов УВК превышало негативный контроль в 2,4 раза, что достоверно свидетельствует о наличии инфекции. В условиях ММ концентрация антигенов снизилась в каллусах до уровня негативного контроля, а в регенерантах из каллусов на 51,9 % превышала этот показатель. Таким образом, в зависимости от стадии вирусной инфекции в исходных регенерантах, каллусогенез стимулирует накопление антигенов вируса или не проявляет существенного действия на этот процесс. В условиях ММ в каллусной массе происходит накопление антигенов УВК. В этих условиях при латентной инфекции концентрация антигенов повышается в регенерантах из каллуса, а в условиях активной инфекции – снижается. Полученные результаты можно объяснить активацией белок-синтезирующего аппарата клетки в условиях ММ [Barjaktarović Z., et al, 2009; Babbick M., et al 2007]. Молекулярно-биологические механизмы этого процесса требуют дальнейших исследований.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА ПЕРИФЕРИЧЕСКУЮ ГЕМОДИНАМИКУ ЧЕЛОВЕКА

Т.И. Морева, Е.И. Доброквашина, Е.С. Криушев, Ю.И. Воронков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В течение 15 лет нами проводились исследования периферического кровообращения человека методом ультразвуковой доплерографии в экспериментах, моделирующих факторы КП: 1997 год – 120-суточная и 60-суточная антиортостатическая гипокинезия [АНОГ, -6 градусов]; 1999 год – 240-суточная, 90-суточная и 30-суточная изоляция; 2004 год – 7-суточная АНОГ (-4 градуса) в гермообъекте; 2003, 2006 и 2008 годы – 7-суточная «сухая» иммерсия. Используя датчики 2-, 4- и 8-MHz лоцировали крупные артерии и вены головы и нижних конечностей. Регистрировали линейную скорость кровотока (ЛСК) по магистральным внечерепным артериям – общей, внутренним сонным, позвоночным артериям и внутричерепным артериям основания мозга – средней мозговой, передней мозговой, интракраниальной части позвоночных артерий, основной артерии, а также по крупному венозному коллектору, доступному для локализации у части испытуемых – прямому синусу. Регистрировали ЛСК по магистральным артериям нижних конечностей – общей бедренной, поверхностной бедренной, подколенной, заднебольшеберцовой артериям и по глубоким венам, сопровождающим артерии ног. Скорость кровотока оценивали в основном по максимальной пиковой систолической скорости и сравнивали показатели до, во время и после воздействия. В ряде экспериментов (длительная изоляция, «сухая» иммерсия) исследовали реактивность сосудов головного мозга, проводя пробы с гипервентиляцией и апноэ.

Динамика скоростных параметров кровотока свидетельствует о том, что под действием факторов микрогравитации, гипокинезии, изоляции происходит замедление ЛСК по всем магистральным артериям и венам головы и нижних конечностей, снижается реактивность мозговых артерий. Сравнительный проспективный анализ результатов различных экспериментов показал, что при длительной АНОГ изменения минимальны и происходят в более поздние сроки, а в иммерсионной среде ЛСК замедлялась уже на 2-е сутки воздействия. У части испытуемых как при АНОГ, так и в условиях безопорности отмечено затруднение венозного оттока из полости черепа, косвенно свидетельствующее о повышении внутричерепного давления. Применение средств профилактики оказывает влияние на кровоток по нижним конечностям при длительных экспериментах: интенсивность нагрузок способствует ускорению артериального притока, а длительность тренировок – улучшению венозного оттока. Наиболее выраженные изменения периферической гемодинамики человека отмечены при иммерсионном воздействии.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА В РЕГУЛЯЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ОБМЕНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА ФАКТОРОВ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Б.В. Морук, М.П. Рыкова, Е.Н. Антропова, Т.А. Берендеева, С.А. Пономарёв, И.В. Простяков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Результаты иммунологических исследований, накопленные за 40 лет, прошедших с начала исследований иммунологической реактивности у космонавтов на этапах подготовки и после завершения экспедиций различной продолжительности, показали, что механизмы адаптационной перестройки системы иммунитета в ответ на воздействие факторов КП закономерно приводят к изменению параметров, характеризующих состояние врожденного и адаптивного иммунитета.

Использование комплексного подхода при изучении функциональной системы иммунного гомеостаза человека, находящегося в утяжеленных условиях среды обитания, позволило перейти на новый уровень понимания биологического значения системы иммунитета и ее взаимосвязей с другими системами организма космонавтов. Особая роль в процессах взаимодействия клеток иммунной системы с клетками ряда органов и тканей, межклеточная кооперация, позитивная и негативная иммуnoreгуляция отводится цитокинам. Данные, полученные при исследовании цитокиновой системы у космонавтов, свидетельствуют о том, что после завершения длительных орбитальных полетов происходят существенные изменения продукции цитокинов клетками моноцитарно-макрофагального ряда и лимфоцитами периферической крови. Одной из особенностей цитокинового профиля у некоторых из обследованных космонавтов, у которых в послеполетный период наблюдалось значительное повышение

уровня маркера резорбции костной ткани – С-телопептида коллагена I типа, в сыворотке крови являлось превалирование синтеза иммунокомпетентными клетками провоспалительных цитокинов (ИЛ-1, ИЛ-8, ИЛ-6, ФНО- α) над синтезом противовоспалительных цитокинов (ИЛ-4, ИЛ-10, ИФН- γ). Полученные данные, свидетельствующие об усилении синтеза провоспалительных цитокинов, ответственных за остеокластопосредованную резорбцию костной ткани, указывают на важную роль иммунного компонента в развитии реакции костной системы на воздействие микрогравитации.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ — КЛЮЧЕВАЯ ПРОБЛЕМА КОСМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И ГЕРОНТОЛОГИИ

Х.К. Мурадян

Государственное учреждение «Институт геронтологии АМН Украины», Киев, Украина

В ходе эволюционного развития газовый состав атмосферы подвергался существенным количественным и качественным изменениям, которые нередко сопровождались болезненными перестройками и массовой гибелью видов. Это делает обоснованным вопрос о том, является ли современная атмосфера оптимальной с точки зрения возможно полной реализации потенциала жизнеспособности и долголетия. Указанная проблема особенно актуальна в таких «неотшлифованных» эволюцией условиях, как космические экспедиции, в которых атмосфера изначально искусственная, и потому поиск газового состава, оптимизированного для решения тех или иных конкретных задач, представляется просто императивным.

Накопленный к настоящему времени материал свидетельствует об огромных познавательных и прикладных возможностях модифицированных по газовому составу сред обитания. Например, в наших опытах содержание дрозофил в атмосфере с пониженным содержанием O_2 или повышенным содержанием CO_2 приводило к снижению уровня метаболизма, росту жизнеспособности при стрессорных условиях и продлению жизни.

Такие сдвиги были особенно значительными на моделях ускоренного старения. Многообещающими здесь могут оказаться не только традиционные модификации атмосферы с помощью N_2 , O_2 и CO_2 , но и отдельное и комбинированное применение инертных газов, H_2 и газообразных производных других химических элементов. Особые надежды связаны с обогащением атмосферы H_2 , который считается уникальным по эффективности антиоксидантом и восстановительным агентом. Важно то, что в «водородной» атмосфере происходит своеобразное повышение кпд клетки из-за снижения потерь, связанных со спонтанным (неферментативным) окислением никотинамидадениндинуклеотида, глутатиона и других восстановленных эквивалентов клетки. Благодаря такой экономии, уровень метаболизма и связанное с ним потребление пищи снижаются и в течение большей части жизни держатся на плато, которое на 15–30 % ниже контрольного уровня. Примерно в такой же степени растет продолжительность жизни и снижается скорость образования дисульфидных «сшивок» и иных окисленных модификаций макромолекул.

Важно то, что в такой атмосфере на фоне относительной стабильности двигательной активности и репродукции растет выживаемость при различных стресс-тестах. Широкий набор газов и схем их применения позволяют надеяться на возможность быстрой смены атмосферы в зависимости от выполняемых задач и условий жизни, суточных и сезонных ритмов и др. Многообещающими здесь могут оказаться также исследования, направленные на использования такого подхода для лечения отдельных болезней, повышения работоспособности и продления жизни.

Таким образом, содержание биологических объектов в искусственной атмосфере с оптимальным газовым составом может способствовать более экономному израсходованию метаболических ресурсов, повышению жизнеспособности в стрессорных условиях и продлению жизни. Замедление спонтанного окисления восстановленных эквивалентов может обеспечить снижение энергозатрат с пропорциональным уменьшением потребления пищи и скорости «изнашивания» организма, то есть способствовать решению биологических и экономических проблем, которые, в сущности, вечны и одинаково актуальны как в космосе, так и на Земле.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ПСИХИЧЕСКОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ МАРС–500

Ю.В. Мякишева¹, Ю. Покровский²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Российская медицинская академия последиplomного образования Минздравсоцразвития РФ, Москва

Существенной проблемой экспериментов с длительной изоляцией и реальных космических полетов является сохранение нейропсихического здоровья. Одним из подходов к решению этой проблемы является использование психической саморегуляции.

В экспериментах с длительной изоляцией проекта Марс-500 использовалась разработанная нами схема психической саморегуляции с системой подготовки и обучения на основе классического метода И. Шульца. Главными особенностями приемов саморегуляции являются: 1) их автономность; 2) возможность применения приемов по требованию ситуации или регулярно, в качестве профилактического средства; 3) после приобретения навыка ауторегуляторное состояние создается за короткий промежуток времени (в течение нескольких минут), в любой обстановке, при любом положении тела и удерживается нужное количество времени.

В процессе модельных экспериментов проекта Марс–500 нами оценивалось качество приобретенных навыков с помощью 3–уровневого опросника [Лобзин В.С., Решетников М., 1986], содержащего перечисление значимых характеристик ауторегуляторного состояния. Для оперативной оценки самочувствия и эмоционального состояния использовался многоступенчатый тест Осгуда. До и после выполнения метода предполагалось измерение основных физиологических параметров (АД и ЧСС).

В данных экспериментах были сделаны следующие наблюдения и получены результаты:

- выявлено личностно-индивидуальное отношение к методу саморегуляции испытуемыми своего состояния;
- обучаемость методу среди испытуемых так же различалась;
- качество выполнения аутогенной тренировки в целом оценивалось как среднее;
- в 14-с.э. у всех испытуемых была отмечена тенденция к снижению систолического АД и уменьшению ЧСС после выполнения аутогенной тренировки;
- данные теста Осгуда показали улучшение состояние психофизиологической сферы испытуемых на фоне выполнения приемов саморегуляции.

ГЕТЕРОГЕННЫЕ БИОКАТАЛИЗАТОРЫ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ ВОДЫ В ОБИТАЕМЫХ ГЕРМООБЪЕКТАХ

Н.М. Назаров

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В дополнение к существующим физико-химическим методам получения регенерированной воды из водосодержащих продуктов жизнедеятельности человека рассматривается биологический метод очистки применительно к обитаемым замкнутым объектам. В природе активная жизнедеятельность микроорганизмов, как компонентов природного биоценоза, осуществляет трансформацию практически всех вредных органических веществ до конечных продуктов без энергозатрат извне и при температуре окружающей среды. Внедрение в практику биокаталитических свойств целостных бактериальных клеток или выделенных из них ферментов стало возможным с применением методов их иммобилизации на твердых нерастворимых в воде носителях, являющихся по существу гетерогенными биокатализаторами (ГБК). Носители бактериальных клеток или ферментов подбираются экспериментально так, чтобы его структура не являлась диффузионным барьером для обеспечения аэробных процессов кислородом. Совместно с сотрудниками Института биохимии РАН, НПО «Химволокно» был получен ГБК, где в качестве носителя фермента каталазы использовали триацетатцеллюлозу с включением каталазы в процессе формования волокон. ГБК полностью очищал воду от примесей перекиси водорода (50 мг/л), сохраняя до 1 года эффективные каталитические свойства. Другим типом носителя фермента уреазы при очистке водных растворов от мочевины служил аминсилохром, более подходящий для ферментных реакторов колоночного типа. Наиболее простым и универсальным методом является иммобилизация микроорганизмов на твердом носителе путем адгезии, в качестве которого использовали пенополивинилформаль. Совместно с Институтом физиологии и биохимии РАН был получен ГБК на основе

иммобилизованной ассоциативной бактериальной культуры из 3 штаммов, утилизирующей аммиак, метиламин, этилацетат, уксусную кислоту, этанол, ацетон.

МЕТОД ОЧИСТКИ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ ИЗ УРИНЫ ВОДЫ ОТ ТРУДНОУДАЛЯЕМЫХ ПРИМЕСЕЙ

Н.М. Назаров, Ю.Е. Синяк

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Из-за ограничения стартового веса межпланетных космических кораблей необходимо будет обеспечить круговорот воды из всех водосодержащих продуктов жизнедеятельности человека. Среди физико-химических методов регенерации воды окислительно-каталитический метод достаточно эффективен, но энергоемок. Химические же технологии требуют разнообразных исходных реагентов и, соответственно, создают большой объем не утилизируемых отходов. В этой связи особый интерес представляет сочетанное использование физико-химического и биологического методов очистки регенерированной воды от вредных и особенно трудноудаляемых примесей – мочевины и низкоатомных спиртов. Качество регенерированной воды из урины и ресурс колонок очистки, включающих катионит КУ-2х16 в Cu- форме, анионит АВ-17-10ПЧ, березовый активированный уголь БАУ, были значительно повышены путем дополнительного введения в колонку иммобилизованной на аминсилохроме уреазы и иммобилизованной на пенополивинилформале бактериальной культуры, безвредной для человека, животных и растений. Уреаза расщепляет мочевину в конденсате урины до аммиака, воды и диоксида углерода. Бактериальная культура использует образовавшийся из мочевины аммиак в качестве источника азотного питания, а в качестве углеродного – этанол. Введение иммобилизованных уреазы и бактериальной культуры в колонку с ионообменными смолами и активированным углем при низкотемпературном испарении позволило очистить конденсат от трудноудаляемых химическим методом мочевины и этилового спирта; увеличить ресурс колонки, так как этиловый спирт и образующийся из мочевины аммиак в отличие от иммобилизованных смол и активированных углей не накапливаются, а ассимилируются бактериальной культурой по мере поступления; существенно уменьшить объемные и весовые характеристики компонентов колонки.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРИТЕЛЬНО-МАНУАЛЬНОГО СЛЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ И МОДЕЛИРУЕМОЙ НЕВЕСОМОСТИ

И.А. Наумов¹, Л.Н. Корнилова¹, Е.В. Дрынкина¹, Д.О. Глухих¹, А.В. Васин²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский институт Центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина», Звёздный Городок, Московская область

Современная космонавтика характеризуется высоким уровнем сложности задач по визуально-ручному управлению, что предполагает высокую точность зрительного слежения и координации движения руки. В тоже время, адаптация и пребывание в условиях невесомости сопровождается изменением активности и взаимодействия гравитационно-зависимых сенсорных систем, приводя к определенным сенсорным расстройствам, которые отрицательно сказываются на здоровье космонавтов и на качестве выполнения ими профессиональных (операторских) задач. В этой связи особый интерес представляет исследование зрительно-мануального слежения как под влиянием «чистой» невесомости, так и в модельном эксперименте – «сухой» иммерсии, устраняющей опору и минимизирующей тактильную и проприоцептивную афферентацию, но прямо не затрагивающей другой гравитационно-зависимый сенсорный вход – вестибулярный. Зрительно-мануальное слежение исследовалось в ходе пред- и послеполетных обследований 18 российских космонавтов, пребывавших в невесомости на борту РС МКС в течение 126–195 сут, а также в условиях 5(7)-суточной «сухой» иммерсии у 25 испытуемых. Движения глаз регистрировались методом электроокулографии, движения руки – специальным джойстиком по принципу биологической обратной связи. Анализ зрительно-мануальных реакций проводился по амплитудным и скоростным характеристикам следящих движений глаз и руки, латентным временам и общему времени реакции глазодвигательных и мануальных ответов. Послеполетные результаты продемонстрировали схожие, но более выраженные и длительные нарушения зрительно-мануального слежения по сравнению с иммерсионным экспериментом. В обоих случаях точность сле-

жения рукой существенно выше по сравнению с глазом. Амплитудные и скоростные характеристики следящих движений глаз значимо снижены вплоть до 8(9)-х суток после полета и 3(7)-х суток после иммерсии. Достоверные различия в характеристиках моторного акта руки исчезают уже на 4(5)-е сутки после полета и полностью отсутствуют в ходе иммерсии.

ВЛИЯНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СЛИЯНИЕ ПРОТОПЛАСТОВ И РЕГЕНЕРАЦИЮ ИХ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ

Е.М. Недуха, Е.Л. Кордюм

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Соматическая гибридизация путем слияния протопластов растений является одним из направлений современной космической биотехнологии. Мы исследовали влияние комбинированных магнитных полей (КМП) с частотами, резонансными циклотронным частотам ионов кальция, калия и магния на слияние протопластов, выделенных с каллусных тканей *Glycine max* (L.) Merr., *Nicotiana tabacum* L., а также мезофилла листьев *Nicotiana plumbaginifolia* L. и *N. silvestris* L. Характеристика КМП была следующей: $H_{\text{пост.}} = 0,87$ эрстеда, $H_{\text{измен.}} = 6000$ γ, $Ca^{++} - 61,6$ герца, $Mg^{++} - 76,25$ герца, $K^+ - 35,5$ герца. Для выделения протопластов использовали классический метод гидролиза ферментами клеточных стенок. Слияние протопластов в разных комбинациях проводили в магнитной установке (в Физико-техническом ин-те им. Б.Е.Веркина НАН Украины, Харьков) и в соответствующих контролях на протяжении 30–45 мин. Протопласты исследовали в световом микроскопе и лазерно-конфокальном микроскопе LSM 5 PASCAL.

Установлено положительное влияние КМП с частотой, резонансной частоте ионов кальция, на слияние протопластов, выделенных из мезофилла и каллуса, в комбинации: *N. silvestris* x *N. silvestris* и *Glycine max* x *Glycine max.*, а также *N. plumbaginifolia* x *Glycine max.* В то же время КМП с частотой, резонансной циклотронной частоте ионов калия и магния, не оказывало существенного влияния на частоту слияния протопластов. Изучение регенерации клеточной стенки на протяжении 72 ч (после слияния протопластов) проводили цитохимическим методом с использованием 0,05 % раствора флуорохрома Calcofluor White. Показано, что у протопластов, которые сливались под влиянием КМП, с резонансной частотой ионов магния, восстановление клеточной стенки происходило значительно быстрее по сравнению с контролем, а также по сравнению с воздействием КМП, с резонансной частотой ионов кальция и калия. Обсуждается влияние КМП на перераспределение ионов кальция и магния в процессе слияния протопластов, а также в процессе регенерации клеточной стенки.

ЭФФЕКТЫ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ КАЛЬЦИЯ В РАСТИТЕЛЬНЫХ КЛЕТКАХ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ *IN VITRO*

Е.М. Недуха, Е.Л. Кордюм

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Изучение влияния гипергравитации на рост и развитие растений является одной из основных проблем в условиях длительного КП. Влияние гипергравитации на фотосинтезирующие клетки исследовано недостаточно. Известно, что фотосинтез зависит от содержания ионов кальция в хлоропластах; ионы кальция принимают участие в функционировании фотосистемы П и активации ферментов цикла Кальвина. Целью работы было изучение влияния гипергравитации на содержание и распределение ионов кальция в фотосинтезирующих клетках каллуса табака. Каллусные клетки, находящиеся в фазе логарифмического роста, подвергали действию гипергравитации с ускорением 6,5 g, 10 g и 14 g на протяжении 15 и 30 мин.

Для исследования использовали цитохимический метод (окраску ионов кальция раствором Fluor-4, окраску ДНК ядер раствором DAPI) и лазерно-конфокальную микроскопию. Установлен эффект гипергравитации на перераспределение ионов кальция в клетках. Этот эффект зависел от величины ускорения гипергравитации.

В большей части клеток (находящихся на стадии растяжения) гипергравитация вызывала незначительный плазмолиз и перераспределение ионов кальция в клетках: снижение относительного содержания ионов кальция в клеточных стенках и цитоплазме, а также образование кальциевых доменов, связанных с хлоропластами и цитоплазматической мембраной. Учитывая полученные нами результаты

и известную роль различных типов ионных каналов в транспорте кальция, можно предположить, что гипергравитация существенно влияет на работу кальциевых каналов растительных клеток

СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ В МЫШЕЧНЫХ ВОЛОКНАХ В УСЛОВИЯХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ

Т.Л. Немировская, Ю.Н. Ломоносова

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

Кальпаины являются кальций-зависимыми нелизосомальными протеазами, а при функциональной разгрузке в мышце резко увеличивается концентрация кальция [Shenkman B., Nemirovskaya T., 2009], что приводит к их активации. nNOS и Hsp90 также являются субстратами кальпаинов и резкое снижение их уровня при разгрузке мышц может быть связано с активированием кальпаинов. Ранее мы обнаружили, что nNOS участвует в процессах белкового метаболизма при разгрузке мышц, а шапероны Hsp90 могут регулировать активность сигнальной системы Akt [I.Smith and S.Dodd, 2007], поэтому кальпаины опосредованно могут регулировать работу убиквитин-протеасомной системы (FOXO3, E3 лигазы) при разгрузке мышц. Мы предположили, что изменение уровня nNOS и Hsp90 при функциональной разгрузке мышц может регулироваться кальпаинами, а активирование работы nNOS и Hsp90 при вывешивании крыс должно снижать уровень атрофии (из-за блокирования Akt работы транскрипционного фактора Foxo3 и E3 лигаз). Эту гипотезу мы проверяли, активируя nNOS L-аргинином, или блокируя Hsp90 ингибитором 17-AAG (17-(Allylamino)-17-demethoxygeldanamycin) при функциональной разгрузке скелетных мышц крыс. 2-недельное введение L-аргинина при функциональной разгрузке soleus снизило степень атрофии m. soleus и предотвратило разрушение некоторых цитоскелетных белков. При этом было полностью предотвращено снижение концентрации NO в мышце, не наблюдалось увеличение уровня кальпаинов и уровня Hsp90. Снижению степени атрофии в какой-то степени могли способствовать как отсутствие увеличения уровня компонентов системы протеосомальной деградации при функциональной разгрузке (atrogin-1/MAFbx, MuRF-1), так и поддержание интенсивности синтеза белка рибосомальной р70S6 киназой. 3-дневное ингибирование Hsp90 при вывешивании крыс Wistar привело к сохранению индекса массы тела/массе soleus, отсутствию повышения уровня кальпаина и убиквитина, увеличению содержания Hsp90 и менее выраженному снижению Hsp70. Ингибирование Hsp90 привело также к предотвращению падения pFOXO3. Вывод: введение L-аргинина и ингибирование Hsp90 в мышце при вывешивании предотвращает развитие атрофии, снижает уровень кальпаинов, E3-лигаз и препятствует падению FOXO3.

ОТ МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ К ПИЛОТИРУЕМОМУ ПОЛЕТУ НА МАРС: МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.П. Нечаев

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

Осуществление пилотируемого полета человека на Марс требует проведения широкого спектра предварительных исследований в модельных наземных экспериментах, на орбитальных станциях и автоматических космических аппаратах с целью создания адекватной системы медико-биологического обеспечения жизнедеятельности экипажа.

В этом контексте Международная космическая станция (МКС) может рассматриваться как испытательная платформа для отработки перспективных методов и средств контроля и прогнозирования здоровья членов экипажа, оказания медицинской помощи, профилактики неблагоприятного воздействия микрогравитации на организм человека, оптимизации деятельности членов экипажа, мониторинга среды обитания и т.п. Несомненная ценность результатов таких исследований заключается в том, что они получаются непосредственно в условиях реального КП. В докладе представлен краткий обзор медико-биологических экспериментов, реализуемых на Российском сегменте МКС.

Однако длительность марсианской миссии, несопоставимая с продолжительностью (в среднем полгода) основных экспедиций на МКС, а также временные ограничения по выполнению научных экспериментов вследствие занятости экипажа работами по управлению станцией, обслуживанию бортовых систем, ремонту оборудования и др., обуславливают необходимость исследований в условиях, модели-

рующих особенности марсианского полета (полярные экспедиции, наземные комплексы, подводные объекты и т.п.). Одним из примеров комплексного исследования медико-биологических аспектов полета человека на Марс является 520-суточный гермокамерный эксперимент с международным участием, проводимый в Институте медико-биологических проблем РАН (г. Москва), краткое описание которого приведено в докладе.

На основе анализа проблем медико-биологического обеспечения марсианской экспедиции разработаны предложения по проведению исследований в орбитальных полетах и наземных экспериментах в зависимости от их направлений.

ОСОБЕННОСТИ ВОДНО-ЭЛЕКТРОЛИТНОГО ГОМЕОСТАЗА И ДИНАМИКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ 105-СУТОЧНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

И.А. Ничипорук, Г.Ю. Васильева, В.Б. Носков, Б.В. Морук

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Основной целью исследований являлось изучение особенностей водно-электролитного гомеостаза, состава тела, состояния жидкостных сред и динамики потребления макро- и микроэлементов в различные периоды 105-суточной изоляции в гермообъекте у 6 здоровых мужчин-добровольцев в возрасте 24–38 лет. Водопотребление обследуемых не ограничивалось, питание регламентировалось рассчитанным сбалансированным составом продуктов с изменением содержания в рационе хлорида натрия 12–9–6 г/сутки через каждые 35 дней пребывания в гермообъекте. Обследования были выполнены 2 раза до, 4 раза во время и 2 раза после периода изоляции, биоимпедансометрические измерения состава тела и жидкостных сред и взятие крови для анализа проводили утром, натощак. В пробах крови методами иммуноферментного анализа определяли концентрацию тропных гормонов гипофиза, инсулина, с-пептида, тиреоидных и стероидных гормонов. Оценка показателей энергообмена, состава тела и концентрации гормонов в крови обследуемых молодых мужчин-добровольцев показала, что изменения большинства из них не выходили за пределы физиологической нормы, а обеспеченность основными нутриентами (кроме сниженного потребления хлоридов и фосфора, и измененного соотношения жиров и углеводов в рационе питания) была достаточной. При этом отмечались достоверные различия концентрации альдостерона в крови (16-е и 70-е сутки), водопотребления, калорийности, потребления кальция, калия, магния, фосфатов, фторидов, йодидов, меди, цинка и железа с рационом питания (16-, 35-е и 105-е сутки). В течение изоляции не были выявлены существенные изменения уровня гидратации организма, однако ее показатели достоверно коррелировали с динамикой удельного энергообмена. Методами корреляционного и регрессионного анализа установлена связь между потреблением натрия и массой тела, динамикой основного обмена и уровня гидратации организма, возрастом, концентрацией в крови половых гормонов, кортизола, инсулина, с-пептида и свободного трийодтиронина. Полученные результаты свидетельствуют о сохранении основных механизмов нейроэндокринного контроля за состоянием гомеостаза, а также о необходимости профилактики развития микроэлементозов и значительном регуляторном влиянии потребления натрия с рационом питания при нахождении человека в условиях длительной изоляции в гермообъеме.

ПОТЕРИ КОСТНОЙ МАССЫ В ПОЛЁТАХ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.Е. Новиков, В.С. Оганов, А.В. Бакулин, Л.М. Мурашко, О.Е. Кабицкая

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Методом двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии (DXA) по стандартным клиническим программам, включающим поясничные позвонки, проксимальный отдел бедра и «всё тело» проведены многократные до- и послеполетные обследования российских космонавтов – участников экспедиций на международную космическую станцию (МКС).

Анализ результатов динамического наблюдения за состоянием минеральной плотности кости (МПК) космонавтов показал индивидуальную специфичность как исходного состояния костной системы, так и её реакций на воздействие факторов КП.

В большинстве случаев высокие индивидуальные значения минеральной плотности кости даже после обычных (средних по группе наблюдения) потерь МПК после полёта позволяли квалифицировать её состояние как остеопению или даже норму. В то же время, в одном случае, когда МПК была изна-

чально низкой, только дополнительный прием минерального комплекса позволил достичь соответствия согласованным международным стандартам здоровья для МКС. Прекращение дополнительного поступления минералов и влияние факторов КП привели к тому, что послеполётное состояние МПК в соответствии с нормами ВОЗ и стандартами здоровья для МКС квалифицировалось как остеопороз.

Таким образом, подтверждается прогностическое значение исходной МПК для амплитуды её изменений после продолжительных КП. При этом оказалось, что «оптимальная» исходная МПК, детерминирующая минимальные нежелательные изменения в скелете после полёта, существенно выше значений нормы, установленных популяционными исследованиями в США, а также для населения Московского региона. При полётах на МКС была показана в среднем несколько меньшая амплитуда изменений МПК, чем после полётов сопоставимой продолжительности на ОС «Мир», однако индивидуальные различия значительно превышают среднюю разницу результатов при полётах на той или иной станции. Следует отметить, что, применительно к задачам космической медицины, говоря об остеопорозе, подразумевают соответствующее снижение МПК, которое явилось результатом воздействия внешних факторов, однако как и в клинических ситуациях это ассоциируется с ухудшением механических характеристик кости.

Подтверждена индивидуальная прогностическая значимость результатов исследований, полученных после предыдущего полёта по отношению к последующим. При этом отмечена закономерность: амплитуда изменений в разных полётах у одного и того же космонавта может существенно различаться, индивидуальное же соотношение изменений в различных отделах скелета остаётся практически тем же, в том числе при полётах на разных станциях. Учитывая различия в условиях полётов, в том числе и в использовании комплексов профилактики, обсуждается возможная роль генетических механизмов этого явления.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «БИОРИСК»

***Н.Д. Новикова¹, Н.А. Поликарпов¹, Е.А. Дешева¹, В.Н. Сычев¹, М.А. Левинских¹,
Т. Окуда², О.А. Гусев², М. Сугимото³, А.И. Григорьев¹***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Национальный агробиологический институт, Тсукуба, Япония

³Институт биоресурсов Университета Окаяма, Окаяма, Япония

Проблема планетарной защиты является одной из ключевых проблем при освоении дальнего космоса. Наличие устойчивых форм жизни может стать причиной несанкционированного антропогенного распространения земных организмов и прежде всего микроорганизмов на другие небесные тела и, наоборот, инфицирования Земли инопланетными формами жизни. Оценка рисков, связанных с возможным переносом биологической материи в межпланетном пространстве, является приоритетной задачей космических исследований. В ГНЦ РФ — Институте медико-биологических проблем РАН создана и эксплуатируется аппаратура «Биориск» для проведения космических экспериментов с целью длительного экспонирования покоящихся стадий различных форм организмов на внешней стороне Российского сегмента Международной космической станции. Экспериментальным путем впервые было доказано, что способностью к длительному (до 31 мес) выживанию в космическом пространстве обладают не только споры бактерий и микроскопических грибов, но и покоящиеся формы организмов, стоящие в эволюционном ряду на более высоких уровнях развития, что указывает на возможность их переноса на внешних оболочках космических кораблей при межпланетных полётах. Получение этих данных имеет не только научный интерес, но и неопределимое практическое значение для разработки мер планетарной защиты при будущих межпланетных полётах и, в частности, при осуществлении экспедиции «Фобос-Грунт», запланированной на конец 2011 года. В рамках данной экспедиции запланирован российский эксперимент «БиоФобос-Анабиоз», который позволит впервые оценить длительное воздействие дальнего космоса на жизнеспособность различных организмов. Орбитальным контролем к указанному межпланетному эксперименту будет являться новый эксперимент «Биориск», в котором будут использованы аналогичные биологические объекты.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЛОКАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ СКЕЛЕТА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ И ПРИ МЕДИКАМЕНТОЗНОЙ КОРРЕКЦИИ ОСТЕОПОРОЗА В КЛИНИКЕ

***В.С. Оганов¹, И.А. Скрипникова², В.Е. Новиков¹, А.В. Бакулин¹, О.Е. Кабицкая¹,
Л.М. Мурашко¹***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Федеральное государственное учреждение «Государственный научно-исследовательский центр профилактической медицины» Росмедтехнологий, Москва

Проведён анализ результатов многолетних исследований костной системы космонавтов ($n = 80$) экипажей орбитальной станции (ОС) Мир и Международной космической станции (МКС). Установлено, что реакции разных сегментов скелета в этих условиях имеют свои различия и особенности. Предпринята попытка дифференцировать различные виды зоноспецифичности по их генезу.

Так, выявлено теоретически ожидаемое (эволюционно предопределённое) изменение костной массы (КМ) разных сегментов скелета, коррелирующее ($r = 0,904$) с их положением в векторе Земной гравитации. Эта векторная зависимость потерь КМ в разных зонах скелета может быть связана с локальной спецификой экспрессии генов костного метаболизма, отражающей соответствующую механическую предысторию разных структур скелета в эволюции *Homo erectus*.

Обнаруженная при этом высокая индивидуальная вариабельность изменений КМ отражает генетический полиморфизм, что подтверждается установленной зависимостью скорости потерь костной массы с полиморфизмом определенных генетических маркеров костного метаболизма. Установлена индивидуально специфичная стабильность соотношения потерь КМ в разных сегментах скелета независимо от типа ОС.

Последнее рассматривается как проявление фенотипических особенностей локального метаболизма в виде свойственной данному локусу пространственной структуры распределения неколлагеновых белков, являющихся позиционными регуляторами внутрикостного обмена. При медикаментозной коррекции остеопороза ($n = 107$) также установлена зоноспецифичность скорости восстановления КМ, что по всей вероятности связано с различной эффективностью локальной интервенции остеотропных препаратов в зонах с наибольшей активностью резорбции.

РОЛЬ СУБСАРКОЛЕММАЛЬНОГО ЦИТОСКЕЛЕТА В ГРАВИРЕЦЕПЦИИ ВОЛОКОН СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

И.В. Огнева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В условиях гравитационной разгрузки происходит снижение функциональных возможностей мышечной системы, обусловленное как изменением уровня нервной активации, так и структурными изменениями мышечных волокон.

Целью данной работы являлась оценка состояния кортикального цитоскелета волокон камбаловидной, икроножной и передней большеберцовой мышц крысы породы Вистар путем измерения поперечной жесткости методом атомной силовой микроскопии и определения содержания белков (бета-актина, альфа-актинина, 1, альфа-актинина-4) в условиях 1, 3, 7-, 14-суточного антиортостатического вывешивания и последующего 3-суточного восстановления. Все процедуры с животными были одобрены комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Было показано, что поперечная жесткость сарколеммы с кортикальным цитоскелетом снижается во всех исследованных мышцах уже через сутки гравитационной разгрузки.

При этом наблюдается увеличение содержания альфа-актинина-1 в цитоплазматической фракции белков и снижение альфа-актина-4, а также бета-актина в мембранной фракции. После 3-суточного восстановления поперечная жесткость волокон камбаловидной мышцы восстанавливается до уровня контроля, так же как и содержание бета-актина в мембранной фракции белков. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменения состояния кортикального цитоскелета волокон скелетных мышц не зависят от уровня нервной активации и обусловлены, по-видимому, изменением уровня нагрузки.

При ее снижении в условиях антиортостатического вывешивания происходит деградация кортикального цитоскелета, обусловленная уменьшением содержания бета-актина в мембранной фракции и разнонаправленным изменением содержания актин-связывающих белков, которые играют, помимо структурной, и сигнальную роль.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ–ИМБП РАН и грантом РФФИ 10-04-00106а.

ЭКСПЕРИМЕНТ «БИОФОБОС/АНАБИОЗ» В ПРОЕКТЕ «ФОБОС-ГРУНТ»

***О.И. Орлов¹, В.Р. Алексеев², Е.А. Воробьева³, В.Ф. Гальченко⁴, Е.А. Дешева¹,
А.В. Захаров⁵, М.А. Левинских¹, О.В. Муравенко⁶, Н.Д. Новикова¹, С.В. Поддубко¹,
Н.А. Поликарпов¹, В.Н. Сычев¹***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург

³Факультет почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

⁴Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН, Москва

⁵Институт космических исследований РАН, Москва

⁶Институт молекулярной биологии имени В.А. Энгельгардта, Москва

Проект «Фобос-Грунт» предоставляет уникальную возможность впервые оценить длительное воздействие глубокого космоса на выживаемость покоящихся форм различных организмов в условиях полного отсутствия поддержания параметров жизнеобеспечения. С этой целью в научную программу проекта «Фобос-Грунт» был включен эксперимент «БиоФобос/Анабиоз». Задачами данного эксперимента являются:

- исследование выживания покоящихся стадий бактерий, грибов, животных и растений в условиях межпланетного полета с целью оценки повреждающего действия факторов космической среды на криптобиотические формы организмов и дальнейшей отработки технологии длительного хранения организмов в состоянии биологического покоя;
- исследование биологических, биохимических и молекулярно-генетических изменений в организмах, перенесших длительный космический полет;
- оценка рисков, связанных с возможной трансформацией микроорганизмов, населяющих космический объект, при выносе их в условия открытого космического пространства с последующим обратным вносом внутрь космического объекта;
- сравнение выживания в условиях межпланетного полета покоящихся стадий с различным уровнем жизнеспособности, в том числе и искусственно повышенной за счет использования в процессе культивирования биологически активных веществ, с целью разработки новых биотехнологических методов получения покоящихся стадий для длительной космической транспортировки;
- сравнение выживания покоящихся стадий организмов в условиях межпланетного полета («БиоФобос/Анабиоз») и орбитального полета в контрольном эксперименте на низкой околоземной орбите на внешней стороне РС МКС (эксперимент «Биориск-МСН»).

Для размещения биологических объектов в «Фобос-капсулах» использована методика, реализованная в российской части эксперимента «Экспоуз-Р», который в проводился на внешней стороне РС МКС и завершен в 2011 году.

Эксперимент проводится в рамках российской научной программы. Для проведения эксперимента Решением секции «Космическая биология и физиология» Совета РАН по космосу создана Рабочая группа по реализации программы биологических исследований в проекте «Фобос-Грунт». В состав Рабочей группы вошли представители ГНЦ РФ – ИМБП РАН, ИКИ РАН, ИНМИ РАН, ЗИН РАН, ИМБ РАН, МГУ им. М.В.Ломоносова.

ОБЗОР РАБОТ ПО КОНСТРУКЦИЯМ КОСМИЧЕСКИХ ОРАНЖЕРЕЙ

Д.М. Павлов, Г.И. Морозов

Московский авиационный институт, Москва

1. Описание конструкции космической оранжереи (КО) первым сделал К.Э. Циолковский. Другой пионер российской космонавтики Цандер А.Ф. проводил расчеты конструкций, проводил опыты по выращиванию различных растений и написал объемную рукопись, которая до сих пор не прочитана. О работах Цандера один из авторов сделал доклад в 1970 году.

2. Позже были выполнены проекты КО и изготовлены действующие наземные модели. Использовался солнечный свет и искусственные источники освещения. Разработаны предложения о раздвижении растений в процессе их выращивания, о формировании конвейера производства растительной биомассы.

3. В настоящее время очевидно, что КО – компонент одной из самых сложных бортовых систем пилотируемого космического корабля (ПКА) – комплекса систем жизнеобеспечения (КСЖО) и сама является сложной системой, состоящей из большого числа взаимосвязанных элементов.

Основной компонент КО – вегетационное устройство; другие – средства приготовления раствора и подачи его к корням, освещения листьев, обеспечения теплового режима, сбора урожая, культурооборота и др.

4. Главная проблема применения КО в первом межпланетном полете – обеспечение ресурса в течение многих месяцев без снижения продуктивности.

5. Посевная площадь КО в разных конструкциях состоит либо из плоских устройств, либо из криволинейных поверхностей, которые используются в расчете на экономию массы, объема и потребляемой световой энергии. Для компенсации отрицательного влияния невесомости некоторые авторы предлагают вращать вегетационные устройства.

При размере посевной площади более 10 м²/чел обеспечение работоспособности КО – нелегкая задача. Закрепление корней растений и увлажнение их возможно разными способами вследствие большого разнообразия применяемых растений. Существуют субстраты, заменяющие земной грунт (гранулы либо тканые материалы), возможны бессубстратные конструкции. Субстраты увлажняются чистой водой либо растворами солей.

О КОМПЛЕКСЕ УСТАНОВОК В МГУ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

М.И. Панасюк¹, А.И. Григорьев², В.М. Лебедев¹, А.В. Спасский¹, Г.В. Максимов³, К.А. Труханов^{1,4}, В.Ю. Савельев⁵, С.А. Гудошников⁶, П.А. Кузнецов⁷

¹Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

²Факультет фундаментальной медицины Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

³Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

⁴Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

⁵Общество с ограниченной ответственностью «СС-Технолоджи», Рязань

⁶Общество с ограниченной ответственностью «Магнитные и криоэлектронные системы», Троицк, Московская область

⁷Федеральное государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», Санкт-Петербург

В настоящее время показано, что гипوماгнитные условия (ГМУ), характерные для дальнего космоса, оказывают заметное негативное воздействие на биологические объекты. В МГУ разработан ряд физических установок, позволяющих получить ГМУ в достаточно большом объеме, и получены предварительные результаты их применения.

Представлены основные характеристики некоторых разработанных нами физических установок, позволяющих моделировать и компенсировать геомагнитное поле (ГМП). В лаборатории имеются гипوماгнитные камеры из магнитомягких материалов с характерными размерами от 10–20 см до 1,5 м и коэффициентом ослабления ГМП от 50 до $5 \cdot 10^2$. Имеются установки, позволяющие моделировать и компенсировать ГМП в диапазоне от 0,7 до 100 мкТл, выполненные в виде колец Гельмгольца с характерными размерами от 70 см до 3 м.

Приводятся некоторые результаты экспериментов, выполненные на различных биологических объектах с использованием этих гипوماгнитных камер. В частности, мышей в пластмассовом контейнере (как *in vivo*, так и *in vitro*) помещали в гипوماгнитную камеру.

После определенной экспозиции у них брали кровь и исследовали состояние гемоглобина. Установлено, что действие ГМУ и переменного магнитного поля приводит к значительному увеличению числа комплексов Нб-лиганд, незначительным изменениям сродства гемоглобина к лигандам и к снижению

способности гемоглобина отдавать кислород. Этот процесс может служить основой для формирования тканевой гипоксии в организме человека при воздействии ГМУ, характерных, в частности, для дальнего КП.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы развития приоритетных направлений МГУ.

ВЛИЯНИЕ 5-СУТОЧНОЙ СУХОЙ ИММЕРСИИ НА СОСТОЯНИЕ ЖИДКОСТНЫХ СЕКТОРОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

**Л.Х. Пастушкова^{1,3}, И.М. Ларина^{1,3}, М. Купэ^{2,3}, Г. Гоклен-Кох⁴, В.А. Кульчицкий⁵,
М.А. Кусто^{2,3}, А.М. Новоселова^{2,3,5}**

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²CNRS UMR 6214, Анже, Франция

³Международная ассоциированная российско-французская лаборатория CaDyWEC

⁴The Centre National d'Études Spatiales (CNES), Париж, Франция

⁵Институт Физиологии НАНБ, Минск, Беларусь

Известно, что сухая иммерсия (СИ) вызывает гипогидратацию и гиповолемию. Однако динамика изменения объемов жидкостных секторов до сих пор не изучена. Целью исследования было изучение влияния условий 5-суточной СИ на водный баланс и распределение жидкостей во внеклеточном и клеточном секторах. В эксперименте участвовали 14 практически здоровых мужчин-добровольцев. Рацион был стандартизирован, водопотребление *ad libitum*. На протяжении эксперимента вычисляли частичный водный баланс как разность между суточным водопотреблением и диурезом. Неинвазивную оценку объемов общей жидкости тела (ОЖТ) и жидкостных секторов проводили с использованием импедансометра «Hydra ECF/ICF 4200» в фоне, на 1-е (7 ч после погружения), 3-и и 5-е сутки СИ и на 1-е (7 ч после окончания СИ) и 2-е сутки восстановления. Изменения плазматического объема рассчитывали по показателям гемоглобина и гематокрита (метод Дилл-Костилл). Частичный водный баланс на 1-е сутки СИ снизился примерно на 1 л (290 ± 110 мл vs. -780 ± 170 мл), оставался отрицательным на протяжении СИ, а в 1-е сутки восстановления стал резко положительным (1030 ± 180 мл). Содержание внеклеточной жидкости (ВКЖ) снижалось с первых сут СИ, с максимальным снижением $7,8 \pm 1,4$ % на 3-и сутки. Содержание ОЖТ также снижалось на 3-и сутки на $3,8 \pm 1,0$ % (около 1,6 л). В период восстановления уже спустя 7 ч после окончания СИ объем ВКЖ и ОЖТ не отличался от фона. Объем клеточной жидкости в период СИ и восстановления варьировал в пределах 2–3 % без достоверных отличий от фона. Плазматический объем через 24 ч после погружения снизился на $17,8 \pm 2,7$ % и оставался сниженным до конца СИ, а на 2-е сутки восстановления не отличался от фонового. В заключение, гипогидратация при 5-суточной СИ происходит преимущественно за счет внеклеточного сектора. Она характеризуется быстрым возникновением в первые 7 ч после погружения, и быстрым обратным развитием.

СТРАТЕГИЯ МОНИТОРИНГА И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МКС

А.А. Пахомова, Р.Г. Марданов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Мониторинг качества воздушной среды направлен на получение объективной информации об уровне загрязнения вредными химическими примесями воздушной среды орбитальных станций химическими примесями и эффективности работы систем очистки и регенерации источников с целью сохранения здоровья и работоспособности экипажа. Рассмотрены результаты анализа проб воздуха отобранных на ранних (полеты 2А-3А) этапах функционирования МКС и в период работы постоянных (МКС 1-27) экспедиций. Проанализировано 502 пробы воздуха, доставленные с орбиты, что позволило проследить динамику загрязненности воздушной среды модулей МКС за 11 лет функционирования МКС. Интегральная оценка качества воздушной среды МКС проводилась по показателю суммарной ее загрязненности, основанной на соотношении воздействующих концентраций веществ к предельно допустимым концентрациям (ПДК). Анализ данных показал, что по мере увеличения длительности функционирования МКС прослеживается постепенное увеличение суммарной загрязненности воздушной среды, что

было обусловлено: увеличением объема газовой выделений от внутренних источников техногенного загрязнения, вследствие накопления на МКС грузов, оборудования и научной аппаратуры; загрязнением химическими примесями воздушной среды за счет смешения с атмосферой стыкующихся модулей транспортных и грузовых кораблей и дополнительным газовой выделением от доставляемых грузов. Спектр идентифицированных химических веществ в воздухе МКС значительно расширился за счет веществ 2 и 3 классов опасности (высоко- и умеренно токсичных), обладающих раздражающим и резорбтивным действием, источником которых являются пластмассы, клеи, герметики и другие неметаллические материалы. В связи с этим необходимо уделить особое внимание гигиеническому сопровождению наземной подготовки модулей, стыкующихся к МКС. Актуальной перспективной проблемой санитарно-гигиенического обеспечения качества воздушной среды МКС, а также в длительных автономных полетах является современный мониторинг с разработкой и созданием автоматической прямопоказывающей аппаратуры оперативного анализа качества воздушной среды при проведении текущего санитарно-гигиенического контроля и уровня загрязнения воздушной среды при нештатных и аварийных ситуациях.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ МЕДИЦИНСКИМИ СПЕЦИАЛИСТАМИ, УЧАСТВУЮЩИМИ В ПОИСКЕ И СПАСАНИИ КОСМИЧЕСКИХ ЭКИПАЖЕЙ В МЕСТАХ ПРИЗЕМЛЕНИЯ СПУСКАЕМЫХ АППАРАТОВ

О.В. Переведенцев, О.И. Орлов, А.В. Поляков, Д.В. Перфилов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Приземление космических экипажей в спускаемых аппаратах (далее – СА) транспортных пилотируемых кораблей типа «Союз» является чрезвычайно ответственным этапом, так как связано с высокими техническими и медицинскими рисками.

Для поиска и спасания экипажа в местах приземления СА осуществляются поисково-спасательные работы (далее – ПСР).

Для участия в медицинском обеспечении ПСР в оперативно-техническую группу, формируемую Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация), включаются две врачебно-сестринские бригады ГНЦ РФ — ИМБП РАН, на которые возложено оказание реанимационной помощи в основном районе приземления СА и в зоне баллистического спуска. Опыт проведения ПСР показал, что в основном районе приземления СА медицинских сил и средств достаточно для оказания необходимой помощи и обеспечения медицинской поддержки в ходе эвакуационных мероприятий.

В зоне баллистического спуска СА, как правило, находится только врачебно-сестринская бригада (специалисты ГНЦ РФ — ИМБП РАН) с носимой реанимационной укладкой. Оснащение их носимым комплектом телемедицинской аппаратуры обеспечит бригаду дополнительными диагностическими приборами, повысит эффективность оказания ими неотложной медицинской помощи и проведения лечебно-эвакуационных мероприятий. Носимый комплект телемедицинской аппаратуры должен представлять собой комплекс аппаратных и программных средств, объединенных беспроводными каналами связи. Основное его предназначение - поддержка принятия решений медицинскими специалистами ОТГ при постановке диагноза и оценки степени тяжести состояния членов экипажа, а также при выборе тактики оказания медицинской помощи непосредственно на месте приземления СА и в ходе эвакуации пострадавшего космонавта с возможностью дистанционного взаимодействия со специалистами Удаленного телемедицинского консультативного центра.

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ НА ТРАССЕ ПЕРЕЛЕТА И В ОКОЛОЛУННОМ ПРОСТРАНСТВЕ В РАМКАХ ПРОЕКТА ЛУНА - ГЛОБ

В.М. Петров¹, В.В. Бенгин¹, К.М. Пичхадзе², Н.М. Хамидуллина², Ц. Дачев³

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Федеральное государственное унитарное предприятие Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина, Химки, Московская область

³Институт космических и солнечно-земных исследований Болгарской академии наук, София, Болгария

Осуществление пилотируемого полета на Луну связано с необходимостью решения проблемы обеспечения радиационной безопасности экипажа. Оценки показывают, что при отсутствии специальных

мер защиты от воздействия галактических космических лучей (ГКЛ) соответствующие значения доз могут составить до 0,25 Зв за пол года полета на окололунной орбите. Во время солнечных протонных событий (СПС) дозы дополнительного облучения солнечными космическими лучами (СКЛ) могут в зависимости от толщины защиты составлять от сотых долей до десятков Зв. Вместе с тем в настоящее время нельзя признать полностью надежными модели радиационных характеристик основных источников космической радиации и методы расчетных оценок текущей и прогнозируемых доз облучения экипажа. Для проверки расхождения между расчетными оценками и реальными значениями доз облучения членов экспедиции на Луну в рамках подготовки космического аппарата (КА) ЛУНА – ГЛОБ, предназначенного для детальных исследований экзосферы и поверхности Луны, намечено установить на орбитальный модуль аппарата три дозиметрических блока «Люлин-ЛГ» с целью контроля радиационных условий в точках КА с различной защищенностью. Каждый блок «Люлин-ЛГ» представляет собой самостоятельный дозиметр с полупроводниковым детектором излучения. В докладе представлены характеристики прибора «Люлин-ЛГ» и оценка ожидаемых радиационных условий на траектории полёта КА ЛУНА – ГЛОБ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕТЧИКА С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

В.С. Пичулин, Г.А. Смирнова

Московский авиационный институт, Москва

Излагается математическая модель теплового состояния пилота в защитном снаряжении, описывающая тепловые процессы в организме человека и в вентиляционном костюме и учитывающая влияние внешних факторов (режим полета, погодные условия) на тепловое состояние летчика.

В современных системах вентиляции защитного снаряжения пилот сам вручную регулирует температуру воздуха, подаваемого в вентиляционный костюм. В результате загруженности пилота работами по выполнению своей основной задачи добиться комфортного состояния не удастся, что приводит к перегреву или переохлаждению и потере работоспособности. Гораздо эффективнее автоматическая система управления тепловым состоянием пилота по физиологическим показателям.

На основе разработанной авторами модели составлена система уравнений теплового баланса. Для решения полученной системы уравнений была разработана программа в системе Matlab. При численном решении в качестве входного параметра задавалось значение общих энергозатрат летчика или значение внешней механической работы. Были исследованы режимы полета с разными внешними условиями: в солнечную и пасмурную погоду, при различных значениях скоростей (сверхзвуковой и дозвуковой полет), при различных высотах полета. При численном решении в качестве входного параметра задавалось значение общих энергозатрат летчика или значение внешней механической работы.

Разработанная математическая модель позволяет оценивать тепловое состояние пилота и в зависимости от общих энергозатрат пилота или выполняемой им работы, а также в зависимости от условий полета подбирать необходимую температуру воздуха, подаваемого в вентиляционный костюм летчика. На основе этой модели возможно создание системы с автоматической регуляцией температуры воздуха, обеспечивающей комфортный тепловой режим летчика в течение всего полета, что существенно повысит безопасность полета.

ВЫЯВЛЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ДЛЯ ЛЮДЕЙ СВЕРХНИЗКИХ ЧАСТОТ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ ПРОМЕЖУТКОВ МЕЖДУ ДНЯМИ РОЖДЕНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РОДСТВЕННИКОВ И СОХРАНЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ КОСМОНАВТОВ ПРИ ДАЛЬНЕМ КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЁТЕ ПУТЕМ ВОССОЗДАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ДЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА

Г.В. Погосян

Ереван, Армения

Ввиду неизученности пребывания человека в отсутствие недавно обнаруженных сверхнизкочастотных электромагнитных колебаний приливно-отливного диапазона – главной лунной M_2 (период 12 ч 25 мин) и главной солнечной S_2 (период 12 ч) полусуточных волн, при межпланетном пилотируемом полёте необходимо решить задачу защиты здоровья космонавтов, включая ограждение их от дисфункций эндокринной системы, многие процессы в которой при жизни на поверхности Земли происходят под влиянием природных ритмозадающих факторов. Проведённое статистическое исследование

дование методом Монте-Карло математической статистики совпадений дат рождений среди генетических родственников на основе анализа временных промежутков между днями рождений генетических родственников выявило явление неполной случайности распределения дат рождений среди генетических родственников относительно известных из теории земных приливов длиннопериодных гармоник – солнечной эллиптической волны S_a с периодом аномалистического года (365,259640 сут) и солнечной деклинационной волны S_{sa} с периодом половины тропического года (182,621095 сут). Предполагается влияние и других гармоник – лунной эллиптической волны M_m с периодом аномалистического месяца (27,554551 сут) и лунной деклинационной волны M_f с периодом половины тропического месяца (13,660791 сут), а также волн с периодами половины (14,765294 сут) и целого (29,530588 сут) синодического месяца. Воздействие на людей указанных регулярных космогеофизических колебаний, возможно, происходит из-за вариаций электрохимических свойств воды, из которой на большую часть состоят живые организмы, что благодаря электро-пермеабилзации вызывает вариации интенсивности секреции гормонов, в том числе половых, которые отвечают также за трудоспособность и волевые качества человека. Т.о. естественные электромагнитные колебания требуют пристального внимания в плане воссоздания их фона при дальнем КП.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА, ФОРМИРУЮЩЕГОСЯ В ОБИТАЕМЫХ ОТСЕКАХ ПИЛОТИРУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ

С.В. Поддубко, Н.Д. Новикова, С.А. Харин, К.В. Зарубина, Л.Н. Ленкова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Искусственно созданная и длительно действующая среда обитания Международной космической станции (МКС) служит своеобразной антропотехнологической нишей жизнедеятельности определенных групп микроорганизмов, включающих как микроорганизмы – представители аутомикрофлоры кожных покровов и слизистых оболочек человека, так и патогенные для человека формы и микробы - технофиллы-биодеструкторы и возбудители биокоррозии. В течение многолетней непрерывной эксплуатации МКС регулярно проводится микробиологический контроль состояния воздушной среды и поверхностей интерьера и оборудования обитаемых отсеков. К настоящему времени отобрано около 800 проб аэрозольной фазы и с декоративно-отделочных, конструкционных материалов и оборудования. Всего в среде обитания МКС было обнаружено более 70 видов микроорганизмов. В составе бактериальной флоры доминировали постоянные обитатели слизистых оболочек и кожных покровов человека – представители родов *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*. Помимо типичных представителей аутомикрофлоры человека, в среде обитания МКС часто обнаруживали спорообразующие бактерии рода *Bacillus*, а также грамотрицательные неферментирующие бактерии, являющиеся обитателями природных резервуаров. Состав грибного компонента отличался значительным разнообразием. Наиболее широко в среде обитания орбитальных комплексов были представлены микромицеты родов *Aspergillus*, *Penicillium* и *Cladosporium*. Микроэкология среды МКС в ходе многолетней эксплуатации подвергается специфической эволюции, при этом динамика микробной нагрузки не носит линейно-прогрессирующего характера, а является волнообразным процессом чередования фаз активации и стабилизации микрофлоры, на фоне которых происходит смена доминирующих по численности и пространенности видов. Эволюция микрофлоры сопровождается возникновением медицинских и технологических рисков, способных оказывать влияние на характеристики безопасности и надежности космической техники.

НОВЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ГЕРМЕТИЧНО ЗАМКНУТОГО ОБЪЕМА

С.В. Поддубко, Н.Д. Новикова, С.А. Харин, К.В. Зарубина, Ю.В. Супрунова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Необходимым условием автономной жизнедеятельности экипажа при осуществлении пилотируемой марсианской экспедиции является обеспечение санитарно-микробиологической безопасности среды обитания, что предусматривает поддержание оптимальных уровней микробной обсемененности воздуха, поверхностей интерьера и оборудования, постоянный и надёжный контроль за микробиологическими параметрами среды, наличие адекватных мер противомикробной защиты. В настоящее время для оценки санитарно-микробиологического состояния среды обитания человека в процессе орбиталь-

ных КП разработаны методы контроля и анализа, предусматривающие получение конечных результатов в лаборатории при возвращении экипажей на Землю, что исключено при осуществлении пилотируемых межпланетных экспедиций, во время которых система контроля и управления состоянием микробиологической обстановки должна обеспечить возможность проведения исследований и обработку результатов непосредственно членами экипажа в процессе полета. В настоящее время разработан метод микробиологической экспресс-диагностики внутренних поверхностей герметично замкнутых объектов (метод отпечатков) и создан образец оборудования «Устройство экспресс-диагностики состава микрофлоры», в состав которого входят контактные пластины, изготовленные из прозрачного полимерного материала, выдерживающего многократные режимы стерилизации и мини-термостат, позволяющий инкубировать чашки с посевами непосредственно на борту. Были проведены сравнительные исследования сопоставимости результатов анализа микробной обсеменённости поверхностей с использованием штатной методики отбора проб и нового «метода отпечатков». Проведённые исследования показали высокую сопоставимость результатов, полученных с использованием штатного метода смывов и нового экспресс-метода. Для предотвращения и купирования процессов микробиологических повреждений было апробировано новое экологически безопасное дезинфицирующее средство «ВЕЛТОГРАН», полученное на основе передовых нанобиотехнологий. Результаты проведенных исследований показали, что дезинфицирующее средство «ВЕЛТОГРАН» обладает высокой антимикробной активностью.

МЕДИЦИНСКИЕ СИТУАЦИИ ПРИ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ НА МКС

А.В. Поляков, И.В. Ковачевич, Л.Г. Репенкова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В задачи клинической космической медицины входит сохранение жизни, здоровья и работоспособности членов экипажей на всех этапах пилотируемых полетов. Существенный вклад в совершенствование медицинского обеспечения членов экипажей вносит анализ реальных медицинских ситуаций, возникающих в ходе КП.

Тщательный анализ медицинских ситуаций, зафиксированных в ходе работ на МКС российских членов экипажей ЭО-1 – ЭО-20, а также участников экспедиций посещения, показал, что при КП различной продолжительности возникают довольно разнообразные медицинские происшествия. Для удобства общения все эти медицинские ситуации были разделены нами на несколько основных групп.

Первая группа — медицинские ситуации, связанные с выполнением профессиональной деятельности (внекорабельная деятельность и проведение ремонтно-восстановительных и разгрузочных работ). Вторая группа – медицинские происшествия, связанные с выполнением физических тренировок. В эти две группы, в основном, вошли мелкие термические и травматические повреждения кожных покровов и слизистых оболочек. Третья группа - медицинские ситуации, связанные с особенностями среды обитания и сопровождавшиеся острым раздражением слизистых оболочек (при контакте с пылью) и появлением симптомов головной боли на фоне умеренного повышения концентрации углекислого газа.

Четвертая группа является самой многочисленной группой, в нее включены функциональные и соматические нарушения, которые четко не связаны с вышеперечисленными факторами или обусловлены влиянием комплекса факторов КП.

Во всех случаях развития у членов экипажей МКС острых заболеваний или повреждений была оказана адекватная и эффективная медицинская помощь, что способствовало поддержанию здоровья и работоспособности космонавтов и выполнению программы КП.

ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЙ И ЦИТОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАРОДЫШЕЙ *BRASSICA RAPA L.* В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

А.Ф. Попова, Г.Ф. Иваненко

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Изучали последовательные стадии формирования зародышей, аккумуляцию и локализацию запасных питательных веществ в семенах, сформированных в условиях симулированной микрогравитации (использовали медленное горизонтальное клиностамирование с учетом того, что именно при этом режиме вращения растений воссоздаются определенные эффекты микрогравитации). Исследования на-

правлены на поиск нарушений, возникающих в процессе формирования зародышей в условиях КП, отличающихся от наземного контроля по ряду показателей [Меркис, Лауринавичюс, 1983; Левинских и др., 1999]. Установлена значительная подобность разных стадий формирования зародышей *B. rapa* в условиях моделированной микрогравитации и лабораторного контроля. Вместе с тем, отмечены случаи нарушений процесса дифференциации зародышей *B. rapa* и взаимной ориентации семядолей и зародышевых корней в семенах. Выявлены также отклонения в скорости синтеза и аккумуляции запасных питательных веществ преимущественно в клетках семядолей зародышей *B. rapa* в процессе их формирования, как отмечали и в условиях микрогравитации [Kuang et al., 2004], что может свидетельствовать о гравизависимости синтеза запасных питательных веществ, определяющих качество семян. В целом, выявленные отклонения в аккумуляции запасных питательных веществ в зародышах могут быть одной из основных причин формирования семян в условиях микрогравитации, отличающихся по ряду характеристик от семян наземного контроля.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА СРЕДСТВ МОНИТОРИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВИТАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ КОСМОНАВТОВ НА МЕСТЕ ПОСАДКИ

И.И. Попова, А.В. Поляков, И.В. Рукавишников

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Результаты медицинского обеспечения поиска и спасания космических экипажей, а также проведенных научно-экспериментальных исследований возможности оказания экстренной медицинской помощи на МКС, при экстренной эвакуации со станции, спуска и на месте приземления больного (пострадавшего) члена экипажа показали необходимость разработки дополнительного диагностического оборудования для оценки тяжести состояния космонавта, мониторинга его витальных функций и оказания адекватной неотложной медицинской помощи космонавтам на этапе приземления и в процессе эвакуации. Актуальность работы определяется увеличением факторов риска, связанных с увеличением интенсивности космических полетов, повышением сложности полетных программ, развитием космического туризма, недостаточной проработкой вопросов экстренной эвакуации больного (пострадавшего) члена экипажа и оказания неотложной медицинской помощи в ТПК типа «Союз», а также необходимостью обеспечения медицинских специалистов, привлекаемых для поиска и спасания космических экипажей, дополнительным диагностическим оборудованием, возможным для использования в полевых условиях. Цель работы – создание комплекта средств мониторинга для оценки витальных функций космонавтов на месте приземления с возможностью передачи физиологической информации медицинским консультантам. В состав опытного образца комплекта, разработанного совместно с фирмой Meditech Ltd. (Венгрия) вошли комбинированный прибор регистрации физиологических сигналов (ЭКГ, АД и пульсоксиметрии), интерфейс беспроводной связи, устройство отображения – защищенный компьютер карманного типа, модульное ПМО, укладка для фиксации электродов.

В результате проведенных технологических и медицинских испытаний опытного образца комплекта была показана возможность проведения записи, визуализации и оперативной обработки в реальном времени параметров жизненно важных функций космонавта (ЭКГ, АД и пульсоксиметрии), их длительного мониторинга, с сохранением данных для последующей передачи, обработки и анализа.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ В КОСМИЧЕСКОМ ПОЛЁТЕ: ВНЕШНЕЕ ДЫХАНИЕ И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ У КОСМОНАВТОВ ВО ВРЕМЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРЕБЫВАНИЯ НА МКС

***Ю.А. Попова¹, А.В. Суворов¹, А.И. Дьяченко¹, В.И. Миняев², А.В. Миняева²,
В.И. Колесников¹, В.М. Баранов³***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Тверской государственный университет, Тверь

³Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии РАМН, Москва

По данным отечественных и зарубежных специалистов условия космического полёта (КП) различной продолжительности приводят к изменениям в дыхательной системе человека [Баранов, 1993; Engel, 1991; Prisk, 2000]. Цель данного исследования заключалась в изучении состояния внешнего дыхания и его регуляции у космонавтов во время 180-суточных КП. Определение объёмно-скоростных показателей дыхательного потока, вклада в дыхательные движения торакальной и абдоминальной со-

ставляющих, временных характеристик дыхательного цикла у 9 космонавтов осуществляли с применением бортовой аппаратуры «Дыхание-1» при спокойном дыхании, манёврах форсированного выдоха и вдоха, определении лёгочных объёмов и ёмкостей. Кроме этого, регистрировали длительность максимальной произвольной задержки дыхания на вдохе и выдохе, а также изучали способность космонавта произвольно управлять дыхательными движениями (метод спирокинографии). Измерение параметров внешнего дыхания проводили в предполётный период, в течение КП и после его окончания. Статистически достоверных изменений объёмно-скоростных параметров спокойного дыхания и показателей дыхательного резерва по группе в условиях КП не обнаружено. Изменения паттерна дыхания в КП характеризовались индивидуальными различиями. У большинства обследуемых отмечено повышение вклада абдоминальной компоненты в дыхательные движения, что подтверждает результаты, полученные другими авторами при 14- и 180-суточных КП [Wantier et al., 1998]. В данном исследовании во время КП выявлены статистически значимое увеличение длительности задержки дыхания на вдохе и тенденция к увеличению длительности задержки дыхания на выдохе. Анализ параметров спирокинографии показал, что как переход из наземных условий в условия КП, так и из условий невесомости в наземные дестабилизирует механизмы произвольного управления дыхательными движениями. Полученные результаты свидетельствуют об изменениях в регуляции дыхания в условиях длительного КП, для изучения их механизмов необходимо проведение дальнейших углублённых исследований.

РОССИЙСКАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ КИСЛОРОДА «ЭЛЕКТРОН-ВМ»: СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРОДА В ЭЛЕКТРОЛИЗНОМ КИСЛОРОДЕ ДЛЯ ДЫХАНИЯ ЭКИПАЖА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.Ю. Прошкин, Л.И. Гаврилов, Э.А. Курмазенко

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

Главным источником кислорода для дыхания экипажа на борту Международной космической станции является система генерации кислорода (СГК) «Электрон-ВМ» методом электролиза воды со щелочным электролитом – КОН. Производительность по кислороду 25–160 л/час (все объёмы даны для нормальных условий), ток электролиза 10–64 А. Для очистки кислорода от примеси водорода в СГК входит блок дожигания (БД), который содержит катализатор на основе окиси алюминия с добавкой палладия.

Источниками водорода в производимом СГК кислороде являются:

1. Диффузия водорода через пористую диафрагму между водородной и кислородной камерами ячеек электролизера (12 ячеек электролизера, площадь одной диафрагмы 314 см², толщина 0,5 мм, пористость от 0,6). Поток водорода оценивается в 150–250 мл/час с краткими отклонениями 100–300 мл/час (в ячейке температура 20–40 °С, абсолютное давление ≈ 0,15 МПа, концентрация КОН 15–25 %).
2. Побочные процессы электролиза в коллекторах электролизера. Поток водорода оценивается максимально 0,086 % по объёму от производимого кислорода.
3. Растворение водорода в электролите в водородной камере электролизера и его последующее выделение в трубопроводе при снижении давления. Поток водорода оценивается максимально 12–24 мл/час для концентрации КОН от 25 до 15 % (перепад давления 0,05 МПа, поток электролита через водородную камеру 11 л/час).

По результатам измерений концентрация водорода в кислороде составляет

- до БД от 0,42 до 0,89 % по объёму (при производительности кислорода 25 л/час) и от 0,08 до 0,19 % по объёму (при производительности кислорода 160 л/час);
- после БД от 0,01 до 0,16 % по объёму (при производительности кислорода 25 л/час) и от 0,03 до 0,16 % по объёму (при производительности кислорода 160 л/час).

Степень окисления водорода в БД падает при снижении концентрации водорода и, в среднем, составляет от 90–95 % до 30–35 % для потока кислорода от 25 до 160 л/час.

При стоянке СГК в электролизере идет диффузия водорода через диафрагму в кислородную камеру. Наличие платинового катализатора на электродах способствует окислению водорода. Поэтому при пуске СГК максимальная концентрация водорода в кислороде до БД не превышает 2 % по объёму в течение времени не более 3 мин.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ГЕНЕРАЦИИ КИСЛОРОДА «ЭЛЕКТРОН-ВМ» С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ БЛОКОМ № 009 НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.Ю. Прошкин, Э.А. Курмазенко, Л.И. Гаврилов, А.А. Кочетков

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

Система генерации кислорода (СГК) «Электрон-ВМ» на основе электролиза воды со щелочным электролитом (25 % раствор КОН, циркуляция через катодную и анодную полости электролизера) — главный источник кислорода на борту Международной космической станции (МКС). В СГК «Электрон-ВМ» технологический блок – блок жидкостный (БЖ) № 009 наработал на борту МКС 1265 сут (около 3,5 лет) в период с 26.09.2006 г. по 10.05.2011 г. (при заложенном ресурсе в 365 сут).

За весь указанный период работы в БЖ № 009:

1. Выработано 3232 кг кислорода и 404 кг водорода. Потреблено 3720 кг воды (3636 кг на электролиз и 84 кг унос в виде пара с электролизными газами).

2. Затрачено технологического оборудования 159,5 кг (вес БЖ № 009) и 10,3 кг (вес дополнительно доставленного оборудования). Удельные затраты веса составили 0,049 кг/кг O₂ для БЖ и 0,003 кг/кг O₂ для дополнительно доставленного оборудования.

3. Средняя потребляемая мощность – 8 Вт на получение 1 литра кислорода в час.

4. Ток питания электролизера составлял от 20 до 48 А (выработка кислорода от 50 до 120 л/ч). Нарботано 905011 А-часов (из них 308 сут на 24 А и 879 сут на 32 А).

5. Напряжение на электролизере (12 электролизных ячеек) составляло минимум 19,3 В, максимум 22,5 В. Рост напряжения при наработке ресурса отсутствовал.

6. Циркуляционные насосы наработали: основной - 980 сут (подано 517,4 м³ электролита), резервный – 228,5 сут (подано 120,6 м³ электролита), внешний насос в составе доставленного оборудования – 56,5 сут (подано 29,8 м³ электролита).

7. Через диафрагмы в статических разделителях газожидкостной смеси прошло по 333,9 м³ электролита в кислородной и водородной линиях (площадь диафрагм 0,5209 м² в кислородном и 0,7524 м² в водородном разделителе).

8. Произошли отказы: электромагнитного клапана (отказ устранен доставкой внешнего клапана), основного и резервного циркуляционного насоса (отказ резервного насоса устранен доставкой внешнего насоса), кислородного статического разделителя - выработка ресурса (отказ явился причиной вывода БЖ № 009 из эксплуатации).

Результаты эксплуатации БЖ № 009 показывают, что его потенциальный ресурс превышает 3 г, а при проведении доработки ресурс может увеличиться до 5 лет.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБИТАЕМОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

В.Ю. Прошкин, Э.А. Курмазенко, А.А. Кочетков

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

Регенерационные системы жизнеобеспечения (РСЖО) являются взаимосвязанным комплексом (КРСЖО) в его взаимодействии с другими системами обитаемой космической станции (ОКС) и совместимости с условиями подготовки и проведения полета. В докладе предлагаются последовательные уровни разработки КРСЖО: требования к КРСЖО → технология → технологический аппарат → РСЖО → КРСЖО → все системы ОКС → условия полета. На каждом уровне разработки проводится:

1. Создание системы из комплектующих предыдущих (более низких) уровней.

2. Оптимизация на текущем уровне разработки:

– оптимизация комплектующих с позиции системы;

– оптимизация системы в целом;

– оптимизация требований и характеристик КРСЖО.

3. Создание системы более высокого порядка на следующем уровне разработки.

4. Оптимизация на следующем уровне разработки

Предлагаются 4 этапа разработки КРСЖО.

Этап 1. На каждом из указанных уровней разработки КРСЖО осуществляется:

- выбор технологий и их оценка на данном уровне (достоинства и недостатки);
- технологическая разработка (реализация достоинств, снижение недостатков);
- оценка характеристик (масса, ресурс, энергопотребление и другие);
- оптимизация полученных результатов.

Этап 2. Оценка суммарных характеристик КРСЖО, с учетом ограничений по его созданию и возможности применения на ОКС.

Этап 3. Рассматривается взаимное влияние КРСЖО, других систем ОКС и условий полета. Оценка устойчивости КРСЖО к нештатным ситуациям. Оптимизация систем ОКС (системы управления, системы энергоснабжения и т.д.) с позиции КРСЖО.

Этап 4. Выбор КРСЖО из нескольких альтернативных вариантов для реализации на борту ОКС и определение оптимальных режимов его эксплуатации.

Предлагаемый системный подход к разработке КРСЖО сократит временные и финансовые затраты на создание отдельных РСЖО и снизит вероятность и количество нештатных ситуаций при их эксплуатации на борту ОКС.

НАРУШЕНИЯ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ КООРДИНАЦИИ ПРИ УМСТВЕННОМ УТОМЛЕНИИ И ЕЁ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕ КОРОТКОГО ДНЕВНОГО СНА

А.Н. Пучкова, О.Н. Ткаченко, В.Б. Дорохов

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

При продолжительном выполнении работы, связанной с повышенной умственной нагрузкой, развивается состояние умственного утомления. Оно характеризуется сниженной работоспособностью и повышенным риском совершения ошибок. В связи с этим возникает важная задача мониторинга состояния оператора с целью предупреждения развития умственного утомления, при котором нарушается выполнение ответственных заданий. В настоящее время для этой цели наиболее перспективна технология бесконтактной видеорегистрации движения глаз.

В наших экспериментах испытуемые непрерывно выполняли психофизиологический тест, вызывающий средний уровень умственного утомления. В течение одного часа они решали арифметические задачи, появляющихся на экране компьютера, требующие правильного выбора ответа из двух предложенных, путем щелчка мышью по ответу. Движение взгляда испытуемого регистрировалось с помощью системы видеотрекинга (Eyegaze Development System, LC Technologies, USA), параллельно шла запись движений курсора мыши. Такая схема позволяла анализировать динамику изменения показателей зрительно-моторной координации, вызываемых умственным утомлением.

После выполнения серии, вызывающей умственное утомление, испытуемый отдыхал в течение одного часа перерыв, в течение которого он бодрствовал, или имел возможность уснуть. Через 1 ч отдыха (короткий сон или спокойное бодрствование), сравнивалась эффективность восстановления работоспособности по показателям этого же теста.

Полученные результаты показывают возможность создания бесконтактного метода диагностики умственного утомления и выбора оптимальной длительности восстановительного сна.

Работа выполнена при поддержке Российского гуманитарного научного Фонда (проект № 11-36-00242a1), и фонда Президиума РАН ("Фундаментальные науки — медицине").

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ПОЛЕТЕ РОССИЙСКОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КА «ФОТОН-М» №4

Д.В. Раков, А.М. Аргунова, Е.А. Ильин

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Биологические исследования, проводимые в полетах автоматических космических аппаратов, сыграли существенную роль в решении фундаментальных проблем космической биологии, биотехнологии и физиологии. Полученные научные данные, были эффективно использованы для реализации программы длительных пилотируемых полетов. Чрезвычайно актуальными эти исследования остаются и в интересах дальнейшего совершенствования системы медико-биологического обеспечения сверхдлительных, в том числе межпланетных, КП человека, а также для решения актуальных проблем гравитационной биологии, экзобиологии и биотехнологии.

В соответствии с Федеральной космической программой России одним из проектов для реализации программы исследований в области космической биологии до 2015 год является проект «Фотон-М». Запуск КА «Фотон-М» №4 намечен на 2013 год с длительностью полета до 60 сут. Это будет первый самый длительный полет с автоматическим (без участия человека) содержанием достаточно сложно организованных животных на борту космического аппарата.

КА «Фотон-М» используется главным образом для проведения технологических, а не биологических экспериментов и исследований, так как не имеет на своем борту централизованной системы жизнеобеспечения (за исключением системы терморегулирования). Таким образом, выбор биообъектов для исследований определяется не только целями и задачами экспериментов, но и особенностями газообмена биообъектов, в частности количеством потребляемого кислорода и выделяемой углекислоты. В качестве биообъектов для экспериментальных исследований будут использованы гекконы, иммунокомпетентные клетки, лишайники, споры грибов, микроорганизмы, семена высших растений.

Проведение экспериментов по вышеперечисленным направлениям требует разработки новой или существенную модификацию уже имеющейся бортовой научной аппаратуры. В первую очередь это касается аппаратуры для экспериментов с рептилиями.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КОСМИЧЕСКОЙ РАДИОБИОЛОГИИ

**Л.А. Репина¹, С.В. Ворожцова¹, А.Н. Абросимова¹, Г.П. Снигирева², Н.Н. Новицкая²,
А.А. Иванов¹**

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Федеральное государственное учреждение – Российский научный центр рентгенорадиологии Росмедтехнологий, Москва

В сообщении будут представлены обобщенные результаты авторов доклада по изучению воздействия на организм человека и животных различных видов ионизирующего излучения *in vivo* и *in vitro* применительно к задачам космической радиобиологии.

Проведены цитогенетические исследования лимфоцитов периферической крови космонавтов до и после КП различной продолжительности. Выявлено, что у космонавтов, находящихся в длительных полетах, отмечается достоверное повышение частоты хромосомных aberrаций, особенно после 1-го КП в 3 и более раз превышая фоновые уровни (до полета). Показана необходимость учета результатов цитогенетического обследования космонавтов при оценке полученных доз ионизирующего излучения, а также для прогноза отдаленных последствий облучения.

В связи с планируемым полетом к Марсу проведен модельный эксперимент по изучению воздействия двух разных по продолжительности и мощности дозы режимов облучения (хронического и фракционированного) на хромосомный аппарат лимфоцитов крови обезьян *Macaca mulatta in vivo*. В докладе обсуждается роль мощности дозы облучения в процессах поражения и восстановления цитогенетических нарушений лимфоцитов крови обезьян.

Результаты изучения действие тяжелых ионов на хромосомный аппарат лимфоцитов крови человека *in vitro* и эпителия роговицы мышей *in vivo* показали отчетливую зависимость наблюдаемых цитогенетических эффектов, а также коэффициентов относительной биологической эффективности корпускулярного излучения от дозы и видов излучений.

ВЛИЯНИЕ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА РОСТ ПРОТОНЕМЫ И ОБРАЗОВАНИЕ ПОЧЕК ГАМЕТОФОРОВ У МХА *POTTIA INTERMEDIA*

Р.Т. Рипецкий, Н.А. Кит

Институт экологии Карпат НАН Украины, Львов, Украина

В совместном американо-украинском космическом эксперименте (1997 год) протонема поттии росла в темноте не ветвясь, образуя в космосе дерновинки с круговой симметрией, а на Земле – пучки гравиотрицательных нитей. Красный свет интенсивностью $1 \text{ мкмоль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$ в космосе оказывал лишь фототропическое действие [Chaban et al., 1998], в то время как в наших опытах белый свет, как и красный в космическом контейнере, индуцировал при 1 g ветвление протонемы и образование почек. Наблюдаемое различие обусловлено, по-видимому, онтогенетическими особенностями. В космическом эксперименте в темноту помещали клубки молодой протонемы из спор, растущей на свету, в которых неизбежно встречались различно направленные боковые ответвления протонемы и иницирующие их

примордии. Те и другие сохраняли, вероятно, в космосе первоначальное направление роста, способствуя образованию дерновинок радиальной формы. При регенерации гаметофоров поттии в темноте вторичная протонема до образования гравитропического изгиба продолжала некоторое время направление роста иницирующих ее примордиев. Образующийся после гравистимуляции протонемы угол изгиба, сохранялся в направлении роста при клиностаტიровании. Большинство клеток молодой споровой протонемы, выросшей на свету, у которой почки еще отсутствовали или только начинали закладываться, вряд ли были компетентны к почкообразованию в космосе. Клетки же темновой регенеративной протонемы, по-видимому, сохраняли способность к рецепции света и образованию почек. Для инициации почки апикальная клетка бокового ответвления протонемы должна достичь определенной длины, иначе продолжается нитчатый рост. Отсутствие почек на темновой протонеме в космосе, вероятно, тесно связано с фотозависимой интенсификацией роста ее апикальных клеток. В наших опытах интенсивность образования почек значительно возростала при противоположном направлении векторов гравитации и действия света по отношению к ориентации темновой протонемы поттии.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КЛЕТОК КОСТНОЙ ТКАНИ ПРИ СНИЖЕНИИ ОПОРНОЙ НАГРУЗКИ

Н.В. Родионова¹, В.С. Оганов²

¹Институт зоологии имени И.И. Шмальгаузена НАН Украины, Киев, Украина

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

С использованием электронной микроскопии и радиоавтографии нами исследованы межклеточные взаимодействия в зонах ремоделирования костной ткани у крыс при экспериментальном снятии опорной нагрузки с задних конечностей (продолжительность эксперимента 28 сут), а также у животных, находившихся 2 недели в условиях космического полёта на биоспутнике «Бион-11».

Полученные результаты позволяют полагать, что процессы адаптивного ремоделирования в костной ткани при снятии опорной нагрузки включают следующую последовательность клеточных взаимодействий: первичную реакцию остеоцитов (механосенсорных клеток) на механический стимул; остеоцитарное ремоделирование (остеолизис); передачу механических сигналов через систему костных канальцев и контактирующих отростков остеобластам, а также клеткам костномозговой стромы. Затем в системе стромальные клетки – преостеобласты – остеобласты происходит замедление пролиферации, дифференцировки и специфического функционирования остеогенных клеток, некоторые из них подвергаются апоптозу. Это подтверждается радиографическими исследованиями с применением ³H-тимидина и ³H-глицина в экспериментах на крысах с разгрузкой задних конечностей. При микрогравитации в костях, несущих опорную нагрузку, в отдельных локусах часть остеоцитов подвергается апоптозу. Апоптозные тельца через систему канальцев поступает на костную поверхность, где является хемоаттрактантами для моноцитов и остеокластов, что приводит к активации остеокластогенеза и резорбции костного матрикса.

Однако при микрогравитации и длительном снятии опорной нагрузки на костный скелет, согласно нашим исследованиям, физиологически адекватного восстановления процессов остеогенеза в костной ткани не происходит (или масштабы его снижаются). Кроме того в локусах ремоделирования может развиваться фиброзная ткань, которая не подвергается минерализации, а также появляются адипоциты.

Вышеизложенная последовательность процессов рассматривается как один из механизмов потери костной ткани, который лежит в основе развития остеопении и остеопороза при снижении опорной нагрузки на костный скелет.

РОЛЬ β-ГЛЮКОЗИДАЗЫ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ *ARABIDOPSIS THALIANA* НЕУНН. К УСЛОВИЯМ КЛИНОСТАТИРОВАНИЯ

С.Н. Романчук, Е.Л. Кордюм

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Недавно мы сообщили, что формирование ЭР-телец в корнях проростков *Arabidopsis thaliana* имеет чувствительность к микрогравитации, так как увеличивалось их количество и размер в условиях клиностаტიрования по сравнению с контролем. Кроме этого при клиностаტიровании ЭР-тельца проявили большую вариабельность их формы и размера [Романчук С.Н., 2010]. ЭР-тельца, специфичные для

Brassicaceae, являются производными шероховатого эндоплазматического ретикулума и имеют высокоспецифичную β -глюкозидазу с сигналом задержки ЭР [Matsushima R. et. al., 2003]. β -глюкозидаза (КФ 3.2.1.21), осуществляет гидролиз β -гликозидных связей в β -D-глюкопиранозидах с образованием D-глюкозы и агликона [Nagano A.J. et. al., 2005]. Как известно, β -глюкозидаза выполняет защитную функцию в ответ на действие различных неблагоприятных факторов [Yamada K. et. al., 2009]. Именно поэтому целью нашей работы было определение активности β -глюкозидазы в 5- и 7-суточных проростках *A. thaliana*, которые росли в стационарных условиях и на медленном горизонтальном клиностате (2 об/мин), используя в качестве субстрата 4-нитрофенил- β -D-глюкопиранозид. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре СФ-2000 (Россия). Активность β -глюкозидазы в 5-суточных проростках составила 0,166 units в условиях клиностатирования и 0,154 units в контроле. В 7-суточных проростках активность β -глюкозидазы составила 0,168 units в условиях клиностатирования и 0,149 units в контроле. Полученные данные рассматриваются в свете представлений о влиянии стрессовых факторов на клеточный метаболизм растений.

ФОРМИРОВАНИЕ ВЫХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВЕСТИБУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ КОРРЕКЦИИ

В.А. Садовничий¹, В.В. Александров¹, Т.Б. Александрова¹, Э. Сото², Н.Э. Шуленина¹

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

²Автономный университет штата Пуэбла, Мексика

Представлено моделирование информационного процесса в вестибулярной системе в виде математических моделей составляющих элементов и показаны возможности коррекции информации с целью улучшения процесса персональной ориентации в пространстве в экстремальных условиях.

Представлены модели основных элементов, образующих инерциальные биосенсоры вестибулярного аппарата. Математические модели входных блоков биосенсоров описывают: а) динамику купулоэндолимфатической системы полукружного канала; б) динамику отолитовой мембраны отолитового органа. Модель базового элемента вестибулярной системы – вестибулярного механорецептора, состоит из четырёх блоков. Представлены математические модели биосенсора углового ускорения поворота головы вокруг местной вертикали, образованного двумя латеральными полукружными каналами, и биосенсора углового ускорения поворота головы в сагиттальной плоскости, состоящего из четырёх «вертикальных» каналов. Описана математическая модель гравитоинерциальных механорецепторов – одномерных биосенсоров, являющихся основными компонентами многомерных инерциальных биосенсоров-отолитовых органов. Проведено сравнение с математическими моделями Фернандеса–Голдберга, полученными в семидесятых годах прошлого века.

Вторая часть доклада посвящена анализу возможности коррекции вестибулярной информации с целью улучшения процесса персональной пространственной ориентации. Рассматриваются наиболее важные задачи – улучшение процесса стабилизации зрения в экстремальных условиях визуального управления движением и сохранение вертикальной позы на первом этапе неуправляемого падения.

ИЗМЕНЕНИЯ ВОЛЬТАЖНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСА QRS НА ЭКГ НА ФОНЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

М.М. Салтыкова, Д.В. Попов, О.Л. Виноградова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

На протяжении всего периода пилотируемых полетов электрокардиография остается одним из основных методов контроля функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Накоплен значительный фактологический материал, однако интерпретация выявленных закономерностей представляет определенные трудности. Одна из основных проблем (та же, что и в клинической электрокардиографии) состоит в сложности дифференциации изменений ЭКГ, вызванных различными по своей природе факторами.

Условия переменной гравитации и постральные пробы являются наиболее удобными моделями для оценки влияния перераспределения крови на вольтажные показатели ЭКГ. Ранее было показано, что наиболее устойчивый характер носят изменения амплитуды зубцов QRS, регистрируемых на 50–60 мс от начала QRS и приходящихся на начало фазы изоволюмического сокращения левого желудочка.

Целью данной работы было оценить изменения вольтажных показателей комплекса QRS на фоне физической нагрузки. В исследование были включены ЭКГ-данные 6 человек (мужчин), выполнявших возрастающую нагрузку (100–150–200 Вт) на велоэргометре. ЭКГ-12 непрерывно регистрировалась в исходном положении в покое, на нагрузке и в период восстановления. Во всех случаях на нагрузке регистрировалось достоверное увеличение вольтажа конечной части QRS (зубец S) в отведениях v3-v5 ($0,6 \pm 0,04$ мВ) при значительно менее выраженном снижении амплитуды зубца R.

Таким образом, на фоне физической нагрузки регистрируются изменения вольтажных показателей комплекса QRS, сходные с теми, что были выявлены при переходе в ортостатическое положение и при гипергравитации. Возможным механизмом, ответственным за эти изменения является следующий: увеличение сократимости миокарда, вызванное возрастанием нагрузки, приводит в большему выдавливанию биологических жидкостей из сердечной стенки и уменьшению эффекта шунтирования внеклеточных токов в систолу и, как следствие, регистрации большей разности потенциалов на поверхности тела. Поскольку амплитуда зубца S приходится на начало фазы изоволюмического сокращения левого желудочка, то наибольшие изменения комплекса QRS проявляются в увеличении этого показателя.

КОМПЕНСАЦИЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ВОЗДЕЙСТВУЕТ НА ЗРИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕКА

Р.М. Саримов, В.Н. Бинги

Учреждение Российской академии наук Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва

В работе исследовалось влияние компенсации геомагнитного поля до уровня менее 0.4 мкТл (далее гипомагнитные условия или ГМУ) на размер зрачка и саккадические движения глаза человека. 40 человек приняло участие в экспериментах. Испытуемые подбирались таким образом, чтобы общую группу людей можно было разделить на четыре подгруппы разных по гендерным и возрастным признакам. Каждый испытуемый принял участие в двух экспериментах. В одном из экспериментов незаметно для испытуемого включался режим ГМУ, в другом включался режим имитации гипомагнитных условий. В каждом эксперименте испытуемые выполняли когнитивные тесты на скорость реакции, кратковременную память на цвет, распознавание букв и слов. Для большинства испытуемых нахождение в ГМУ приводило к замедлению времени ответа и увеличению ошибок в тестах [Саримов Р.М. 2008, Binhi V.N., 2009]. Здесь представлены данные анализа видеозаписи движений правого глаза испытуемых во время экспериментов. Видеозапись производилась при помощи закрепленной на голове испытуемого камеры, снимающей в ближнем ИК диапазоне. Программа, написанная в ИОФРАН, находила площадь зрачка в кадре фильма, а также разницу в площади и местоположении центра зрачка между соседними кадрами. Результаты показывают, что при 45-минутном нахождении в ГМУ статистически значимо увеличивается площадь зрачка на 3 % ($p < 0,001$, t-test). Также было обнаружено, что в ГМУ уменьшалась двигательная активность зрачка и стандартное отклонение в изменениях площади зрачка между соседними кадрами.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ТРЕНАЖЕРОВ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Р.Ю. Сачков, Н.Н. Хабаровский, Э.А. Курмазенко, А.А. Кочетков

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

В докладе освещены принципы формирования архитектуры тренажеров систем СЖО на примере стендов-тренажеров СГК «Электрон-ВМ» и СБМП, созданных в ОАО «НИИхиммаш» по заказу ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

Каждый стенд-тренажер представляет собой программно-аппаратный комплекс в составе: а) макета системы со штатными органами управления и электрическими исполнительными механизмами; б) компьютера-сервера, моделирующего поведение системы; в) рабочего места оператора, оборудованного компьютером, аналогичным бортовому; г) рабочего места инструктора.

Макет каждой системы характеризуется тем, что он визуально повторяет штатные аппараты, имеет штатные органы управления, а также некоторые исполнительные механизмы для имитации шумов, вырабатываемых системой при работе. Тем самым создается имитация работы, в реальности же никаких физико-химических процессов не происходит.

Сервер комплекса предназначен для реализации модели поведения системы и включает 3 логических части: а) модель физико-химических процессов и событий, происходящих в системе (в том числе и при НшС); б) имитатор системы управления; в) интерфейсную часть, предназначенную для связи с объектом, с одной стороны, и рабочими местами оператора и инструктора, с другой.

Оператор имеет возможность управлять системой в полном соответствии с бортовой инструкцией, т.е. используя и штатные органы управления, и команды, передаваемые через бортовой компьютер. Контроль работы системы также осуществляется в полном соответствии с бортовой инструкцией: визуально по мнемосхеме на переносном компьютере и по звуку электрических исполнительных механизмов. Инструктор со своего рабочего места осуществляет контроль как действий оператора, так и состояния подсистемы. Интерфейсы рабочего места инструктора и оператора идентичны. Таким образом, инструктор может при необходимости продублировать действия оператора. Кроме этого, инструктор имеет дополнительный интерфейс для непосредственного управления исполнительными механизмами и для задания отказов и НшС в любой момент времени.

ИЗМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ ЦНС БИООБЪЕКТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ШУМОПОДОБНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

И.А. Синельникова, Е.П. Лобкаева

Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

Учитывая тот факт, что физиологические системы животных и человека в процессе эволюции хорошо приспособились к электромагнитному полю Земли, можно с уверенностью предположить, что собственные колебательные процессы биосистем гармонично взаимосвязаны с ритмами естественных колебаний геомагнитного поля (ГМП), и любое изменение ГМП должно приводить к дестабилизации регуляторных функций и провоцировать развитие патологических процессов. Напротив, облучение биологической системы стохастическим сверхнизкочастотным слабым электромагнитным полем со спектром, подобным спектру невозмущенного геомагнитного фона, может оказывать выраженное позитивное воздействие на важнейшие физиологические функции.

В работе представлены результаты исследований динамики магнитной активности головного мозга белых беспородных крыс с помощью метода сверхпроводящей магнитометрии (СКВИД-магнитоэнцефалографии) при воздействии на них полигармонического шумоподобного низкочастотного переменного магнитного поля (ПеМП) различного спектрального состава соизмеримого с интенсивностью геомагнитного поля (с максимальной величиной магнитной индукции в рабочей зоне индуктора до 4 мТл).

Обнаружена высокая чувствительность и избирательность реакции ЦНС животных относительно незначительных изменений частотных и амплитудных параметров воздействующего сверхнизкочастотного ПеМП. Выявлены различные тенденции изменения МЭГ крыс после воздействия ПеМП.

Показано, что метод сверхпроводящей магнитометрии в совокупности с предложенной методикой обработки биомагнитного сигнала, полученного в условиях слабого экранирования, позволяет выявить изменения функциональной активности ЦНС при нарушении ритма естественных колебаний геомагнитного поля.

МЕЖВИДОВАЯ ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДЕЙСТВУЮЩЕГО ИМПУЛЬСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ОДИНАКОВОГО БИОЭФФЕКТА

И.А. Синельникова, Е.П. Лобкаева, Н.С. Девяткова

Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

В докладе представлен теоретически обоснованный и экспериментально подтвержденный концептуальный подход к решению задачи межвидовой экстраполяции параметров импульсного магнитного поля (ИМП) для получения одинакового биологического эффекта при воздействии на животных различного уровня системной организации.

При обосновании выбора режимов воздействия низкоинтенсивным магнитным полем на организм биообъектов для модификации нормальных и альтерированных функций использовали теорию флук-

туаций устойчиво-неравновесных открытых систем вследствие влияния на них различных внешних воздействий. Самоорганизующиеся неравновесные процессы, для которых характерны $1/f$ -флуктуации, легко подстраиваются под ритмы внешних даже очень слабых воздействий, в том числе, к влиянию слабых магнитных полей. Наиболее реактивными, т.е. способными работать в широком диапазоне условий и легко адаптироваться к непредсказуемым изменениям внешней среды открытыми системами организма являются те, которые выполняют регуляторные функции (центральная нервная, эндокринная и вегетативная).

Экспериментально доказанная математическая модель, описывающая огибающие спектров распределения флуктуаций частоты сердечных сокращений (ЧСС) $U(f) = a \cdot f^{-n}$ (с показателем степени "n" от 0,8 до 1,7 для различных биологических объектов) служит критерием для подбора формы модуляции и режимов воздействия. Установлен критерий устойчивости и нарушения функциональных систем организма при воздействии ИМП. Показано, что ИМП, согласованное по спектральной плотности со спектральной плотностью флуктуаций ЧСС биообъекта, способно модифицировать его состояние, приближая его к физиологической норме, при этом не наблюдается нарушений в состоянии здорового организма. При рассогласовании ИМП со спектральной плотностью флуктуаций ЧСС реализуется нарушение функционирования регуляторных систем организма на различных уровнях системной организации.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИПОГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ, СКВИД-ДИАГНОСТИКА И КОРРЕКЦИЯ НАРУШЕНИЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

И.А. Синельникова, Е.П. Лобкаева, Н.С. Девяткова

Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

В докладе представлены возможности экспериментально-теоретической базы РФЯЦ-ВНИИЭФ для моделирования гипогеомагнитных условий с помощью магнитоэкранированной комнаты (МЭК), входящей в состав биомагнитного измерительного комплекса. Эта комната используется для экранирования сверхпроводящей квантовой интерферометрической системы (СКВИД-системы) от внешних помех, обусловленных геомагнитным полем и электромагнитными полями промышленного происхождения (уровень экранирования $\sim 4 \times 10^2$ раз в диапазоне до 100 Гц). Показаны перспективы использования строящейся в РФЯЦ-ВНИИЭФ МЭК (уровень экранирования $\sim 0,35 \times 10^5 \dots 1 \times 10^5$ раз) в качестве научно-исследовательской базы коллективного пользования для исследований влияния продолжительного действия гипогеомагнитных условий на биообъекты.

Представлены результаты положительного действия низкоинтенсивного импульсного магнитного поля (МП) на динамику магнитной активности головного мозга человека, полученные с помощью многоканальной СКВИД-магнитометрии. Продемонстрированы диагностические возможности и преимущества метода СКВИД – магнитоэнцефалографии для раннего выявления, прогнозирования и оценки динамики изменений психофизиологического состояния при воздействии различных факторов на организм. Показана возможность использования комплекса СКВИД-магнитометрии для диагностики и низкочастотного магнитного поля для коррекции нарушений психофизиологического состояния с целью восстановления операторской деятельности на этапах отбора, предполетной подготовки и послеполетной реабилитации.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БИОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СКВИД-МАГНИТОМЕТРИИ

И.А. Синельникова¹, Е.П. Лобкаева¹, А.В. Голубев, И.Б. Ушаков²

¹Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Многочисленные физические методы исследования, использующие регистрацию электромагнитных полей, которые генерирует организм животного или человека в процессе функционирования, позволяют получать объективную информацию о состоянии его отдельных органов и всего организма в целом. К таким методам можно отнести биомагнитный (БМ) и электрофизический методы, которые суще-

ственно дополняют друг друга, и каждый из них предоставляет исследователю уникальную информацию, которую невозможно получить никаким другим способом.

В докладе представлены результаты исследования влияния различных факторов (ксенон-кислородной газовой смеси, электромагнитного поля и др.) на психофизиологическое состояние биообъектов с использованием сверхпроводящих квантовых интерферометрических систем (СКВИД-градиометров). Приведен сравнительный анализ результатов оценки параметров спонтанной, вызванной функциональными нагрузками и действием различных факторов электромагнитной активности головного мозга человека при использовании биомагнитного метода исследования и электрографического, основанного на электрографической системе NEOCORTEX2.1. С помощью t-критерия Стьюдента и метода пошагового дискриминантного анализа были выявлены и дифференцированы с точностью до 0,001 % различные классы функциональных состояний.

Показаны основные преимущества СКВИД-магнитоэнцефалографии для выявления нарушений функционирования центральной и вегетативной нервной системы, выявленные в процессе исследований. Преимущества этого уникального метода неинвазивной диагностики позволяют использовать его для раннего обнаружения нарушений операторской деятельности, при действии экстремальных факторов труда и внешней среды, а также в системе профотбора специалистов опасных профессий.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙТЕРИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Ю.Е. Синяк, Н.М. Кривобок, С.О. Смолянина, Ю.А. Беркович, Е.С. Григорьева, Т.П. Короткова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Представлены данные по изучению влияния поливной воды с пониженным содержанием дейтерия (легкоизотопной воды) на рост и состояние растений при различных световых и температурных режимах, а также в условиях повышенного радиационного фона. Объектом экспериментов явились растения двух видов листовой капусты (*Brassica chinensis* L. и *Brassica japonica* L.) и мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Растения выращивали на питательном растворе, приготовленном для контрольных вариантов на дистиллированной воде с содержанием дейтерия, близким к стандартному (110–125 ppm), для опытных вариантов – на легкоизотопной воде с содержанием дейтерия не более 10 – 20 ppm. Растения капусты выращивали при двух температурных режимах: (27–31) °С и (22–24) °С при круглосуточном освещении дуговой натриевой лампой с двумя уровнями плотности потока фотонов (ППФ): 85 и 250 мкМоль/м²·с; для пшеницы ППФ составляла (340 ± 24) мкМоль/м²·с. Эксперименты выявили стабилизирующее влияние легкоизотопной воды на рост и структуру растений при понижении температуры воздуха, что свидетельствует об активизации синтеза фотоассимилятов при уменьшении концентрации дейтерия в воде. Аналогичные результаты были получены на проростках пшеницы в условиях естественного радиационного фона. При периодическом облучении пшеницы γ -частицами при суммарной дозе поглощенной радиации 100 – 120 сГр при поливе водой с содержанием дейтерия 120 ppm было отмечено угнетение кущения и роста растений. При выращивании пшеницы на легкоизотопной воде радиационное облучение не повлияло на рост главного побега и в меньшей степени, по сравнению с контролем, угнетало кущение. Таким образом, легкоизотопная вода при определенных условиях может оказывать позитивное воздействие на рост и развитие листовых и зерновых культур.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРОВОТОКА В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ

М.А. Скедина, А.А. Ковалёва

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

На сегодняшний день накоплены обширные данные по перераспределению жидких сред организма, изменению водно-солевого обмена, тканевого метаболизма, изменению центральной и отчасти периферической гемодинамики в условиях микрогравитации, однако исследований динамики кровотока в микроциркуляторном русле (МЦР) в данных условиях не проводилось.

Целью исследования являлось изучение динамики кровотока в МЦР в условиях 21-часовой антиортостатической гипокинезии (АНОГ) с углом наклона -15° при водной разгрузке и инфузионной терапии.

Шесть практически здоровых мужчин (возраст 21–28 лет) приняли участие в 3 сериях исследований. Во всех сериях для усиления эффекта дегидратации организма на 13-м часу АНОГ испытуемым внутривенно вводили по 20 мг «Лазикса». Для компенсации обезвоживания организма применялась инфузионная терапия коллоидным (2-я серия) или кристаллоидным (3-я серия) растворами. Исследование кровотока в МЦР проводилось в области ногтевых валиков большого пальца руки и большого пальца ноги с помощью УЗ высокочастотной доплерографии и компьютерной капилляроскопии. Для статистической обработки использовался критерий Вилкоксона.

Результаты анализа данных показали, что перевод из горизонтального положения в АНОГ приводил к снижению линейной и объемной скорости кровотока в верхних и нижних конечностях. Показатели кровотока МЦР в верхних конечностях к 10 мин АНОГ были близки к фоновым значениям, в нижних конечностях оставались ниже фоновых значений на 25 %. Через 2 ч после приема диуретического препарата отмечалось снижение показателей кровотока в МЦР, более выраженное в нижних конечностях. Динамика показателей МЦР после введения различных препаратов для инфузионной терапии имела различия.

Следует отметить, что в целом можно охарактеризовать динамику кровотока в МЦР в различных сериях исследования по среднегрупповым показателям, однако наблюдали выраженную индивидуальную реакцию на лекарственные препараты и изменение положения тела.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ АДСОРБЕНТ ДЛЯ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ КОНДЕНСАТА АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ

***Е.Ф. Скляр¹, Л.С. Бобе¹, М.С. Амирагов¹, В.В. Гурьянов², М.В. Паршенков²,
А.М. Бескопильный³***

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Открытое акционерное общество «Электростальское научно-производственное объединение "Неорганика"», Электросталь, Московская область

³Волгоградский филиал Института катализа Сибирского отделения РАН, Волгоград

Одним из основных источников питьевой воды на Международной космической станции является конденсат атмосферной влаги (КАВ). Наибольшие сложности в процессе адсорбции возникают при его очистке от низкомолекулярных соединений типа метанола и этанола.

Наилучшей адсорбционной активностью по данным примесям обладают активные угли. Для применения в космических технологиях последние должны иметь высокую прочность. Промышленно выпускаемые угли при вибромеханических нагрузках, имитирующих условия КП, интенсивно истираются и загрязняют угольной пылью регенерированную воду. Из поливинилиденхлорида (ПВДХ) разработан высокопрочный с максимально развитым объемом пор (отвечающий предъявляемым требованиям) углеродный адсорбент ПАУ–СВ (полимерный активный уголь для средств водоочистки).

Вследствие нарушения кооперации и прекращения выпуска ПВДХ на ОАО «Химпром» на базе Волгоградского филиала ИК СО РАН организовано его новое производство. Макромолекула ПВДХ содержит равное число атомов водорода и хлора, которые при температуре ниже температуры плавления полимера отщепляются в виде хлористого водорода. На этом свойстве ПВДХ основан метод синтеза из него углеродного адсорбента. Температурный режим начальной стадии термообработки ПВДХ является ответственным в технологическом процессе, который влияет на пористую структуру и механическую прочность при получении адсорбента.

Проведена оценка эффективности ПАУ–СВ по адсорбции вредных веществ из КАВ в сравнении с промышленно выпускаемыми активными углями. Показано, что ресурс ПАУ–СВ по сорбции этанола в два и более раз выше, чем известные марки углей (АГ, СКТ, ВСК, МеКС и др.).

На основе адсорбента ПАУ–СВ разработан металлоуглеродный катализатор – платинированный уголь ПУ1, применение которого в системах регенерации воды из конденсата атмосферной влаги и конденсата урины обеспечивает высокое качество очищенной воды и ресурс этих систем.

На основе ПАУ–СВ также был разработан палладиевый катализатор ГПДУ, предназначенный для очистки от водорода технической воды из топливных элементов многоцветных космических кораблей.

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛЕРОДНОГО АДсорбЕНТА И КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СИСТЕМЕ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ ИЗ КОНДЕНСАТА АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ

Е.Ф. Скляр¹, Л.С. Бобе¹, М.С. Амирагов¹, В.В. Гурьянов², М.В. Паршенков², А.М. Дорохович³

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Открытое акционерное общество «Электростальское научно-производственное объединение "Неорганика"», Электросталь, Московская область

³Открытое акционерное общество «Научно-производственный комплекс "Альтернативная энергетика"», Электроугли, Московская область

Проблема создания и использования углеродных адсорбентов и катализаторов на их основе в составе технологических схем получения питьевой воды из отходов жизнедеятельности человека крайне важна для обеспечения длительных орбитальных и межпланетных пилотируемых полетов.

Разработанные из фурфурола (в виде гранул шаровидной формы) беззольный, уникально высокопрочный адсорбент ФАС-СВ и на его основе платиноуглеродный катализатор ФАС-П имеют малое гидравлическое сопротивление, сочетают высокую виброударопрочность (требуемую для материалов, применяемых в космических изделиях) с высокой адсорбционной и каталитической активностью, являются экологически чистыми и полностью соответствуют предъявляемым к ним санитарно-гигиеническим требованиям.

В работе представлены результаты испытаний платиноуглеродного катализатора в составе фильтр-реактора при регенерации воды из конденсата атмосферной влаги.

Процесс регенерации осуществлялся при комнатной температуре следующим образом: воздушно-жидкостная смесь конденсата атмосферной влаги поступала в фильтр-реактор, где происходило окисление основной массы вредных органических примесей за счет кислорода транспортного воздуха. Дальнейшую очистку окисленного в фильтр-реакторе конденсата от неорганических и органических примесей продолжали в блоке колонок очистки, где протекают физико-химические процессы обеззараживания, ионного обмена (на катионитах и анионитах), молекулярной сорбции, каталитического окисления и фильтрации.

Полученные результаты испытаний показали надежность и эффективность работы адсорбента ФАС-СВ и катализатора ФАС-П и значительный ресурс при очистке от вредных органических соединений.

По результатам испытаний адсорбент и катализатор на основе фурфурола допущены к штатной эксплуатации в составе системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОСТНОЙ ТКАНИ ЖИВОТНЫХ В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.М. Скрипкин¹, О.Е. Кабицкая², А.И. Хатюшин³, В.С. Оганов², Е.П. Лобкаева⁴

¹Государственное учреждение Научно-производственное объединение «Тайфун», Обнинск, Калужская область

²Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

³Московский государственный университет прикладной биотехнологии, Москва

⁴Федеральное государственное унитарное предприятие Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская область

При изучении костной системы человека (до- и послеполетная остеоденситометрия) было установлено, что наряду с теоретически ожидаемой остеопенией в трабекулярных структурах костей нижней половины тела, происходит увеличение содержания минералов в костях верхней половины скелета (кости черепа, шейные позвонки, иногда ребра, кости плечевого пояса). Этот феномен объясняется как результат перераспределения жидкостных сред организма и электролитов в краниальном направлении. Как следует из данных ГУ РФЯЦ ВНИИЭФ, одним из средств восстановления такого перераспределения, как и модификации других неблагоприятных изменений, может оказаться использование низкочастотного импульсного магнитного поля (НИМП).

В опытах в качестве источника такового использовали генератор с максимальным значением магнитной индукции в рабочей зоне до 3.5 мТл при максимальном напряжении конденсаторов 500 В. Задачей работы была проверка обеих гипотез.

Объектами исследования были: кости крыши черепа, диафиз и эпифиз большеберцовой кости, выделенные от 7 животных каждой группы. Методом лазерно-искровой спектроскопии определены спектральные интервалы и линии Ca, Mg, P, Zn, которые можно использовать как аналитические для качественного экспресс-анализа этих элементов в образцах костей.

После двухнедельного вывешивания концентрация элементов (Ca, P, Zn) имела тенденцию возрастать в костях черепа и снижаться в большеберцовой кости, причём в эпифизе в большей степени, чем в диафизе, что подтверждает наблюдаемое в пилотируемых полетах перераспределение электролитов в краниальном направлении.

Использование низкочастотного импульсного магнитного поля оказывало в целом тормозящий эффект на восстановление уровня минералов относительно их выявленного перераспределения.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ

А.Ю. Смирнов¹, Л.С. Бобе¹, А.В. Кирюхин¹, Н.В. Рыхлов¹, В.А. Солоухин¹, П.О. Андрейчук²

¹Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

²Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

В настоящее время в составе системы регенерации воды из конденсата атмосферной влаги СРВ-К2М Международной космической станции (МКС) успешно работают разделители с металлическими трубчатыми элементами с капиллярно-пористыми стенками. Ресурс разделителя определяется забивкой капиллярно-пористой перегородки при фильтровании жидкости и может быть существенно увеличен при введении дополнительной ступени сепарации. В качестве такой ступени может быть использован центробежный разделитель. В этом случае поведение границы раздела фаз газ–жидкость в условиях отсутствия гравитации определяют инерционные силы, действующие на поток газожидкостной смеси. Газожидкостная смесь поступает в аппарат и закручивается за счет сил трения. Отделенная жидкость перемещается за счет центробежных сил в зону максимального радиуса и образует жидкостное кольцо. За счет избыточного давления, возникающего в центробежном поле, жидкость выводится из аппарата (например, черпаковым насосом). Отделенный от жидкости газ выводится из аппарата через центральную полость.

В докладе приведены результаты испытаний малогабаритного центробежного разделителя в режимах периодической подачи газожидкостной смеси (режим работы СРВ-К2М) и непрерывной подачи жидкости с включениями воздуха (режим подачи из емкостей системы «Родник»). При частоте вращения ротора 1500 об/мин разделитель принимает газожидкостный поток с расходом жидкости 30 л/ч и расход 45л/ч при 2000 об/мин. Слив отсепарированной жидкости без воздушных включений обеспечивается электромагнитным клапаном, открытие и закрытие которого управляется датчиком давления, контролирующим уровень жидкости в разделителе. Энергопотребление разделителя составило 24 Вт при работе на 1500 об/мин и 35 Вт при 2000 об/мин. Полученные данные использованы для гидродинамического расчета разделителя.

ОСОБЕННОСТИ СПЕРМАТОГЕНЕЗА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ

О.А. Смирнов¹, В.В. Евдокимов², А.В. Сивков², Ю.И. Воронков¹, В.И. Ерасова²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Федеральное государственное учреждение «Научно-исследовательский институт урологии» Минздравсоцразвития России, Москва

Успехи в развитии космонавтики и космической медицины позволяют космонавтам и астронавтам совершать космические полеты (КП) продолжительностью до 1,5 лет. Стремление человека к освоению более далеких космических горизонтов ставит новые задачи изучения влияния факторов КП на

наиболее важные системы организма. Весьма актуальным в реализации этих программ является оценка особенностей функционирования репродуктивной системы в условиях длительных КП.

Этой важной проблеме, на наш взгляд, уделяется недостаточное внимание, и многие аспекты ее остаются до сих пор мало изученными.

Недостающая информация частично восполняется экстраполяцией результатов, полученных в наземных экспериментах с длительной изоляцией (120-суточная антиортостатическая гипокинезия; изоляция в гермообъеме продолжительностью 240 сут; «МАРС» 105 сут. Всего участвовало 18 добровольцев). Для получения биоматериала (спермы) использовали общепринятый способ визуальной стимуляции. Микроскопию полученного материала изучали на световом микроскопе. Параметры эякулята оценивали по рекомендации ВОЗ.

В проведенных работах показано, что у фертильно здоровых мужчин в условиях половой дизритмии прослеживаются тенденции к уменьшению объема эякулята, числа живых и подвижных форм сперматозоидов, с одновременным существенным увеличением числа патологических форм половых клеток и числа незрелых клеток (как следствие деструктивных процессов в извитых семенных канальцах). Остальные параметры спермограммы существенно не изменялись и находились в пределах нормы. Результаты биохимических тестов показывали снижение концентрации лимонной кислоты и повышение числа лецитиновых зерен, что может интерпретироваться как застойные явления в предстательной железе. При этом каких-либо достоверных изменений уровней половых гормонов выявлено не было.

Небольшое число исследований и наблюдений не позволяют сегодня делать однозначные выводы, однако уникальность исследований и обнаруженные тенденции изменений сперматогенеза дают возможность обосновать необходимость продолжения работ в подобных программах и приближают период начала аналогичных исследований в реальных космических программах.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРВОГО ВХОДА КОСМОНАВТОВ В МОДУЛИ, СТЫКУЮЩИЕСЯ К МКС

Ю.И. Смирнов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Риск неблагоприятного влияния среды на организм человека при первом входе в модули (беспилотные транспортные корабли, далее по тексту БТК) определяется эффективностью профилактических наземных мероприятий, которые включают в себя прогностическую оценку суммарной загрязненности химическими примесями воздуха БТК по окончании автономного полета и расчета режима работы системы очистки воздуха перед первым входом экипажа в БТК.

В автономном полете увеличение суммарной загрязненности среды обуславливается накоплением загрязняющих веществ, источником которых являются оборудование и полезные грузы. В целях обеспечения токсикологической безопасности экипажа от вредных веществ, накопившихся в БТК, а также в связи с необходимостью экономии ресурсов бортового оборудования была поставлена задача разработки методики прогнозирования загрязнения БТК в ходе автономного полета и расчета режима работы переносного фильтра. Анализ литературы и экспериментальных данных показал, что газовыделение неметаллического материала является непрерывным и нелинейным процессом, зависящим от множества факторов: технологический процесс производства данного материала, масса образца, площадь поверхности материала, контактирующая с атмосферой, и т.д. На уровень газовыделения влияет предполетная сертификация материалов по рецептуре и токсичности летучих компонентов газовыделений, выделяющихся в среду герметичных помещений. Количественный и качественный состав токсичных соединений в пробах позволяет определить зависимость концентрации химического соединения от времени в период наземной подготовки и спрогнозировать рост концентрации в ходе автономного полета. Разработанное программное обеспечение (ПО) позволяет рассчитать концентрации химических соединений в БТК по окончании автономного полета (возможна группировка по классам опасности, температуре кипения и т.д.) и время работы переносного фильтра. Автоматизация данного процесса позволяет проводить расчет и вносить оперативные корректировки в работу в случае изменения условий автономного полета.

При разработке ПО была создана справочная база данных химических соединений, алгоритм расчета позволяет выявлять и устранять операторские и методические ошибки, интерфейс ПО интуитивно

понятен. Возможно использование ПО на любых компьютерах с установленным программным продуктом Microsoft Office.

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ВИТАМИННОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ

***С.О. Смолянина¹, Ю.А. Беркович¹, А.Н. Ерохин¹, Н.М. Кривобок¹, О.В. Аверчева²,
Т.В. Жигалова², Е.М. Бассарская²***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

С появлением светодиодов (СД) с высокой светоотдачей и плотностью потока фотонов (ППФ) светодиодные облучатели стали рассматривать как перспективный источник освещения в космических оранжереях [Erokhin et al., 2006]. Вначале были предложены облучатели на основе красных или красных и синих СД, излучение которых соответствовало максимумам в спектре поглощения зелёного листа (Беркович, Ерохин, 2005). При освещении таким светом при ППФ не более 200 мкмоль/(м²с) некоторые виды растений демонстрировали рост, сопоставимый с ростом под дуговой натриевой лампой. В наших опытах при уровне ППФ 400 мкмоль/(м²с) растения китайской капусты, выращенные под облучателем на основе красных и синих СД и под натриевой лампой, достоверно отличались по массе побегов и биохимическим показателям [Аверчева и др., 2009]. В данной работе рассмотрены особенности роста и онтогенеза китайской капусты в диапазоне значений ППФ от 100 до 400 мкмоль/(м²с) под облучателями на основе различных СД: белых; белых и красных; белых, красных и синих. Показана возможность повышения удельной производительности космической оранжереи путем изменения уровня ППФ в ходе вегетации растений. На основании полученных результатов рекомендован облучатель для проектируемой космической витаминной оранжереи «Витацикл-Т», выполненный на основе белых и красных СД.

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ИОНООБМЕННОГО ПОЧВОЗАМЕНИТЕЛЯ В КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕЕ «ВИТАЦИКЛ-Т»

***С.О. Смолянина¹, А.С. Кривобок¹, Н.М. Кривобок¹, Ю.А. Беркович¹, Е.С. Григорьева¹,
Т.П. Короткова¹, В.В. Матусевич²***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Институт общей и неорганической химии БАН, Минск, Беларусь

Перспективным методом обеспечения минерального питания растений в условиях микрогравитации является выращивание растений на почвозаменителе (ПЗ), выполненном на основе волокон из ионообменных смол и насыщенном биогенными элементами. Искусственный почвозаменитель марки БИОНА-ВЗ является одним из основных расходных материалов проектируемой космической оранжереи «Витацикл-Т», поэтому снижение эквивалентной массы оранжереи в значительной мере связано с его экономным использованием. В работе исследованы различные методы повышения ресурса волокнистого ПЗ применительно к культивированию растений в условиях КП. Ресурс ПЗ определяли в опытах с посевами китайской капусты *Brassica chinensis* L., выращенными на гидрофильных пористых трубках, покрытых слоем ПЗ, при различных удельных объемах ПЗ на растение и в зависимости от состава и содержания ионов в поливной воде. Опыты показали, что ресурс ПЗ при увлажнении дистиллированной водой в 1-й вегетации не превышает 0,4 г сырой биомассы на г сухого ПЗ. Обогащение воды ионами Mg²⁺ и/или Ca²⁺ в концентрации, соответствующей ГОСТу по содержанию этих ионов в питьевой воде, позволило повысить ресурс ПЗ в 1-й вегетации до 0,8 – 1,4 г биомассы на г ПЗ. При увлажнении ПЗ водой, обогащенной минеральными элементами путем пропускания дистиллированной воды через обогатительный патрон, заполненный корректирующим ионитом, в сочетании с дополнительным периодическим внесением в раствор ионов NO₃⁻ в концентрации не ниже 300 мг/л, обеспечило ресурс ПЗ, равный 1,9, 4,0 и 4,9 г биомассы на г ПЗ за одну, две и три вегетации соответственно. Полученные результаты указывают, что включение в систему минерального питания оранжереи обогатительного патрона с корректирующим ионитом и медленно действующими удобрениями может существенно повысить ресурс ПЗ. В этом случае возможно проведение трех вегетаций листовой капусты в каждом корневом модуле без замены ПЗ и снижения урожайности.

ЭВАКУАТОРНАЯ ФУНКЦИЯ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭФФЕКТОВ НЕВЕСОМОСТИ В УСЛОВИЯХ СУХОЙ ИММЕРСИИ

А.А. Соловьёва, Б.В. Афонин, Е.А. Седова, Н.П. Гончарова

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В экспериментах моделирующих эффекты невесомости в организме человека наиболее ярким проявлением замедления эвакуаторной активности ЖКТ является задержка стула. В условиях сухой водной иммерсии, моделирующей эффекты невесомости в организме человека, у 6-и мужчин-добровольцев проведено исследование состояния эвакуаторной активности различных отделов желудочно-кишечного тракта. Исследования включали определение эвакуаторной функции желудка для жидкой пищи (^{13}C -Ацетатный тест) и времени ороцекального транзита химуса (H_2 -Инулиновый тест). После 4-х сут пребывания в иммерсии проведение ^{13}C -Ацетатного теста не выявило изменений эвакуаторной активности желудка. H_2 -Инулиновый тест показал, что в иммерсии происходит уменьшение времени транзита химуса по тонкому кишечнику, и ускоряется его переход из подвздошной кишки в слепую кишку. Снижение в иммерсии метаболизма инулина в толстом кишечнике указывало на замедление пассажа химуса в этих отделах желудочно-кишечного тракта. Полученные результаты показали, что в иммерсии, на фоне неизменной эвакуации жидкой пищи из желудка и увеличившейся скорости продвижения химуса по тонкому кишечнику, происходит замедление эвакуации содержимого толстого кишечника, которое является основной причиной снижения эвакуаторной активности желудочно-кишечного тракта.

ИЗУЧЕНИЕ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ ДИБАЗОЛА И МАЛЫХ ДОЗ ХРОНИЧЕСКОГО ПЛОТНОИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЫШАХ

**С.С. Сорокина¹, С.И. Заичкина¹, О.М. Розанова¹, А.Р. Дюкина^{1,2}, Е.Н. Смирнова¹,
С.П. Романченко¹, О.А. Вахрушева¹**

¹Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН, Пущино, Московская область

²Пущинский государственный университет, Пущино, Московская область

Целью настоящей работы было изучение сочетанного действия иммуномодулятора дибазола и дозы 16 сГр плотноионизирующего излучения (0.43 сГр/сут) на мышах *in vivo*: адаптивного ответа (АО) с помощью микроядерного теста и скорости роста опухоли в F_0 поколении, а также генетической нестабильности (ГН) в F_1 и F_2 поколениях. Облучение мышей линии SHK проводили круглосуточно в поле излучения за верхней бетонной защитой Серпуховского ускорителя протонов с энергией 70 ГэВ, моделирующего радиационные условия авиационных полетов в атмосфере на высоте около 10 км, в течение времени, необходимого для накопления дозы 16 сГр. При этом одну группу самцов поили все это время 0,002 % раствором дибазола. Для выявления АО в костном мозге мышей в F_0 через 24 ч соответствующие группы облучали выявляющей дозой 1.5 Гр (1 Гр/мин) рентгеновского излучения. Для оценки ГН в F_1 и F_2 поколениях исследовали радиочувствительность к облучению в дозе 1.5 Гр и способность к индукции АО по стандартной схеме. Было обнаружено, что при сочетанном действии дибазола с малыми дозами плотноионизирующего излучения АО не индуцировался и наблюдалось увеличение скорости роста опухоли. В то же время при сочетанном действии дибазола с малыми дозами рентгеновского излучения индуцировался АО и наблюдалось снижение его величины по сравнению с величиной АО у мышей, облученных только в дозе 1.5 Гр. В F_1 и F_2 поколениях самцов, облученных в дозе 16 сГр в присутствии дибазола, АО индуцировался, в отличие от потомков самцов, облученных только в дозе 16 сГр. Величина АО была такой же, как у потомков от необлученных самцов, в то время как радиочувствительность была различной. Таким образом, показана возможность восстановления способности к индукции радиационного АО в двух поколениях самцов, облученных малой дозой плотноионизирующего излучения, с помощью иммуномодулятора дибазола.

ОСОБЕННОСТИ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ (ЧСС) ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ВКД) В РАЗЛИЧНОЕ ВРЕМЯ СУТОК НА ОРБИТАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ (ОК) «МИР»

С.И. Степанова, В.П. Катунцев, Ю.Ю. Осипов, В.А. Галичий

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В полетах на ОК «Мир» ВКД осуществлялась в разное время суток. В процессе ВКД регистрировались ЧСС и энерготраты (ЭТ). Целью работы была оценка особенностей ЧСС при выполнении ВКД в ночные (23.04–7.00) и дневные (8.24–18.56) часы. В обоих случаях ВКД выполнялась одними и теми же лицами (мужчины, 10 чел). Длительность ВКД большей частью варьировала от 3 ч 02 мин до 5 ч 41 мин.

При анализе материала использовали результаты записи электрокардиограммы с поминутным подсчетом ЧСС. Учитывали показатели, полученные в среднем за весь период регистрации (ЧСС_{ср}). ЧСС рассматривали как самостоятельно, так и в сопоставлении с усредненными, подобно ЧСС, величинами ЭТ, относящимися к каждому сеансу ВКД (ЭТ_{ср}).

По соотношению ночных и дневных значений ЧСС_{ср} участники ВКД разделились на 2 группы. У всех лиц 1-й группы (8 чел) индивидуальные ночные значения ЧСС_{ср} были выше дневных. В целом по группе соответствующие показатели составили 101,2 уд/мин и 93,4 уд/мин ($p = 0,01$ по критерию T Вилкоксона). При этом величины ЭТ_{ср} ночью и днем были совершенно одинаковыми (3,6 ккал/мин).

У представителей 2-й группы (2 чел) индивидуальные ночные значения ЧСС_{ср} были ниже дневных. В среднegrupповом выражении соответствующие показатели составили 100,1 уд/мин и 111,9 уд/мин. При этом величины ЭТ_{ср} в ночное время были несколько выше (4,9 ккал/мин), чем в дневное (4,5 ккал/мин).

Таким образом, суточные различия в величинах ЧСС нельзя объяснить разницей в уровне дневных и ночных энерготрат, и это справедливо по отношению к обеим группам. Скорее всего, они объясняются различиями в особенностях функционирования сердечно-сосудистой системы космонавтов при выполнении работы в дневное и ночное время суток.

ОЦЕНКА ПОЛЕТНОЙ НАГРУЗКИ РОССИЙСКИХ КОСМОНАВТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ЧИСЛЕННОСТИ В СОСТАВЕ ЭКИПАЖЕЙ МКС

С.И. Степанова, В.Ф. Нестеров, И.Ф. Сараев, В.А. Галичий

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В полетах первых 18 экспедиций на МКС общая численность экипажей составляла 2–3 человека, а количество российских членов экипажа (космонавтов) – 1–2 человека. Каждый последующий полет в большей своей части или практически полностью осуществлялся объединенным составом двух экспедиций общей численностью 6 человек. При этом в полетах МКС–19/20, 20/21 и 21/22 участвовали по 2, а в полетах МКС–22/23, 23/24, 24/25 и 25/26 – по 3 космонавта.

Еще на стадии обсуждения перспектив объединенных полетов в кругах российских специалистов звучало опасение, что рост численности космонавтов в составе экипажа приведет к уменьшению занятости каждого из них с падением рабочей нагрузки ниже норматива (равного 6,5 ч), т.е. к систематическим недоработкам.

Целью работы была оценка рабочей нагрузки российских участников КП в зависимости от их количественной представленности в объединенных экипажах МКС. Показателем рабочей нагрузки служило суммарное время, затраченное на выполнение плановых и дополнительных (сверхплановых) работ. Если оно превышало норматив, величина превышения (сверхнормативная работа) расценивалась как переработка. Занятость ниже норматива считалась недоработкой.

При большом объеме дополнительных работ, выполнявшихся российскими членами экипажа, их рабочая нагрузка во всех случаях превышала нормативную величину. В полетах с двумя космонавтами на борту переработка, рассчитанная в среднем на 1 человека и на 1 рабочий день (т.е. на 1 рабочий человеко/день), варьировала от 7 мин до 1 ч 05 мин. В полетах с участием трех космонавтов переработка, рассчитанная на 1 рабочий человеко/день, варьировала в диапазоне от 16 мин до 45 мин. Таким образом, в полетах объединенных экипажей с участием как 2, так и 3 российских космонавтов недоработок не отмечалось.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СЖО МЕЖПЛАНЕТНЫХ ЭКСПЕДИЦИЙ И ПЛАНЕТАРНЫХ БАЗ***В.Н. Сычёв, М.А. Левинских, И.Г. Подольский***

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Для длительных межпланетных КП и планетарных баз (поселений), когда связь с биосферой Земли будет полностью отсутствовать, СЖО человека должна строиться на основе регенерации среды обитания из продуктов его жизнедеятельности за счет физико-химических и биологических процессов. Человек является продуктом эволюции биосферы Земли, поэтому очевидно, что оптимальной средой для его существования является среда обитания, создаваемая с помощью биосферных механизмов. Исходя из этого, создание СЖО на основе биологического круговорота веществ – биологические системы жизнеобеспечения (БСЖО) – стало одним из важных направлений исследований в пилотируемой космонавтике.

К настоящему времени сформулированы основные принципы построения БСЖО человека. Обязательным компонентом такой системы является фотоавтотрофное звено (одноклеточные водоросли и/или высшие растения). Это звено определяет возможность существования системы и ее функциональный облик. Через автотрофное звено производится ввод в систему энергии извне. Процесс, посредством которого зеленые растения синтезируют органические вещества из углекислоты, воды и минеральных веществ – фотосинтез – является важнейшим на планете Земля.

Структурная организация БСЖО человека находится в зависимости от выполняемых системой функций. Очевидно, что для длительных межпланетных полетов построение полномасштабной БСЖО на борту межпланетного космического корабля невыполнимая задача в связи с тем, что такая система потребует огромных объемов и энергетических затрат. Для межпланетных экспедиций биологическая составляющая СЖО, скорее всего, будет представлена автотрофным звеном на основе высших растений с ограниченным набором функций, в основном для восполнения витаминной части рациона питания человека. Построение полномасштабной БСЖО необходимо при создании планетарных баз. Для каждой планетарной базы стратегия построения БСЖО во многом будет определяться тем, какие ресурсы имеются на том космическом объекте, где будет находиться эта планетарная база. Структура БСЖО планетарной базы будет также зависеть от сроков обитания в ней человека, от частоты полетов к ней космических кораблей с Земли.

Во все БСЖО требуются включение тех или иных физико-химических процессов, так как полное замыкание материальных потоков в этих системах за счет только биологических процессов невозможно. В идеальном случае формирование БСЖО, в которой будут отсутствовать физико-химические процессы, возможно лишь тогда, когда соотношение живого и неживого вещества в ней будет сравнимо с таковыми в биосфере Земли. Этого достичь в рассматриваемых объектах невозможно, поэтому, говоря о БСЖО, мы должны понимать, что это будет комплексная система с максимально возможным биогенным механизмом регенерации среды обитания человека.

ИТОГИ ПЕРВОГО ЭТАПА (2002-2009 ГГ.) ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ НА БОРТУ РС МКС, КАК ЭЛЕМЕНТА БУДУЩИХ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ***В.Н. Сычёв¹, М.А. Левинских¹, И.Г. Подольский¹, Г.Е. Бингхем², Н.Д. Новикова¹, М. Сугимото³***¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва²Университет штата Юта, Лаборатория космической динамики, Логан, Юта, США³Институт биоресурсов Университета Окаямы, Окаяма, Япония

В задачи медико-биологического обеспечения человека в длительных пилотируемых космических экспедициях входят вопросы создания систем жизнеобеспечения (СЖО). Можно ожидать, что в СЖО первых длительных межпланетных экспедиций будут включены лишь некоторые элементы биологических систем жизнеобеспечения, в частности, высшие растения. В связи с этим, исследования роста и развития высших растений в условиях КП имеют важное значение.

В период с октября 2002 по декабрь 2009 года на борту Российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС) в космической оранжерее «Лада» проведено 15 экспериментов по культивированию двух генетически маркированных растений карликового гороха, листовой овощной культуры мизуна, редиса, ячменя и пшеницы. Результаты проведенной работы показали, что характеристики роста и развития растений при выращивании в космической оранжерее «Лада» не изменяются по сравнению с наземными контрольными вариантами. В экспериментах, проведенных в период с 2003 по 2005 год, впервые показано, что растения гороха при культивировании в течение 4 последовательных полных циклов онтогенеза («от семени до семени») в условиях КП сохраняют репродуктивные функции и формируют при этом жизнеспособные семена. Не обнаружено изменений в генетическом аппарате растений гороха в 4 последовательных «космических» поколениях.

С 2005 года по настоящее время в качестве штатной процедуры на борту РС МКС проводится отбор проб с растений, выращенных в оранжерее «ЛАДА», для проведения микробиологических исследований. Показано, что обсемененность микроорганизмами растений, выращенных на борту РС МКС, находится в пределах нормы.

С 2008 года по настоящее время растения, выращенные в оранжерее «ЛАДА», после их срезки замораживаются на борту РС МКС в холодильнике MELFI и в замороженном виде спускаются на Землю для дальнейших исследований. Исследования растений мизуна, выращенных и замороженных на борту МКС, показали отсутствие различий между «земными» и «космическими» растениями по химическому и биохимическому составу, не обнаружено каких-либо стрессовых ответов у растений ячменя сорта *Akashinriki*, выращенного и замороженного на борту МКС.

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ БЕЛКОВ ТЕПЛООВОГО ШОКА В ЭТИОЛИРОВАННЫХ ПРОРОСТКАХ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ

А.С. Талалаев

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

На протяжении последних десятилетий в сфере космической биологии, в ходе космических и наземных модельных экспериментов, было накоплено большое количество данных, описывающих влияния микро- и гипергравитации на ультраструктуру и метаболизм растительных клеток. Однако количество информации, позволяющей судить о влиянии факторов КП на экспрессию и регуляцию стрессорных генов, как одного из механизмов защиты клетки от неблагоприятных влияний различных физических факторов, недостаточно. Растительная клетка синтезирует несколько классов, так называемых белков теплового шока (БТШ). Белки этих классов играют важную роль в защите растения в условиях стресса. Особый класс БТШ – низкомолекулярные белки теплового шока (нмБТШ). нмБТШ в растительной клетке выполняют шапероновую функцию – стабилизируют частично денатурированные пептидные интермедиаты, предупреждая их необратимую денатурацию и обеспечивая их последующий рефолдинг.

Целью наших исследований была оценка эффекта центрифугирования на изменения экспрессии генов низкомолекулярных белков теплового шока в этиолированных проростках *Pisum sativum*. Используя метод ПЦР с обратной транскрипцией, анализировали экспрессию генов нмБТШ под воздействием длительного (1 ч) и кратковременного (15 минут) центрифугирования с ускорением 3, 7, 10 и 14 g в контроле. Влияние высокой температуры (42⁰ С) использовали как позитивный контроль высокого уровня экспрессии стрессовых генов.

Результаты описанных экспериментов продемонстрировали отсутствие количественных различий в экспрессии генов исследованных белков в контроле и при центрифугировании с различными ускорениями. Результаты позволяют заключить, что центрифугирование как стрессор, не вызывает появление денатурированных белков-субстратов для БТШ в клетках растений и соответственно не оказывает количественного влияния на экспрессию генов нмБТШ.

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В СВЕТОКУЛЬТУРЕ НА ОСНОВЕ УЗКОПОЛОСНЫХ СВЕТОДИОДОВ

И.Г. Тараканов, О.С. Яковлева, Г.Р. Палютина, И.О. Коновалова, В.Г. Подмарьков

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, кафедра физиологии растений, Москва

Светоиспускающие диоды (СИД) решают вопрос генерации света большой яркости с малым потреблением энергии на его производство и низким тепловыделением, что позволяет существенным обра-

зом уменьшить энергопотребление. Это делает их перспективными облучателями для космических оранжерей и расширяет возможности для создания биолого-технических систем жизнеобеспечения (БТСЖО).

При разработке светотехнических модулей особо важен подбор оптимального спектрального состава света с учетом биологических особенностей растений. С помощью комбинаций облучателей, дающих свет разного спектрального состава, можно эффективно управлять морфогенезом растений, их габитусом, переходом к цветению, качеством получаемой продукции. Использование светодиодов позволяет также эффективно менять геометрию осветительных установок.

В наших исследованиях мы изучали возможность выращивания в светокультуре на основе СИД растений ряда видов овощных, эфиромасличных и декоративных культур, представляющих интерес в БТСЖО (горчица листовая салатная, детерминантный томат, базилик эвгенольный, тагетес мелкоцветковый).

Растения выращивали в контролируемых условиях в вегетационных сосудах. Использовали три варианта режимов искусственного облучения на основе СИД. Во всех вариантах доля СИД синего света (460 нм) составляла 25 %. Количество СИД красного света с длиной волны 620 и 660 нм варьировалось по вариантам и их доля составляла, соответственно: 75 % и 0 %, 0 % и 75 %, 25 % и 50 %.

Качество красного света существенно влияет на ход физиологических процессов у данных культур (накопление сырой и сухой биомассы, формирование листьев, содержание фотосинтезирующих пигментов и антоцианов, накопление нитратов). В условиях искусственного освещения на основе использованных СИД показана возможность выращивания растений до состояния технологической спелости.

КОРРЕКЦИЯ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ГИПОТЕНЗИИ У КРЫС С ПОМОЩЬЮ ТРАНСКРАНИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ (ТЭС)

О.С. Тарасова^{1,2}, А.С. Боровик¹, Д.В. Цвиркун¹, В.П. Лебедев³

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Биологический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва

³Институт физиологии имени И.П. Павлова, Санкт-Петербург

Пребывание в условиях микрогравитации сопровождается нарушением рефлекторной регуляции артериального давления (АД) и в результате приводит к снижению системного АД при ортостазе. Целью данной работы было исследование возможности коррекции подобных нарушений с использованием ТЭС, которая, как известно, нормализует регуляцию АД.

У крыс Вистар моделировали гравитационную разгрузку (ГР) путем вывешивания за хвост в течение 2 нед., затем исследовали изменения АД при ортопробе (45 град, 3 мин) под наркозом. У интактных крыс (контроль 1) в начале пробы (первые 30 с) наблюдалось снижение АД, которое сопровождалась фазой компенсации; в последние 2,5 мин пробы АД было лишь на 6,5±1,2 % ниже исходного. У крыс после ГР (контроль 2) компенсация уровня АД отсутствовала: в конце пробы АД было снижено на 18,8±2,4 %, что трактовалось нами как проявление ортостатической гипотензии.

У третьей (основной) группы крыс, также подвергавшейся ГР, ортопробу проводили на фоне ТЭС в режиме, адаптированном для крыс. В начале сеанса ТЭС наблюдалось повышение АД и ЧСС, затем происходила медленная нормализация этих показателей. Под влиянием ТЭС снижение АД при ортопробе у крыс, подвергавшихся ГР, существенно уменьшилось (до 9,8±1,8 %) и не отличалось от такового у контрольных животных. Во время ТЭС существенно увеличивались амплитуды нейрогенных флуктуаций АД (частотные составляющие около 0,4 Гц, вэйвлет-анализ), причем наиболее значительно во время ортопробы.

Таким образом, ТЭС уменьшает падение АД во время ортопробы у крыс после моделируемой ГР, что связано с усилением симпатических влияний на сосуды. Возможно, метод ТЭС может быть использован для коррекции ортостатической гипотензии у человека, в том числе, при переходе от невесомости к условиям гравитации. Для этого могут быть использованы серийно выпускаемые ООО «Центр ТЭС» миниатюрные стимуляторы с автономным питанием, адаптированные для человека.

ИЗУЧЕНИЕ СИСТЕМЫ КРОВЕТВОРЕНИЯ И ЭНЕРГООБМЕНА В ЭРИТРОЦИТАХ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА МЫШЕЙ РАДИАЦИОННОГО И ХИМИЧЕСКОГО ФАКТОРОВ В ДОЗАХ И КОНЦЕНТРАЦИЯХ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ИХ ДЕЙСТВИЕ НА КОСМОНАВТОВ ПРИ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТАХ

С.В. Татаркин, А.В. Шафиркин, М.Ю. Баранцева, Л.Н. Мухамедиева, С.М. Иванова
Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В работе представлены результаты экспериментального исследования на мышах, которых подвергали в первые 63 сут еженедельному 10-кратному фракционированному гамма-облучению в суммарной эффективной дозе 350 сГр и последующему воздействию в течение 70 сут смеси химических веществ (ацетона, этанола, ацетальдегида) в концентрациях на уровне ПДК_{п.к.}. Уровни действующего радиационного фактора с учетом видовой радиочувствительности моделировали возможную дозовую нагрузку на космонавтов в межпланетных полетах. Исследовано изменение функционального состояния системы кроветворения и ряда показателей биохимического статуса эритроцитов, характеризующих энергообмен и окислительно-восстановительный потенциал при комбинированном радиационном и химическом воздействии, а также в течение 90 суток восстановительного периода. Данная длительность действия стрессорных факторов на животных, включая восстановительный период, соответствует длительности 20-летнего наблюдения (включая время воздействия факторов и восстановительные процессы), применительно к человеку, и соответствует периоду развития возможных отдаленных неблагоприятных последствий.

Отмечены волны усиления и ослабления регенераторных процессов в костном мозге, количества ретикулоцитов в периферической крови, которые синхронно совпадали с процессами энергообразования в эритроцитах: активация и ослабление гликолиза с соответствующими колебаниями содержания АТФ, ЛДГ.

С использованием обобщенного логарифмического показателя установлено, что организм животных переходит к активной адаптации при воздействии факторов со значительным напряжением регуляторных механизмов, которое сохраняется в восстановительный период в течение 90 сут. Данный эффект более выражен при радиационном воздействии.

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО КОСМИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ НА КАФЕДРЕ ЗЭС СИБГАУ, СОЗДАННОЙ НА БАЗЕ ИБФ СО РАН

А.А. Тихомиров

Институт биофизики Сибирского отделения РАН, Сибирский государственный аэрокосмический университет, Красноярск

В ближайшие 20–30 лет ожидается начало освоения Луны и Марса человеком. Поэтому проблему его длительного пребывания на этих небесных телах невозможно решить без систем жизнеобеспечения (СЖО) с организованным круговоротом вещества. Таким образом, речь идет о создании высокозамкнутых СЖО. В России эти работы активно начаты с 60-х годов XX века, однако в 90-е годы темпы их роста в силу причин экономического характера сильно упали. В настоящее время востребованность таких работ неуклонно растет, что требует системной подготовки кадров. С учетом этого в СибГАУ открыта кафедра замкнутых экосистем (ЗЭС), работающая на базе ИБФ СО РАН. Кафедра является выпускающей, на ней идет обучение магистрантов. В процессе обучения магистрантам даются знания о принципах создания ЗЭС; основах математических, методологических подходов в моделировании ЗЭС, базовых методах и методиках формирования замкнутых циклов жизнеобеспечения; основах проектирования технологического цикла круговоротных процессов; а также базовых технологиях замкнутых круговоротных процессов. В процессе обучения у магистрантов развиваются навыки использования критериев оценки эффективности как ЗЭС в целом, так и эффективности использования ее отдельных технологий, планирования экспериментов над элементами СЖО и анализа полученных результатов. Магистранты осваивают методы компьютерного и математического моделирования в модельных и практических задачах, проводят анализ характеристик ЗЭС с точки зрения обеспечения заданного уровня эффективности, надежности, совместимости, проводят анализ применимости технологий круговоротных процессов ЗЭС. Теоретические курсы и практические занятия ведутся на базе ИБФ СО РАН, где работают специалисты, имеющие большой научный и практический опыт по созданию и эксплуа-

тации биолого-технической системы БИОС-3. Выпускники кафедры могут быть востребованы на предприятиях, связанных с разработкой и изготовлением как различных типов СЖО, так и их элементной базы широкого спектра назначения, в научных и образовательных учреждениях, где тематика СЖО имеет профилирующий характер.

ВОЗМОЖНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЗАМКНУТЫХ СЖО ПЛАНЕТАРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.А. Тихомиров, С.А. Ушакова, Ю.А. Куденко, А.Г. Дегерменджи

Институт биофизики Сибирского отделения РАН, Красноярск

В последние десятилетия стало формироваться понимание того, что разумное сочетание физико-химических и биологических методов окисления отходов позволяет выйти на разработку систем жизнеобеспечения (СЖО) планетарных станций нового поколения с более высокой степенью замыкания, повышенной надежностью и универсальностью использования в космических миссиях различной продолжительности.

На основе многолетнего опыта исследований различных модификаций технологий для СЖО, разработанных в Институте биофизики СО РАН, рассматриваются вопросы вовлечения во внутрисистемный массообмен СЖО растительных отходов и экзометаболитов человека. В докладе дается краткий обзор научно-технических исследований, выполненных в Институте биофизики СО РАН, для повышения степени замкнутости массообменных процессов в биолого-технической системе БИОС-3. Основное внимание уделяется оригинальным технологиям утилизации органических отходов физико-химическим методом и с помощью биологического окисления. Анализируются возможности утилизации жидких и твердых экзометаболитов человека в СЖО комбинацией физико-химического и биологического методов. Рассматриваются возможности вовлечения NaCl во внутрисистемный массообмен, а также способы интенсификации работы фотосинтезирующего звена системы. Оцениваются возможности использования новых технологий для последующего использования в модернизированной системе БИОС-3.

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕМОТНОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОНОТОННОЙ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О.Н. Ткаченко, В.Б. Дорохов, А.А. Фролов

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва

В современном обществе широко распространена операторская деятельность, ошибки в которой могут иметь серьезные последствия (водители, диспетчеры и т.д.). В то же время до настоящего времени не разработано достаточно эффективных методов контроля состояния оператора в режиме реального времени, в том числе по причине индивидуальной вариабельности этих показателей. В нашем исследовании сравниваются возможности распознавания ранних стадий дремоты по ЭЭГ методами CSP [Koles, 1991] и Байеса [Fukunaga, 1990], позволяющими учесть индивидуальные различия испытуемых, а также распознавание по ЭКГ и некоторым параметрам движений глаз.

Эксперименты проводились на компьютерном симуляторе вождения автомобиля с участием здоровых испытуемых в состоянии частичной депривации сна. Регистрировались: ЭЭГ по системе 10–20, ЭКГ, направление взгляда испытуемого (видеотрекер), параметры автомобиля в компьютерном симуляторе, а также видеозапись лица испытуемого. Видеозапись, оцененная двумя экспертами, впоследствии служила основным критерием состояния испытуемого, с которым сравнивались физиологические показатели.

Наши эксперименты показали хорошую эффективность распознавания методами CSP и Байеса по сравнению с экспертной оценкой (75–95 %). Эффективность метода Байеса оказалась несколько выше. Параметры фиксации и саккадических движений глаз не показали высокой корреляции с экспертной оценкой, как и ЭКГ (вариабельность интервала между соседними сокращениями). Анализ вклада в компоненту, полученную методом CSP, различных спектральных диапазонов показал, что в основном на ранних стадиях дремоты происходят изменения в диапазоне 7–20 Гц, что находится в согласии с общепринятыми представлениями о динамике ЭЭГ при наступлении дремотного состояния.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЗЫ РАДИАЦИИ В ТЕЛЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА НА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ СФЕРИЧЕСКОГО ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОГО ФАНТОМА

Р.В. Толочек¹, И.С. Карцев¹, Д.А. Карташов¹, В.А. Шуршаков¹, В.М. Петров¹, В.И. Петров², Б.В. Поленов², И.В. Николаев³

¹ Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

² Открытое акционерное общество «Специализированный научно-исследовательский институт приборостроения», Москва

³ Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

В ходе космического эксперимента «Матрешка-Р» в каюте экипажа на Международной космической станции (МКС) был размещен изготовленный в России шаровой тканеэквивалентный фантом (масса 30 кг, диаметр равен 35 см, внутри есть сферическая полость диаметром 10 см). Благодаря специально выбранной форме и размерам фантома, длины отрезков для точек внутри шара до его поверхности соотносятся с функциями самоэкранированности критических органов в теле человека, что позволяет получать надежную экспериментальную оценку распределения дозы радиации в теле космонавта в условиях реального КП. В сравнении с антропоморфным фантомом «Рэндо», который был использован для измерений внутри и снаружи МКС, сферический фантом имеет меньшую массу, меньший размер и требует меньше времени экипажа, необходимого для установки/демонтажа детекторов; тканеэквивалентные свойства материала сферического фантома ближе к человеческому телу, чем свойства материала фантома Рэндо. В ходе первой фазы измерений с помощью сферического фантома применялись только пассивные – термолюминесцентные и твердотельные трековые – детекторы. Экспериментальные сессии измерений со сферическим фантомом были проведены: в каюте экипажа Служебного модуля МКС в период с 11 августа по 10 октября 2004 года; в модуле «Пирс» МКС – с 12 мая 2007 года по 10 февраля 2008 года, с 14 мая по 1 декабря 2008 года и с 7 мая по 11 октября 2009 года; в модуле МИМ-2 МКС – с 30 апреля по 29 ноября 2010 года. Детекторы располагались во внутренних пеналах фантома, а также в 32 карманах в чехле на поверхности фантома. Результаты измерений детекторов, которые после каждой сессии эксперимента доставлялись на Землю для обработки, показывают различие дозы на поверхности фантома более чем в 2 раза: наибольшее значение получено для карманов, расположенных ближе к стенке каюты, и меньшее – в диаметрально противоположной точке поверхности фантома. Максимальная мощность дозы, измеренная в фантоме, образована излучением галактических космических лучей (ГКЛ) и вкладом излучения радиационных поясов Земли. Минимальная мощность дозы образована в основном мощным проникающим излучением ГКЛ, которое наблюдалось на глубине более чем 5 г/см² тканеэквивалентного материала. Также с помощью шарового фантома получены оценки дозы критических органов члена экипажа в отсеке МКС, средне-тканевой дозы и эффективной дозы. Эффективная доза оказалась на 10–15 % ниже, чем средняя доза на поверхности фантома.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПО СНИЖЕНИЮ УРОВНЯ РАДИАЦИИ В КАЮТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Р.В. Толочек¹, В.А. Шуршаков¹, И.С. Карцев¹, Е.Н. Ярманова¹, И.В. Николаев², Н. Ясудза³, С. Кодаира³, Х. Китамура³, Ю. Учихори³, И. Амброжова⁴

¹ Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

² Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

³ Национальный институт радиологических наук, Чива, Япония

⁴ Институт атомной физики Академии наук Чешской Республики, Прага, Чехия

Согласно проведенным исследованиям каюты экипажа Служебного модуля Международной космической станции (МКС) являются наименее защищенными от ионизирующей космической радиации по сравнению с соседними отсеками станции. Внешняя оболочка каюты имеет толщину всего в 1,5 г/см² алюминия. Для увеличения защищенности внутри каюты была разработана и доставлена на борт МКС в 2010 году специальная укладка шторка-защитная. Дополнительная защита в укладке создается ги-

гиеническими полотенцами и салфетками, пропитанными водным раствором, размещаемыми внутри шторы в 4 слоя, что составляет приблизительно 8 г/см^2 эквивалентного воде вещества. Общая масса шторы с салфетками и полотенцами внутри составляет около 65 кг. Шторка, состоящая из трех накопителей, была размещена вдоль внешней стенки каюты экипажа. Для изучения эффекта защиты от радиации были использованы 12 сборок, содержащих термолюминесцентные детекторы (ТЛД) и твердотельные трековые детекторы (ТТД). 6 сборок детекторов были размещены на поверхности шторы со стороны объема каюты, остальные 6 сборок были размещены прямо напротив них на стене каюты экипажа, или на другой, внешней, стороне шторы. Сборки пассивных детекторов экспонировались в каюте экипажа Служебного модуля в течение 149 дней с 4 июля по 29 ноября 2010 года. Защитный эффект шторы составляет от 20 до 60 % по поглощенной дозе. В эксперименте показано, что защита из водосодержащих материалов более эффективна, чем защита из алюминия. Дополнительная защита, при условии ее правильного расположения, является эффективным средством для снижения дозы радиации в отсеках космической станции.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА СТРАТЕГИИ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕАКЦИИ УСТАНОВКИ ВЗОРА

Е.С. Томиловская, И.Б. Козловская

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Целью исследования явилось изучение влияния длительных КП на характеристики реакции установки взора на зрительные мишени, предъявляемые внезапно в рандомизированном порядке на расстоянии 16 угловых градусов справа, слева, сверху и снизу от центра. Движения глаз регистрировали электроокулографическим методом; движения головы – методом видеоанализа. В исследовании приняло участие 9 космонавтов – членов экипажей космической станции «Мир», длительность полетов составляла от 127 до 437 сут. Тестирования проводили 4 раза до полета, 5 раз в различные сроки полета и дважды после возвращения на Землю (на 2-е и 5-е сутки после посадки). Изменения характеристик реакции установки взора, такие как увеличение времени реакции, возрастание коэффициента усиления вестибулоокулярного рефлекса, снижение или увеличение скорости движений глаз и головы, наблюдаемые во время полета и после его завершения, указывают на нарушения в системе вестибулоокулярного рефлекса, обусловленные, в частности, измененной активностью вестибулярного входа. Указанные изменения были более ярко выражены в вертикальной реакции установки взора.

Результаты исследования выявили в полете различия в стратегиях адаптации к условиям микрогравитации у космонавтов гражданских профессий и военных летчиков: у первых переход к невесомости сопровождался выраженной гиперметрией взора и торможением движений головы; у вторых установка взора в невесомости, напротив, характеризуется растормаживанием профессионально заторможенных движений головы и увеличением удельного вклада этих движений в амплитуду взора. При этом в обеих группах наблюдалось резкое увеличение коэффициента вестибулоокулярного рефлекса, свидетельствующего о несоответствии скоростей движения головы и противовращения глаз, а также о том, что ни одна из наблюдаемых стратегий не обеспечивала дополетного уровня точности и скорости выполняемой реакции.

Работа поддержана грантом РФФИ 10-04-01709-а.

ОЩУЩЕНИЕ «ВСПЫШЕК В ГЛАЗАХ» В ПОЛЕТЕ КАК СИГНАЛ О РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ СЕТЧАТКИ

К.А. Труханов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

О «вспышках в глазах» в космосе впервые сообщил астронавт Базз Олдрин. Он наблюдал этот феномен в полете «Аполлона-11» с исторической высадкой на Луну.

В докладе изложена концепция, связывающая возникновение некоторых часто появляющихся зрительных образов (например, «полосок») с «жестким» воздействием тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ) на нервные волокна сетчатки, т.е. на аксоны ганглиозных клеток, которые, в конечном счете, интегри-

руют сигналы от множества фоторецепторов-палочек. Усовершенствована математическая модель, отражающая в первом приближении строение глаза и позволяющая строить схематические изображения полосок при прохождении ТЗЧ через сетчатку.

Концепция объясняет практически все особенности зрительных образов полосок, в том числе многие, не нашедшие объяснения в литературе (например, большую долю полосок среди зрительных образов, их характерную ориентацию в поле зрения, постоянство «яркости» вдоль полоски, различие «яркости» полосок от ТЗЧ с заметно отличающимися величинами ЛПЭ, ощущение «распространения» или быстрого движения полосок, «изогнутые» полоски и т.д.).

Учет возможности поражения ТЗЧ нервных волокон сетчатки, площадь поперечного сечения которых на два-три порядка выше сечения фоторецепторов, существенно повышает оценку опасности ухудшения зрения в полете [Островский М.А. и др., 2010]. К тому же, поскольку аксоны ганглиозных клеток образуют в сетчатке многослойную структуру, ТЗЧ, пронизывая сетчатку, затрагивает весь их слой. При длительных полетах в дальнем космосе сетчатка может оказаться одной из критических структур глаза в отношении повреждения ТЗЧ. При длительности полета 1,5 года через каждое нервное волокно сетчатки пройдет до нескольких сотен частиц из группы легких и средних ядер галактических лучей и один-два десятка частиц из группы тяжелых и сверхтяжелых ядер. Хрусталик также может пострадать.

ПРОБЛЕМА ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ ДАЛЬНОГО КОСМОСА ПРИ ПЛАНЕТНЫХ ЭКСПЕДИЦИЯХ

К.А. Труханов

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

При экспедиции на Марс и работах на лунной базе экипаж и биорегенеративные системы жизнеобеспечения окажутся в межпланетном магнитном поле, напряженность которого на порядки ниже привычного геомагнитного (ГМП). Имеются эксперименты, которые достаточно надежно свидетельствуют о том, что пребывание в гипомагнитных условиях (эти условия иногда называют «магнитным вакуумом») крайне неблагоприятно сказывается на жизнедеятельности. Особенно уязвимы живые системы в стадии развития.

Становится все более ясным, что воздействие гипомагнитных условий может проявляться на всех уровнях, вплоть до молекулярного. Последнее показано в МГУ с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния света.

На базе биофизики и квантовой механики профессором В.Н.Бинги, профессором В.В.Ледневым, а также в ряде зарубежных работ развиты теоретические объяснения воздействия гипомагнитных условий на живые системы.

Выясняется фундаментальная важность ГМП для жизнедеятельности на основе белка. Это заставляет глядеть по-новому на ряд проблем, в частности, на проблему будущей инверсии ГМП и проблему панспермии, поднятую еще Сванте Аррениусом.

Гипомагнитные условия межпланетного пространства не означают запрет на полеты вне магнитосферы Земли, поскольку на дальнем космическом корабле, а также на лунной базе можно создать искусственный аналог геомагнитного поля. Это не потребует ни значительной массы, ни заметного энергопотребления.

Однако возникает много вопросов относительно параметров и режимов этого аналога, что потребует проведения детальных исследований.

Необходимо также выяснить, не изменяются ли эффекты воздействия слабых переменных полей в гипомагнитных условиях (и обратно) и, в частности, на фоне космического излучения. И не предусмотреть ли возможность подачи в магнитную систему импульсов тока специальной формы для коррекции состояния космонавтов во время полета?

Ответы на эти и другие вопросы представляют как фундаментальный естественно-научный интерес, позволяя продвинуться в проблеме значимости ГМП для жизни на Земле, так и большое прикладное значение.

НАЗЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ, ХАРАКТЕРНЫХ ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА, С ЦЕЛЬЮ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИПОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

А.В. Трямкин, Б.В. Моруков, К.А. Труханов, Е.Ю. Берсенев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Одной из основных проблем на пути реализации межпланетных полетов будет проблема успешного функционирования экипажа в изменившихся условиях среды обитания космического корабля. Наиболее опасными являются следующие факторы: невесомость, повышенная радиация и отсутствие привычного геомагнитного поля (ГМП). Из этих факторов наименее изучен последний. Напряженность ГМП составляет в среднем 50 мкТл, в то время как величина межпланетного магнитного поля – 3–5 нТл, т.е. на четыре порядка меньше. По этому параметру условия в межпланетном корабле будут резко отличаться от условий на орбитальной станции. Имеющиеся немногочисленные данные о биологическом действии ослабленного ГМП [см., например, Кривова Н., Труханов К., 2010] свидетельствуют о негативном влиянии гипомагнитных условий на живые организмы. До настоящего времени вопрос о возможности длительного пребывания человека в условиях *значительного* ослабления ГМП практически не изучался.

Поэтому разработка методов и средств профилактики негативного воздействия гипомагнитных условий, в частности, путем создания искусственного аналога ГМП с помощью специальных магнитных систем с выбором их возможных режимов (постоянного или же периодического) является крайне актуальной задачей [Луганский Л., Труханов К., 2008].

Для наземного моделирования гипомагнитных условий предлагается использовать экспериментальную установку объемом 50 куб. м (ЭУ-50) медико-технического комплекса, позволяющую формировать заданную среду обитания. Создание гипомагнитных условий в ЭУ-50 возможно за счет экранирования ее специальными материалами. Для моделирования искусственного аналога ГМП планируется использовать магнитную соленоидальную систему.

АСИММЕТРИЯ СКОРОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КИСЛОРОДА ПО СЛОЮ КРОВИ

А.Ю. Тюрин-Кузьмин

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

С помощью ячейки для переживающего мазка крови (Тюрин-Кузьмин, 2006) изучался процесс насыщения и насыщения крови кислородом по скорости распространения изменения окраски вдоль образца. Образец (гепаринизированная капиллярная кровь) в виде диска радиусом 5 мм и толщиной края около 0,5 мм (сверху и снизу ограниченный покровным оргстеклом и диализной мембраной с подлежащим физиологическим раствором Хэнкса) контактировал по краю с газовой средой, содержащей чистые O_2 или N_2 с добавкой 5 % CO_2 . Распространение окраски регистрировалось с помощью видеосъемки (1 кадр в мин) цифровым микроскопом Dino-Light (Тайвань).

Получено, что в физиологических условиях (pH 7,4, $t = 37^\circ$) кислород значительно быстрее входит в слой крови, чем из него выходит. Снижение pH до 6,8 почти не влияет на соотношение скоростей входа и выхода O_2 .

Распространение O_2 в крови определяется двумя основными процессами: диффузией и связыванием с гемоглобином (Hb). Помимо диффузии O_2 в плазме крови, следует учитывать его прохождение через мембрану эритроцитов, однако наличие "асимметрии входа и выхода кислорода" не только в крови, но и в гемолизате, говорит о незначимости роли мембраны в объяснении этого явления. Следует также иметь в виду и, так называемую, "облегченную диффузию" O_2 в гемосодержащих средах, т.е. более быстрое распространение O_2 (по сравнению, напр., с N_2), объясняемую диффузией не только молекул O_2 , но и ассоциатов (HbO_2) [Sholander, 1960; McCabe, 2007].

Исходя из математической модели, процессы диффузии в полуограниченное тело и из него должны быть симметричны [Бекман, 1990]. Однако иногда наблюдается асимметрия сорбции и десорбции газов (например, водорода из металла). Часто это принято объяснять наличием химической составляющей в процессе продвижения газа по образцу, т.е. различием скоростей ассоциации и диссоциации

газа с материалом образца. Но скорости входа и выхода кислорода в эритроцитах, полученные методами быстрого смешивания и остановленного потока, показывают их симметрию [Vandegriff, Olson, 1984].

В чем же причина наблюдаемого нами различия скоростей входа и выхода O_2 в толщу крови? Кажется возможным объяснить это тем, что при входе O_2 крутизна градиента O_2 , растворенного в плазме, на переднем фронте поддерживается почти неизменной за счет подвода O_2 с помощью облегченной диффузии от зоны постоянного 100 % насыщения на границе с газом. Тогда как при выходе градиент pO_2 меняется в ходе процесса от столь же крутого вначале, как и для входа, до все более пологого, поскольку подвод O_2 из внутренних областей слоя (с помощью той же облегченной диффузии) снижается в ходе процесса. Это явление не может быть заметно в быстрых экспериментах, стремящихся локализовать процесс в минимальном ("точечном") объеме, так как имеет скорее "геометрический", чем физико-химический характер.

Представляется важным учитывать это явление в случаях застойных явлений в организме, окклюзий сосудов и других нарушений кровообращения.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИОНЕВРАЛЬНЫХ СИНАПСОВ КАМБАЛОВИДНОЙ МЫШЦЫ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ НЕВЕСОМОСТИ

О.В. Тяпкина¹, Р.Р. Исламов,² И.Б. Козловская³, Е.Е. Никольский^{1,2}

¹Казанский институт биохимии и биофизики Казанского научного центра РАН, Казань

²Казанский государственный медицинский университет, Казань

³Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

При моделировании эффектов микрогравитации на крысах в течение 2 нед, были выявлены денервационно-подобные изменения в камбаловидной мышце [Поздняков О.Б., Бабакова Л.Л., 1998]. Однако на сегодняшний день отсутствуют сведения о реакции на гипогравитацию нервно-мышечных синапсов. Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей функционирования синапсов камбаловидной мышцы крыс, находящихся в условиях моделирования невесомости (антиортостатическое вывешивание задних конечностей крыс 7 и 35 дней). Применяя микроэлектродную технику внутриклеточной регистрации синаптических сигналов, оценивали амплитудно-временные параметры потенциалов концевой пластинки и миниатюрных потенциалов концевой пластинки, уровень генерации потенциала действия (ПД) мышечных волокон, вычисляли количество освободившихся квантов на один стимул, средние значения фактора надёжности синаптической передачи [Wood S.J., Slater C.R., 1995]. У подопытных животных на 7-е сутки эксперимента было выявлено уменьшение уровня порога генерации потенциала действия мышечного волокна, которое оставалось неизменным до 35-х суток. Средние значения фактора надёжности синаптической передачи на 7-е сутки возрастали на 42 %, а на 35-е сутки – уменьшались на 8 %. На фоне сниженного уровня квантового освобождения ацетилхолина падение уровня генерации ПД можно рассматривать как адаптационный механизм, обеспечивающий передачу возбуждения с нерва на скелетную мышцу, реализующийся в условиях полной функциональной разгрузки.

Исследование поддержано грантами: Программа фундаментальных исследований Отделения биологических наук РАН, РФФИ № 08-04-00923, № 09-04-01280, РФФИ №10-04-01423-а, ФЦП № 02.740.11.0302, №14.740.11.0177 и №16.512.11.2101, Президента РФ НШ-64631.2010.7.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ НИСТАГМЕННЫХ РЕАКЦИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ РАЗЛИЧНЫМИ СЕНСОРНЫМИ ВХОДАМИ

В.И. Усачёв¹, В.И. Доценко^{2,3}

¹Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

³Общество с ограниченной ответственностью «Научно-медицинская фирма "Статокин"», Москва

У 78 здоровых лиц в возрасте от 19 до 35 лет (72 мужчины и 6 женщин) изучался вестибулярный нистагм (ВН) с закрытыми глазами и в светонепроницаемой повязке при синусоидальном вращении в течение 9 мин на электровращающемся кресле с устройством числового программного управления 2P32. Вращательный нистагм регистрировался битемпорально при помощи усилителя биопотенциалов

постоянного тока в составе АПК «Электронистагмограф» с частотой дискретизации сигнала по каждому из каналов 500 Гц с последующей компьютерной обработкой нистагма. Синхронно регистрировались графики скорости вращения кресла и произвольных угловых поворотов головы. Параметры стимуляции: амплитуда – 180° , период – 10 с, максимальная скорость – $50^{\circ}/с$. Установлено, что вращательный ВН подвержен угнетению даже при вращении по синусоидальной программе. Уменьшалось количество нистагменных циклов, скорость медленного и быстрого компонентов. Кроме того, у 24 испытуемых отмечалось исчезновение ВН на 1–5-й минутах вращения.

По нашему мнению, причиной выраженного угнетения вращательного ВН является отсутствие подтверждающей информации о вращении с других сенсорных входов – зрительного и проприоцептивного. При активном повороте головы с открытыми глазами реализуется цервико-опто-вестибулярный нистагм (ЦОВН), который не подвержен угнетению. При повороте головы с закрытыми глазами наблюдается цервико-вестибулярный нистагм (ЦВН). При вращении на электровращающемся кресле с открытыми глазами реализуется опто-вестибулярный нистагм (ОВН). По интенсивности эти типы вращательного нистагма в порядке убывания располагаются следующим образом: ЦОВН-ОВН-ЦВН-ВН.

Сформулирована физиологическая концепция реализации нистагма при активном повороте головы. Эта реакция расценивается как ориентировочная, направленная на опережающее выведение глаз в сторону объекта, куда поворачивается голова. Она начинается с быстрой саккады в сторону поворота головы, обусловленной шейной афферентацией.

УЧЁТ ЦЕННОСТНО-СМЫСЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИЧНОСТИ ПРИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОМ ОТБОРЕ КАНДИДАТОВ К СВЕРХДЛИТЕЛЬНЫМ НАЗЕМНЫМ ИСПЫТАНИЯМ В СОСТАВЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ ЭКИПАЖЕЙ

В.М. Усов¹, Л.Д. Сыркин², Ю.А. Бубеев¹, И.Б. Ушаков¹

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный областной социально-гуманитарный институт», Коломна

Опыт пилотируемых КП показывает, что многие качественно новые этапы освоения космоса начались с модельных наземных экспериментов в гермообъектах. В настоящее время осуществляется уникальная программа моделирования сверхдлительного КП – «МАРС-500». Есть основания полагать [В.А. Пономаренко, 1998; В.А. Бодров и др., 2008; и др.], что «незрелость» ценностно-смысловой сферы не способствует формированию устойчивой профессиональной направленности. Особенности семантического пространства личности, описанного в категориях системы ценностей и личностных смыслов с учетом устойчивости профессиональных интересов в долговременной перспективе могут представлять несомненный интерес применительно к комплектованию экипажа, представленного участниками национальных космических программ. В рамках культурно-исторического, деятельностного и системного подходов, экспериментальной психосемантики, перспективно использование метода репертурных решеток Дж.Келли (1955), посредством которого вербальные и невербальные конструкты, выявленные у испытуемого, преобразуются методами многомерного шкалирования в топологическую модель семантического пространства, где метрическая «близость – удаленность» элемента «Я» по отношению к профессионально значимым элементам некоторого «ролевого списка» отражает либо сходство, либо различия ценностей и смыслов испытуемого с его персонифицированными наиболее значимыми элементами «ролевого списка» профессиональной направленности. Предлагаемые методические подходы призваны расширить рамки психологического отбора кандидатов к участию в наземных длительных и сверхдлительных испытаниях и снизить риски развития психических и поведенческих расстройств, связанных с неосознаваемым негативным восприятием незнакомых национальных привычек, обычаев, норм и ценностей индивидов, представляющих другие страны, народы и культуры, а также неприятием других систем ценностей.

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПАТТЕРНОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ОПЕРАТОРА

И.Б. Ушаков¹, А.В. Богомолов², Ю.А. Кукушкин²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны России, Москва

Паттерн функционального состояния — описание состояния в терминах характеристик активности функциональных систем, обеспечивающих его формирование и развитие в соответствии с доминантой [Ушаков И.Б. и др., 2010]. Паттерн каждого функционального состояния (ФС) определяется типом (видом) ФС и особенностями профессиональной деятельности изучаемого контингента операторов. А индивидуальные особенности оператора определяют характеристики паттерна. То есть, описание ФС оператора предполагает формирование его паттерна, для чего необходимо выделить функциональные системы организма, задействованные в формировании этого ФС его доминантой, и определить множество информативных характеристик, адекватно описывающих активность выделенных функциональных систем. Изложенный взгляд на изучение ФС и анализ их паттернов в полной мере отвечает системному подходу к изучению психологических явлений [Ухтомский А.А., 2002; Ломов Б.Ф., 2006; Ильин Е.П., 2005; Ушаков И.Б. и др., 2008]. То есть, при формировании паттерна ФС необходимо ориентироваться на анализ этого ФС во взаимосвязи с особенностями профессиональной деятельности оператора, корректно выбрав методологический подход к диагностике и контролю ФС и способ его описания. Определение множества информативных характеристик, адекватно описывающих активность функциональных систем организма, обеспечивающих формирование изучаемого ФС, основывается на анализе изменений ФС вследствие влияния факторов условий профессиональной деятельности оператора. В результате проведенных теоретико-экспериментальных исследований были описаны особенности паттернов ФС операторов авиационного профиля, наиболее часто встречающихся в их профессиональной деятельности.

ОСНОВНЫЕ НЕРЕШЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛИТЕЛЬНЫХ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТОВ

И.Б. Ушаков, В.М. Петров, В.В. Бенгин, А.В. Шафиркин, А.С. Штемберг

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Проблема обеспечения радиационной безопасности человека при орбитальных КП в значительной мере решена: созданы и реализованы методы и требования к радиационной защите космических аппаратов (КА), разработаны средства и методы радиационного контроля на борту КА, на основе обобщения и систематизации большого объема радиобиологических исследований созданы методы оценки и диагностики «радиационного» здоровья космонавтов и нормативы по ограничению их профессионального облучения. Во время полета Служба радиационной безопасности осуществляет контроль и прогноз доз облучения космонавтов и на основе оценки радиационного риска выдает необходимые заключения и рекомендации. Вместе с тем при переходе к межпланетным полетам возникает ряд проблем, без решения которых нельзя считать радиационную безопасность членов марсианской экспедиции обеспеченной. К ним относятся необходимость значительно снизить ошибку в оценке радиационного риска за счет повышения точности наших знаний о закономерностях радиационного поражения организма тяжелыми заряженными частицами (ТЗЧ), получить количественные данные о характере радиационного воздействия ТЗЧ на центральную нервную систему и соответствующем снижении надежности функционирования космонавтов, исследовать характер и степень опасности повреждения генома при воздействии ТЗЧ, разработать подходы, методы и средства профилактики и лечения радиационного нарушения здоровья в полете и после его завершения, усовершенствовать методические и технические средства радиационного контроля и прогноза при межпланетном полете с ориентацией на автоматическое функционирование во время выполнения миссии, обосновать принципы радиационного нормирования с учетом эргономического радиационного риска и разработать соответствующие нормативы. Эти вопросы освещены подробно в докладе.

ЭНЕРГЕТИКА ОПЕРАЦИЙ И ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СКАФАНДРА ДЛЯ ИМИТАЦИИ ВЫСАДКИ НА ПЛАНЕТУ

С.Н. Филипенков, Ю.В. Пенкин, Е.А. Широков, А.Ц. Элбакян

Открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Звезда» имени академика Г.И. Северина», Томилино, Московская область

Межпланетный полет — реальная перспектива XXI века, поэтому в настоящее время начинают исследоваться психофизиологические и эргономические вопросы выполнения операций на поверхности планеты.

Первым шагом стала имитация высадки по программе «Марс-500» в экспериментальном скафандре (СК) «Орлан-Э» (масса 32 кг, вентиляционная СОЖ, избыточное давление 0,1–0,2 ат), созданном на основе СК «Орлан ДМА». Ранее, в 2009 году выполнялась отработка ходьбы и операций с инструментами испытателями НПП «Звезда» с участием специалистов РКК «Энергия». В 2010 году проведены тренировки на марсодроме ИМБП с испытателями и членами экипажа «Марс-500» (три участника высадки и один дублер).

Целью предварительных испытаний была эргономическая и психофизиологическая оценка условий работы в СК по циклограмме высадки. Проверялись и закреплялись навыки входа/выхода из СК, определялась скорость перемещения и устойчивость ходьбы по марсодрому с фиксацией положения страховочных карабинов и вентиляционного шланга, оценивалась возможность самостоятельного размещения в кресле для отдыха с учетом необходимых периодов отдыха, выбора оптимальной по устойчивости и нагрузке на тело позы отдыха стоя, возможность вставания на колено. Отрабатывалась возможность устранения нештатной ситуации падения оператора в СК на поверхность, когда оператор из положения лежа поднимался в вертикальное положение с помощью второго оператора или самостоятельно, используя подручный инструмент.

Были проведены технологические операции по разрушению реголита альпенштоком, взятию проб грунта или песка с помощью совка и захвата, упаковки их в контейнер. В 2-часовом тесте на велоэргометре получены сравнительные данные регистрации ЭКГ и изменения ЧСС с помощью системы Som-pomed и штатной системы СК «Бета-08» при энерготратах (ЭТ) от 1,5 до 11 ккал/мин. По данным ЧСС определено, что при пребывании в СК «Орлан-Э» в состоянии покоя ЭТ составляли 2–3 ккал/мин. При ходьбе ЭТ достигали 4–6 ккал/мин.

ЭТ увеличивались до 7–8 ккал/мин при отборе проб грунта, достигая максимума 10 ккал/мин при нештатных операциях вставания с колен и из положения лежа с опорой на инструмент или при поддержке второго оператора.

Исследования необходимо продолжить с применением прототипа планетарного СК в условиях пересеченного рельефа местности и при большем режиме избыточного давления в СК, когда энергетика рабочих операций может существенно повыситься.

БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МАНЕВРЕННОГО ПОЛЕТА НА ЦЕНТРИФУЖНОМ СТЕНДЕ

С.Н. Филипенков, Л.В. Проскурякова

Открытое акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Звезда» имени академика Г.И. Северина», Томилино, Московская область

В докладе обобщены материалы гематологических, биохимических и клинико-лабораторных методов, применявшихся для оценки состояния организма при моделировании перегрузок в направлении «голова–таз» в течение 60-секундных циклов вращения на центрифуге «ЦФ-8» с 15-секундной площадкой перегрузки 2 ед и 30–40-секундными площадками перегрузок от 5 до 9 ед. Биохимические исследования проводились с целью выбора оптимального противоперегрузочного снаряжения, определения степени психофизиологической нагрузки на оператора при использовании различных комплектов снаряжения, а также для предотвращения кумулятивных эффектов воздействия перегрузок в последствии. В 60 экспериментах участвовали 6 мужчин-испытателей в возрасте от 21 до 35 лет, не обладавших опытом работы на динамических стендах. В 75 % случаев содержание глюкозы в крови значительно изменялось относительно фона еще до начала эксперимента и еще больше возрастало сразу после вращения на центрифуге, что вызвано гормонально опосредованными изменениями метаболизма на фоне эмоционального и физического напряжения. После вращения значимость изменения био-

химических показателей зависела от величины действовавшей на организм перегрузки, а также от индивидуальной переносимости действующих перегрузок. При пониженной переносимости имело место статистически значимое увеличение активности ферментов (АСТ/АЛТ, α -ГБДГ, ЛДГ, КК) в 2–3 раза с их нормализацией в течение суток последствия. Изменения активности ферментов объясняются усилением обменных процессов под действием перегрузок при выполнении маневров мышечного напряжения, так и повышенной проницаемостью клеточных мембран при гормональных реакциях на действие предельных перегрузок. В случаях пониженной переносимости (10 %) в анализе мочи выявлялось колебание удельного веса в сторону уменьшения до 1002 г/л или увеличения до 1027 г/л при наличии следов белка (10 %), эритроцитов в поле зрения (10 %), солей мочевой кислоты и уратов (5 %). При пониженной переносимости и сокращении до 2–15 с пребывания на площадке 8–9 единиц анализы мочи нормализовались в течение суток в 45 % экспериментов, через 2–3 сут последствия в 50 % экспериментов, на 4-е сутки в 5 % экспериментов.

ЭФФЕКТЫ ТЕНОТОМИИ МЫШЦ ПЕРЕДНЕЙ ГРУППЫ ГОЛЕНИ В УСЛОВИЯХ АНТИОРТОСТАТИЧЕСКОГО ВЫВЕШИВАНИЯ

Н.М. Фокина, А.А. Иванова, М.Г. Тавитова, Б.С. Шенкман

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ — Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В ходе исследования, выполненного на самцах крыс Вистар, было проанализировано влияние тенотомии мышц передней группы голени на плотность функционально активных синаптических контактов на мембранах мотонейронов, иннервирующих камбаловидную мышцу, а также на содержание энергетических субстратов в быстрых и медленных волокнах камбаловидной мышцы в условиях семисуточного антиортостатического вывешивания. Одновременно с двусторонней тенотомией мышц передней группы голени за 3 дня до начала вывешивания было выполнено ретроградное мечение мотонейронов, иннервирующих камбаловидную мышцу. Для оценки плотности синаптических контактов серийные срезы спинного мозга окрашивали при помощи моноклональных антител против синаптофизина и измеряли относительную длину участков мембраны меченых мотонейронов, занятых синаптофизин-иммунореактивными гранулами. Содержание гликогена и триглицеридов измеряли после соответствующей гистохимической окраски и иммуногистохимического типирования волокон камбаловидной мышцы. При анализе меченых мотонейронов было выявлено достоверное уменьшение относительной длины участков мембраны, занятых синаптофизин-иммунореактивными гранулами, через 7 сут антиортостатического вывешивания. Тенотомия мышц передней группы голени, выполненная до начала антиортостатического вывешивания, оказала некоторый профилактический эффект и способствовала сохранению плотности синаптических контактов на мембранах мотонейронов, иннервирующих камбаловидную мышцу. Содержание триглицеридов как в медленных, так и в быстрых волокнах камбаловидной мышцы через 7 дней вывешивания практически не изменилось, а тенотомия мышца-антагонистов не оказала существенного влияния на этот параметр. В то же время, было выявлено достоверное уменьшение содержания гликогена как в медленных, так и в быстрых волокнах камбаловидной мышцы в ходе вывешивания, а тенотомия мышца-антагонистов позволила полностью предотвратить этот эффект и даже способствовала накоплению гликогена в волокнах камбаловидной мышцы обоого типа. Можно предположить, что выявленные изменения обусловлены изменением характера афферентной импульсации, поступающей к иннервирующим камбаловидную мышцу мотонейронам, в условиях антиортостатического вывешивания.

ВЕНОЗНАЯ ГЕМОДИНАМИКА ЧЕЛОВЕКА В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ

Г.А. Фомина¹, А.Р. Котовская¹, И.В. Алферова¹, А.В. Сальников¹, Е.Н. Ярманова¹, Ph. Arbeille², М.-А. Custaud³, Р. Aubry⁴, G. Gauquelin-Koch⁴

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Госпиталь Университета г. Тура, Тур, Франция

³Госпиталь университета г. Анже, Анже, Франция

⁴Национальный центр космических исследований (CNES), Франция

Изменения венозной части сосудистого русла в космических полетах (КП) являются весьма значимыми с точки зрения их влияния на послеполетную ортостатическую устойчивость (ОУ), но, к сожалению,

нию, остаются недостаточно изученными. Целью данной работы являлось получение объективных данных о состоянии вен и венозной гемодинамики в различные сроки пребывания в невесомости.

Исследования проводились на ОС «Мир» с помощью аппаратуры ЭХОГРАФ-2М (эхография магистральных вен — 11 человек, 31 исследование) и ФИЗИОЛАБ (окклюзионная плетизмография голени — 10 человек, 48 исследований) в КП длительностью от 14 до 438 дней. В настоящее время исследования продолжаются на РС МКС с помощью новой бортовой аппаратуры КАРДИОМЕД (Франция) во время КП длительностью до полугода. Выполнено 14 обследований у 7 российских космонавтов методом окклюзионной плетизмографии голени. На ОС «Мир» было выявлено выраженное расширение магистральных вен в области головы и шеи, абдоминальных органов и нижних конечностей уже с 1–2-й недели КП, а также увеличение емкости вен голени в сочетании со снижением скорости наполнения вен и скорости артериального наполнения. При исследованиях космонавтов МКС ранее установленные закономерности в основном были подтверждены. Выявленные на ОС «Мир» и МКС изменения вен достигали максимальных значений на 2–3-м месяцах полета и оставались стабильно повышенными на всем протяжении пребывания в невесомости. Однако у 3 космонавтов МКС отмечены новые, ранее не наблюдавшиеся изменения: увеличение средней скорости наполнения вен и скорости артериального наполнения. Это увеличение скорости наполнения вен голени в сочетании с увеличением их емкости внесло существенный вклад в снижение переносимости ОДНТ во время полета и послеполетной ортостатической устойчивости. Это дает основание полагать, что такой комплекс изменений вен нижних конечностей является неблагоприятным прогностическим признаком снижения ортостатической устойчивости.

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКИПАЖЕЙ КЛА

Н.Н. Хабаровский, Э.А. Курмазенко, Л.И. Гаврилов, А.А. Кочетков, Г.Р. Камалетдинова

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторский институт химического машиностроения», Москва

Под функционированием интегрированной систем жизнеобеспечения (ИСЖО) как составной части сложной системы – экотехнической системы (ЭТС) межпланетного космического корабля понимается процесс выполнения им заданного алгоритма работы при использовании по целевому назначению. Физически функционирование систем комплекса при отсутствии отказов может быть интерпретировано как процесс непрерывного или скачкообразного в зависимости от типа системы и выполняемых ею функций изменения параметров ее состояния. ИСЖО как сложная система характеризуется информационным, морфологическим и функциональным описанием, которые на этапе проектирования должны быть объединены в единое целое. Проверка правильности выбора морфологического описания может быть осуществлена на основе анализа закономерностей функционирования комплекса во взаимодействии с внешней средой, результаты которого позволят:

- Уточнить и дополнить требования информационного описания.
- Оценить правильность выбора морфологического описания.

Взаимодействие ИСЖО с внешней средой характеризуется параметрами сопряженных состояний данных систем, которые для достижения цели ЭТС приводят к новым сопряженным состояниям. При выявлении закономерностей функционирования необходимо составить формализованное функциональное описание ЭТС. При его составлении необходимо учитывать, что входящие в структуру ИСЖО системы реализуют различные алгоритмы функционирования и соответственно характеризуются различными структурами и организацией информационно-функционального обмена. В докладе рассмотрен сложившийся подход к проведению анализа функционирования ИСЖО на основе имитационного моделирования с учетом специфики решаемых проектных задач на различном уровне детализации формализованных описаний.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И КОНДЕНСАТА АТМОСФЕРНОЙ ВЛАГИ НА РС МКС

С.А. Харин, Н.Д. Новикова, Ю.Е. Синяк

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В условиях КП сохранение здоровья и поддержание работоспособности экипажа в значительной степени зависит от качества потребляемой питьевой воды. Качество воды, характеризуемое рядом

физико-химических и биологических показателей, должно быть оптимальным для организма человека. Поэтому важнейшей частью работ, направленных на отслеживание рисков, представляющих опасность для здоровья космонавтов, является микробиологический контроль воды, используемой на борту Российского сегмента Международной космической станции. Вода является естественной средой обитания для микроорганизмов, в том числе и патогенных для человека. Результаты систематического микробиологического контроля позволяют принять правильное решение по ее потреблению космонавтами.

Исследования проб питьевой воды и конденсата атмосферной влаги, доставленных на Землю пятью последними экспедициями, показали, что наибольший уровень микробной контаминации был выявлен в конденсате ($10^3 - 10^5$ КОЕ/мл). В процессе его регенерации системой СРВ-К количество микроорганизмов существенно уменьшалось, в пробах регенерированной воды уровень бактерий не превышал 100 КОЕ/мл. Бактерии были также обнаружены и в двух пробах консервированной питьевой воды, доставляемой с Земли. В некоторых случаях количество бактерий в питьевой воде незначительно превышало нормативный показатель, регламентируемый SSP 50260 MORD (50 КОЕ/мл), что связано с большим сроком между отбором проб на борту и их анализом в лаборатории. Видовой состав обнаруженных бактерий был преимущественно представлен грамотрицательными бактериями (*Ralstonia pickettii*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Stenotrophomonas maltophilia*). Эти виды не представляют опасности для здоровья человека с нормальными защитными функциями организма. Бактерии группы кишечной палочки и другие патогенные виды обнаружены не были. Таким образом, в этот период качество питьевой воды соответствовало санитарно-гигиеническим требованиям.

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКОСТЕЙ В НАНОКАНАЛАХ В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

А.И. Хаустов, О.В. Семёнова

Московский авиационный институт, Москва

Современные методы транспортировки и доставки жидкостей, например, лекарств в нано количествах требуют разработки принципиально новых устройств для их нагнетания. Они должны иметь малые габариты, практически неограниченный ресурс работы, работать от биологического источника энергии как в наземных условиях, так и в условиях невесомости.

Для разработки таких устройств в настоящее время изучаются нагнетательные устройства и способы транспортировки жидкостей на примере механизма забора и транспортировки крови, нектара по питательным каналам насекомых.

В работе представлены результаты изучения таких механизмов на примере питания комара, мошек, бабочек и других насекомых. Показано, что насекомые обладают удивительным механизмом по транспортировке вязких жидкостей с высокой эффективностью при этом удельные массогабаритные характеристики и экономичность работы насосов насекомых по транспортировке существенно выше, чем существующие и известные аналоги, созданные человеком. Получено, что основными силами, используемыми насекомыми для транспортировки жидкостей по пищевым каналам, являются: сократительная способность мышц насосов-желудочков, перепад внешнего и внутриорганного давления, капиллярные силы. Разные насекомые используют разное соотношение этих сил. В работе представлены результаты расчетов параметров течения крови, нектара, как вязких неньютоновских жидкостей по пищеварительным каналам насекомых, используя известные данные их биологического строения. Расчетный анализ показал, что известные и принятые научным сообществом данные по всасывающей способности насекомых (величине скорости жидкости, времени забора крови, расхода) не совпадают с данными по сократительной способности нагнетательных механизмов насекомых и показали перспективность изучения процессов транспортировки жидкости у насекомых для создания высокоэффективных нагнетательных устройств в наземных условиях и невесомости.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ПИЛОТИРУЕМОГО ПОЛЕТА

А.И. Хаустов, И.Н. Шашкин, О.В. Семёнова

Московский авиационный институт, Москва

Длительный, пилотируемый полет не возможен без комплектации медицинского оборудования летательного аппарата нагнетательными устройствами для вспомогательного кровообращения (НУ ВК), которые бы обеспечивали частичную или полную, временную или постоянную замену функции сердца

членов экипажа. При этом на НУ ВК накладывается ряд специфических особенностей, связанных с условиями применения: простота использования, с возможностью трансплантации, компактность.

Анализ параметров насосов, применяемых в системах аэрокосмических летательных аппаратов (АЭЛА) и насосов для ВК показал, что, несмотря на различие в абсолютных значениях параметров насосов АЭЛА и ВК относительные параметры, которые характеризуют подобие процессов, практически одинаковы для рассматриваемых насосов. Поэтому научные знания, накопленные в области разработок агрегатов АЭЛА, были с успехом использованы в разработке систем ВК для длительных полетов.

В работе представлены результаты расчета трехмерного течения в НУ ВК, неньютоновской жидкости (крови), позволяющие создать проточную часть, исключая отрывные и застойные зоны и, как следствие, исключая травму и крови и тромбообразование в элементах конструкции ВК. Разработан численный критерий – ударный гемолиз, позволяющий оптимизировать геометрические параметры насоса и оценивать влияние на травму крови основных режимных и геометрических параметров. Выделены и классифицированы основные эффекты, интенсифицирующие процессы деформации и разрушения частиц в насосе.

Представлены результаты медико-биологических испытаний НУ ВК, включающего малогабаритный динамический насос, блок управления. Показано, что в качестве нагнетательного элемента целесообразно использовать осевые насосы, так как они имеют ряд преимуществ по сравнению с объемными: отсутствие клапанов, мембран, значительная простота конструкции, обеспечивая при этом возможность трансплантации.

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ КРЫС

М.Ю. Ходанович, Н.А. Кривова, Е.В. Гуль, А.Е. Зеленская, Н.В. Бондарцева

Научно-исследовательский институт биологии и биофизики, Томский государственный университет, Томск

Гипомагнитные условия (ГМУ) являются одним из существенных, но слабо изученных факторов дальнего КП. Настоящая работа посвящена исследованию влияния ГМУ на центральную нервную систему и поведение в условиях хронического эксперимента. Ослабление геомагнитного поля, которое в течение 21 сут поддерживалось на нулевой отметке, достигалось с помощью компенсации магнитного поля Земли системой колец Гельмгольца. Колебания магнитного поля Земли учитывались с помощью компьютерной программы, которая рассчитывала силу тока для соленоидов компенсации в реальном времени. Объектом исследования служили половозрелые крысы-самцы (12 крыс контрольной и 12 крыс подопытной группы). Поведение до и после экспозиции в ослабленном геомагнитном поле оценивали по тесту «открытое поле». У 6 крыс подопытной и 6 крыс контрольной группы регистрировали ЭЭГ и вызванные потенциалы до и после опыта с помощью подкожных игольчатых электродов.

Значимого изменения поведения крыс подопытной группы по сравнению с контролем в тесте «открытое поле» не отмечено. Обнаружено значимое влияние исследуемого фактора на спектр ЭЭГ. Экспозиция крыс в ГМУ вызывала снижение мощности в тета-, альфа-, бета- и гамма1-диапазонах по сравнению с контрольной группой, а также редукцию компонента «негативность рассогласования» вызванных потенциалов – коррелята автоматического обнаружения изменений в слуховой среде – после эксперимента у крыс подопытной группы. Полученные результаты могут свидетельствовать о нарушениях биоэлектрической активности мозга крыс при длительной экспозиции в ГМУ, проявляющихся при сенсорной нагрузке, появлении изменений в окружающей среде, по крайней мере, для слуховой сенсорной системы.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБЫ С ЭНДОТЕЛИЙ-ЗАВИСИМЫМ РАСШИРЕНИЕМ ПЛЕЧЕВОЙ АРТЕРИИ В СИСТЕМЕ МЕДИЦИНСКОГО КОНТРОЛЯ В ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ И ЭКСПЕРТИЗЕ ЗДОРОВЬЯ

С.Ф. Холин, Т.И. Морева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Выявление изменений функции эндотелия, его структуры, синтеза и выделения биологически активных веществ является важным диагностическим и прогностическим фактором. Нарушение функций

эндотелия является начальным проявлением изменений сердечно-сосудистой системы и пусковым элементом патогенеза ряда ее нарушений.

Разработанная Celemajer методика определения состояния эндотелия и функциональных резервов кровообращения основана на определении диаметра просвета плечевой артерии до и после ее дозированной по величине и времени окклюзии [Celemajer DS, 1992]. При этом увеличение величины просвета в связи действием механизма эндотелий-зависимой гиперемии должно быть не меньше определенной величины, характеризующей оптимальное состояние эндотелия. В разработанном нами варианте схема теста дополняется контролем линейной скорости кровотока и определением упруговязких свойств сосудистой стенки сфигмографией.

Синтезируемая и выделяемая эндотелием окись азота оказывает оптимизирующее действие на состояние сосудистого русла и функции сердца. Изменение данной функции приводит к снижению качественных характеристик компенсаторно-приспособительных реакций и адаптации кровообращения к различным условиям и воздействиям.

Как показывает анализ данных литературы изменения эндотелиальных функций плечевой артерии достаточно высоко коррелирует с состоянием эндотелиальной функции других приводящих артериальных сосудов, в том числе венечных артерий сердца.

Применительно к длительным КП, проведению клиничко-физиологических исследований в ходе отбора и экспертизы здоровья использование рассматриваемой методики целесообразно и перспективно.

Диагностика самых начальных стадий изменений в системе кровообращения в ходе длительных полетов и модельных исследований, эффективное прогнозирование и коррекция в сопоставлении с другими данными профилактических мероприятий, режимов физических тренировок, циклограммы сложных психофизиологических тестов, режима труда и отдыха возможна при условии дальнейших исследований и выработки точных количественных критериев оценки и интерпретации результатов.

В докладе представлен ряд экспериментальных данных применения методики в модельных исследованиях.

СОСТАВ ЛЕТУЧИХ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В ВЫДЫХАЕМОМ ВОЗДУХЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ НЕВЕСОМОСТИ

Д.С. Царьков, Р.Г. Марданов, Л.Н. Мухамедиева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Исследование в выдыхаемом воздухе здорового человека промежуточных метаболитов, синтезируемых в клетках, направлены на установление веществ, отражающих нормальные физиологические процессы в организме, установление и валидацию биомаркеров для объективного скрининга и неинвазивной, донозологической диагностики нарушений метаболических процессов в организме при неблагоприятном воздействии условий среды обитания.

Целью исследований было изучение состава летучих метаболитов в выдыхаемом воздухе человека при моделировании условий невесомости («сухая» иммерсия). Пробы выдыхаемого воздуха 14 обследованных отбирали в мешки из нейтрального полимерного материала за сутки до помещения в иммерсионную ванну, затем на 1, 3-и и 5-е сутки иммерсии, а также через сутки после окончания эксперимента. Отобранные пробы анализировались методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Ранее проведенными исследованиями состава летучих метаболитов в выдыхаемом воздухе человека при моделировании окислительного стресса был идентифицирован 1-гидроксипропанон-2 (ацетол), содержание которого увеличивается при физической нагрузке и коррелирует с тренированностью. Ацетол как промежуточный метаболит метилглиоксалевого пути окисления является субстратом для синтеза лактата.

Исследования в ходе «сухой» иммерсии показали, что при моделировании невесомости наблюдается возрастание в выдыхаемом воздухе 2-цианацетамида, бутадиона-2,3, этиленгликоля, некоторых альдегидов, фенола, фенилацетилена, метилэтилкетона, бутилацета, и многократное снижение концентраций жирных кислот. Изменение концентраций ацетола, по сравнению с их флуктуациями в условиях окислительного стресса, было сглажено, вероятно, в связи с превращением его в гидроксипропанамид, концентрация которого в выдыхаемом воздухе обследованных при моделировании условий невесомости увеличивается.

ТЕХНИКА ПОЛИМОДАЛЬНОЙ НЕЙРОМОДУЛЯЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПСИХОКОРРЕКЦИИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Д.Б. Чайванов, Ю.А. Чудина

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

Актуальной проблемой космической биологии и медицины является психологическое здоровье космонавтов. Условия КП являются причиной психологической напряженности и психических нарушений. В связи с невозможностью непосредственного вмешательства психотерапевта, важное значение приобретают инструментальные способы управления состоянием сознания и когнитивными стратегиями [Гримак Л.П., 2009; Тукаев Р.Д., 2006], среди которых выделяют методики нейромодуляции: биоуправляемый электросон, электрогипноз, электропсихотерапию [Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., Каркищенко Н.Н., 2011]. Данные методики применяются для изменения общей и/или локальной активации мозга [Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., 2011]. Сочетание транскраниальных методов электромагнитного воздействия позволяет нормализовать физиологические и психические процессы, определяющие эффективность когнитивной деятельности.

Техническая реализация методик нейромодуляции осуществлена на базе лаборатории Нейростимуляции НИЦ «Курчатовский институт» в виде уникального аппаратно-программного комплекса, позволяющего оказывать электромагнитное воздействие на мозг, управляемое на основе психофизиологических характеристик вегетативных и мозговых процессов [Чайванов Д.Б., Чудина Ю.А., 2011]. Прибор позволяет управлять психофункциональным состоянием и корректировать когнитивные стратегии с помощью 24 каналов электростимуляции (суммарная амплитуда тока 20 мА, полоса спектра сигналов 0–20 кГц) и 2 каналов магнитной стимуляции (амплитуда магнитного поля 2,5 Тл, скорость его нарастания 30 Тл/сек).

ОПЫТ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КЛИНИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕРМООБЪЕКТЕ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ДЛИТЕЛЬНЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ПОЛЕТ

Р.В. Черногоров, О.И. Орлов, А.С. Ковалёв, О.В. Переведенцев, А.В. Поляков

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Проблема разработки (модернизации) и внедрения перспективных средств и методов медицинского обеспечения длительных КП остается одной из актуальных для космической медицины.

Опыт обеспечения КП показал, что основные трудности при оказании медицинской помощи и лечении в полёте, как правило, связаны с ограниченным перечнем имеющегося на борту лечебно-диагностического оборудования и средств оказания медицинской помощи, малым объёмом объективной медицинской информации, получаемой с борта пилотируемого летательного аппарата, отсутствием в составе экипажа врача-специалиста и невозможностью врачей-консультантов с Земли принять непосредственное участие в объективном обследовании заболевшего (пострадавшего) члена экипажа.

Одним из инструментов в преодолении упомянутых ограничений может стать специализированный телемедицинский аппаратно-программный комплекс, который позволит экипажу в полете и группе медицинского контроля на Земле удаленно получать более объёмный перечень объективной медицинской информации, характеризующий текущее состояние органов и систем членов экипажа, стандартизировать процедуры медицинских обследований и лечения, накапливать в базе данных получаемую информацию и оказывать экипажу поддержку в её интерпретации.

В эксперименте «МАРС 500» развернут прообраз подобной телемедицинской системы для оценки её возможностей в интересах совершенствования медицинского обеспечения длительных и сверхдлительных КП.

Указанная телемедицинская система расширила перечень диагностических мероприятий, позволила организовать оперативный обмен медицинскими данными между экипажем и внешней группой медицинского контроля, что обеспечило своевременную диагностику состояния здоровья испытателей и проведение при необходимости соответствующих лечебных и профилактических процедур.

НЕЙРОПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОСМОНАВТОВ В ПОЛЁТАХ НА ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ «МИР»

Е.А. Шапошников, Н.М. Рудомёткин, А.А. Герасимович, А.Д. Следь

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Дистанционный наземный мониторинг нейропсихологического статуса (НПС) проводился на орбитальной станции «Мир» в течение 15 лет (11 750 чел/сут непрерывной эксплуатации в пилотируемом режиме, максимальная продолжительность полета космонавта-мужчины 438 сут, женщины 189 сут). Непрерывное психоневрологическое наблюдение осуществлялось по специально разработанной схеме и методологии, которые опирались на общепринятые в медицинской психологии, превентивной психиатрии и неврологии принципы и понятийные подходы. Учитывались данные регулярных отчетов космонавтов о самочувствии и общем здоровье, приватные собеседования. Особое внимание уделялось качеству и продолжительности сна, работоспособности, эмоционально-поведенческому состоянию, уровню и стилю межличностного взаимодействия внутри экипажа и с наземными службами, состоянию аналитической системы и другим психоневрологическим показателям. Одновременно учитывались данные ряда физиологических (главным образом, сердечно-сосудистых) исследований.

Не отмечалось клинически значимых психоневрологических изменений (по результатам наблюдения по каналам радиосвязи и ТВ) со стороны неврологического и психического здоровья. Тем не менее, у ряда космонавтов (на различных этапах полета) имели место феномены (эпизодического или длительного) затруднения полноценной адаптации к экстремальным факторам полета (эмоционально-аффективные флюктуации, нарушения сна и т.д.).

В результате проведенных исследований была установлена принципиальная возможность (без существенного ущерба для нейропсихических функций) длительной активной деятельности космонавтов в орбитальном полете. Тем не менее, выявлена желательность, а в отдельных случаях и необходимость расширения арсенала психопрофилактических, психогигиенических и психокоррекционных методов и средств.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 09-06-00360а.

К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ КОСМОНАВТОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ В УСЛОВИЯХ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ДРУГИХ СТРЕССОРНЫХ ФАКТОРОВ

А.В. Шафиркин, Л.Н. Мухамедиева, С.В. Татаркин, М.Ю. Баранцева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

В работе проанализирован ряд имеющихся проблем по обеспечению безопасности длительных орбитальных и межпланетных КП в плане необходимости установления реальных величин суммарного риска для космонавтов отдаленных неблагоприятных последствий после окончания экспедиций в результате комплексного протяженного воздействия ионизирующих излучений, химического загрязнения воздушной среды орбитальных станций, перспективных модулей межпланетных кораблей (МК), а также длительного действия ряда других стрессорных факторов, присущих КП. Предлагается наряду с традиционными методами, используемыми для установления ПДК химических соединений, обеспечивающих нормальную работоспособность космонавтов в процессе полетов, применить также современные подходы и обобщенные показатели для оценки степени нарушения здоровья космонавтов в отдаленный период после завершения длительных полетов в условиях сочетанного действия ряда стрессорных факторов. Для этого можно использовать успешный опыт проведения оценок радиационного риска и установления предельных уровней воздействия ионизирующих излучений на Земле и в Космосе, а также предельных уровней воздействия электромагнитных полей.

В работе представлена схема проведения хронических экспериментов по раздельному и комбинированному действию химического и радиационного факторов в режимах по составу среды и уровням радиационных воздействий, моделирующих реальные условия, соответствующие орбитальным и межпланетным полетам. В ней рассмотрены новые подходы и обобщенные показатели для характеристики выраженности адаптационных процессов, степени напряжения регуляторных систем и состояния компенсаторных резервов организма с целью описания последовательного перехода от нормы к патологии при хроническом комплексном действии стрессорных факторов.

ДОСТИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ФАРМАКОЛОГИИ

В.С. Шашков, В.В. Яснецов, С.К. Карсанова, Ю.В. Иванов, В.Г. Мотин, Н.А. Чельная
Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Первым достижением является разработка оригинального отечественного лекарственного препарата индралин, разрешенного для медицинского применения в качестве радиопротектора экстренного действия. Индралин — наиболее эффективный сегодня радиопротектор, которым располагает только Россия. Он, в частности, дает выраженный защитный эффект от поражающего действия на организм ионизирующего излучения (в том числе при гамма-облучении и облучении протонами высоких энергий, являющихся основными компонентами космической радиации).

Следующим достижением является создание нового отечественного психостимулирующего средства сидноглутона (комбинированный препарат, содержащий сиднокарб /мезокарб/ и глутаминовую кислоту). Сидноглутон – стимулятор умственной и физической работоспособности с выраженными криопротекторными свойствами. Он, в частности, оказался весьма эффективен в качестве средства сохранения жизнеспособности человека при низкой температуре окружающей среды.

Другим достижением является разработка оригинального отечественного вестибулопротектора икарон-1, представляющего собой лекарственный комбинированный препарат (содержащий сиднокарб /мезокарб/, скополамин, пипольфен /прометазин/, пиридоксальфосфат). Икарон-1, в частности, оказался весьма эффективен в качестве средства профилактики болезни движения у человека и животных. В настоящей работе в экспериментах, проведенных на кошках-самцах с использованием микроэлектродной техники и метода пневмомикроинъекции, уточняли механизм противоукачивающего действия икарона-1.

Было обнаружено, что икарон-1 (пневмомикроинъекция) главным образом угнетает спонтанную и вызванную активность большинства (92 %) нейронов медиального вестибулярного ядра. Это может лежать в основе механизма противоукачивающего действия икарона-1.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРА АВТОНОМНОСТИ НА ОСОБЕННОСТИ КОММУНИКАЦИИ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКИПАЖЕЙ ПРОЕКТА «МАРС-500»

***Д.М. Швед¹, Г.Ю. Васильева¹, А.Г. Виноходова¹, В.И. Гуцин¹, И.А. Ничипорук¹,
А.К. Юсупова¹, В. Ерманг²***

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Institute of Psychology HAS, Budapest, Hungary

Проводилось исследование влияния различных уровней автономности жизнедеятельности экипажа в проекте «МАРС-500» на его общение с внешним миром.

Контент-анализ общения в первые два месяца эксперимента «Марс-105» позволил воспроизвести результаты, полученные в предыдущих модельных экспериментах: после активного и эмоционального общения в период освоения экипажем новых условий обитания, затем развивался период относительной адаптированности к условиям изоляции, характеризующийся уменьшением объема и эмоциональности общения на фоне снижения уровня испытываемого обследуемыми стресса. В период относительной автономности данная тенденция сохранялась у двух обследуемых. У большей части экипажа снижение контроля и социального давления ЦУП приводило к росту общения, повышению его эмоциональности и критичности, что связано с реализацией стратегии самоуправления экипажа [А.И. Григорьев, А.Ф. Быстрицкая и др., 2002]. Данная поведенческая стратегия оказывала позитивное влияние на настроение, самочувствие и активность этой части экипажа. Проведённое исследование влияния полного отсутствия коммуникации в контуре «экипаж-Земля» (высокой автономности) показало двойственный эффект данного фактора. С одной стороны, усугублялся дефицит психологической поддержки извне, со стороны близких и семьи. Одновременно отмечалось большее психологическое сближение членов экипажа и некоторое улучшение организации труда за счёт самостоятельного планирования.

Данное коммуникативное поведение можно рассматривать как компонент адаптации к условиям нарастающей сенсорной депривации и монотонии.

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИРОВАННОЙ МИКРОГРАВИТАЦИИ НА РАСТИТЕЛЬНУЮ КЛЕТКУ

Г.В. Шевченко, Е.Л. Кордюм

Институт ботаники имени Н.Г. Холодного НАН Украины, Киев, Украина

Освоение космоса требует создания систем жизнеобеспечения для настоящих и последующих долгосрочных полетов. Растения составляют один из главных компонентов закрытых экологических систем, которые могут быть использованы на борту орбитальных станций. Для успешного роста и развития растений в космосе необходимо изучение адаптации растений к условиям КП. Наши исследования посвящены влиянию микрогравитации на клеточный компонент - цитоскелет, который поддерживает форму растительной клетки и обеспечивает ее рост. Микрогравитация в наших экспериментах моделируется при помощи медленного клиностатирования (2 g_{pm}), что позволяет дезориентировать растения относительно вектора силы тяжести и частично избежать его направляющего действия. Мы наблюдаем динамику элементов цитоскелета в клетках корня трансформированных растений *Arabidopsis-MAP4-GFP* и *Arabidopsis-ABD2-GFP*. MAP4 и ABD2 являются белками, ассоциированными с тубулином и актином (соответственно) и маркируют тубулиновые микротрубочки и актиновые микрофиламенты. Использование этих растений позволяет исследовать цитоскелет *in vivo* непосредственно после клиностатирования и избегать процедуры фиксации, незаменимой при сегодняшних полетных экспериментах. Исследование организации микротрубочек и микрофиламентов и измерение параметров клеток в зоне растяжения корня *Arabidopsis* а также использование фармацевтического подхода показали, что организация микротрубочек и клеточные параметры (длина и ширина клеток) подвержены изменениям сильнее в контроле, чем при клиностатировании. Поскольку эволюция растений происходила на Земле при постоянном воздействии силы тяжести, механизм координации клеточного роста, в котором задействованы микротрубочки и микрофиламенты, сформировался именно в этих условиях. Возможно, что в стрессовых условиях происходит усиленное проявление этого механизма, что и наблюдается в условиях моделированной микрогравитации.

ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ В КОСМОСЕ. ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ПОЛЕТЕ БИОСПУТНИКА «БИОН-М»№1

Б.С. Шенкман, В.К. Ильин, В.М. Петров, А.С. Штемберг, В.В. Бояринцев

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Осуществление широкой программы исследований в экспериментальном длительном полете нового космического аппарата БИОН-М № 1 должно стать новым этапом на пути познания механизмов действия факторов КП, прежде всего невесомости, на живые системы. В полете биоспутника будут проводиться эксперименты на позвоночных животных (мыши, песчанки, гекконы, рыбы), на моллюсках, растениях и микроорганизмах. В частности, предполагается проведение экспериментов с культурами микроорганизмов и микробными ассоциациями. Эти эксперименты преследуют следующие цели: проведение астробиологических исследований, оценка влияния факторов КП на биологические свойства некоторых биотехнологически ценных культур, оценка эффективности микробной декомпозиции органических субстратов в условиях КП. Задачи экспериментов на позвоночных животных состоят в продолжении исследований физиологических адаптаций к условиям длительного КП (30 сут), исследовании клеточных и молекулярных изменений в различных органах и тканях после полета, исследовании молекулярно-биологических и физиологических основ поведения и двигательной активности животных с целью выявления возможных механизмов двигательных нарушений в условиях невесомости. Предполагается сопоставить изменения молекулярно-биологических параметров в условиях КП с изменениями поведения и функционального состояния животных в остром периоде реадaptации, а также проанализировать изменения регенераторных систем организма в условиях невесомости. Программа исследования поведения животных включает видеоанализ индивидуального и группового поведения, исследование двигательной, ориентировочно-исследовательской активности, эмоциональности и тревожности животных, исследование физической выносливости и координации движений, а также дискриминантное обучение с исследованием его нейрoхимических механизмов. Радиационные исследования включают отработку методов космической дозиметрии и формирование базы экспериментальных данных по биологически значимым характеристикам космического ионизирующего излучения (цитогенетические повреждения, соматические и генетические эффекты, включая генетические повреждения и мутации).

АНАБОЛИЧЕСКИЕ И КАТАБОЛИЧЕСКИЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПУТИ В СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ НА РАННИХ ЭТАПАХ ГРАВИТАЦИОННОЙ РАЗГРУЗКИ

Б.С. Шенкман, Е.В. Лысенко, Т.Л. Немировская, Е.В. Качаева

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Потеря белковой массы, характерная прежде всего, для постуральных мышц, является закономерным следствием пребывания человека и животных в условиях гравитационной разгрузки. В то же время, до сих пор неизвестны те «слабые» звенья сигнальных каскадов, контролирующих синтез и распад белка, которые определяют изменения белкового обмена в мышце при гравитационной разгрузке. В наших экспериментах не обнаружено существенного снижения как общего содержания, так и уровня фосфорилирования рибосомальных киназ p70S6K и p90RSK в камбаловидной мышце на ранних этапах гравитационной разгрузки [Лысенко и др, 2010]. При этом наблюдается устойчивая активация элонгационного фактора eef-2, которая определяет ингибирование трансляционного процесса. Таким образом, можно предположить, что именно фосфорилирование этого фактора, киназа которого зависит от концентрации кальций-кальмодулинового комплекса, может снижать интенсивность белкового синтеза на ранних этапах разгрузки. В наших экспериментах применение кальциевых хелаторов позволило как снизить уровень базального кальция в миоплазме, так и уменьшить исходно повышенную активность кальпаинов на 3-и сутки гравитационной разгрузки [Алтаева и др. 2010]. Вместе с тем недавно в нашей лаборатории показано, что в этот период развития атрофии наблюдается повышенная экспрессия мРНК кальпаина-I. В этот же период наблюдается и повышенная экспрессия MuRF-1 и атрогина-1, наиболее активных E3 убиквитин-лигаз. Все эти факты указывают на раннюю активацию протеолитических систем в условиях разгрузки. Не исключено, что одной из причин такой активации может являться раннее снижение экспрессии ключевого системного регулятора белкового обмена инсулиноподобного фактора роста (IGF-I) в камбаловидной мышце крысы [Leinsoo et al, 2010]. Понятно, что гипотеза о триггерной роли накопления ионов кальция в мышечном волокне и снижения экспрессии IGF-I в мышце на ранних этапах развития гипогравитационной атрофии требует новых экспериментальных подтверждений.

Работа поддержана грантом РФФИ 11-04-01769-а и программой фундаментальных исследований ОБН РАН.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА МЕХАНИЗМЫ ТОЧНОСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

Т.А. Шигуева, А.З. Закирова, Е.С. Томиловская

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Целью настоящей работы явилось исследование влияния длительных космических полетов (КП) на механизмы точностного управления движением. Исследование проведено с участием 6 членов экипажей экспедиций на МКС длительностью от 169 до 198 сут. Обследования космонавтов проводили до полета и на 3, 7-е и 10-е сутки после его завершения. В качестве модели программных точностных движений использовали односуставные изометрические движения плантарной флексии, выполнявшиеся в тесте на различение мышечных усилий (выполнение последовательно нарастающих усилий от минимального до максимального с минимальным различием в интенсивности соседних движений). В ходе выполнения задачи регистрировали величину развиваемых усилий и электромиограмму (ЭМГ) камбаловидной мышцы (КМ).

Анализировали величину максимального развиваемого усилия, число выполняемых градаций усилий, а также ЭМГ-стоимость усилий. Пребывание в КП не нарушало способности к выполнению движений и их структуры, однако снижало их точность. По направленности изменений исследуемых параметров космонавты подразделялись на две группы.

В первой группе после полета снижалась величина максимального развиваемого усилия (в среднем на 34 %). Одновременно уменьшалось и число различаемых градаций усилия (в среднем на 24,5 %), а также увеличивалась двукратно электромиографическая стоимость усилий.

Во второй группе величина максимально развиваемого усилия оставалась неизменной или незначительно возрастала, неизменным оставалось и число различаемых градаций усилия; электромиографи-

ческая стоимость усилий при этом снижалась в среднем на 47 %, оставаясь сниженной до 10-х после-полетных суток.

Наблюдаемая вариативность в глубине наблюдаемых изменений могла определяться различием в видах, объемах и интенсивности применявшихся космонавтами в ходе полета физических тренировок, компенсирующих степень выраженности вызываемых гипогравитацией изменений.

Работа поддержана проектом РФФИ № 10-04-01709-а.

ПРОБЛЕМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИАЦИОННОГО И ДРУГИХ ФАКТОРОВ ДАЛЬНИХ ДЛИТЕЛЬНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ НА ВЫСШУЮ НЕРВНУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ЖИВОТНЫХ

А.С. Штемберг

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

Рассматриваются основные проблемы моделирования воздействия факторов дальних длительных КП на высшую нервную деятельность в экспериментах на животных. В дальних КП (межпланетных экспедициях) эргономический риск, связанный с возможными нарушениями операторской деятельности космонавтов, становится одним из основных лимитирующих факторов. Он обусловлен повышенным риском воздействия на космонавтов ионизирующих излучений (в особенности галактических космических лучей, состоящих из тяжелых заряженных частиц высоких энергий), длительностью и автономностью полета, сопряженными с высоким уровнем психоэмоциональной напряженности. Все это может вызвать астенизацию ЦНС, чреватую высоким риском нарушений работоспособности и операторской деятельности космонавтов. Поэтому вопросы оценки реакций ЦНС на воздействие радиационного и других факторов полета становятся одними из ключевых. Исходя из этого, обоснована основная проблематика экспериментальных исследований воздействия факторов дальних длительных КП на высшую нервную деятельность в модельных экспериментах на животных.

Проанализированы проблемы оценки функциональных изменений в ЦНС, вызванных ионизирующими излучениями и их комбинированным воздействием с другими факторами полета, предложены подходы к моделированию основных элементов операторской деятельности в экспериментах на животных (в частности, на приматах), методология и конкретные методики проведения таких экспериментов; обоснованы ключевые требования к их планированию и проведению; выделены основные маркеры возможных функциональных нарушений в ЦНС и их механизмов на всех уровнях ее организации; предложены критерии отбора животных (в частности, приматов) по типологическим и индивидуальным характеристикам ВНД, а также алгоритм получения и анализа экспериментальных данных.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭНДОГЕННОГО СО У КРЫС В ГЕРМООБЪЕМЕ, ВЕНТИЛИРУЕМЫМ ВОЗДУХОМ, ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ СМЕСЬЮ И КИСЛОРОДОМ

Ю.А. Шулагин¹, А.И. Дьяченко^{1,2}, Е.В. Степанов²

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем, Москва

²Учреждение Российской академии наук Институт общей физики имени А.М. Прохорова РАН, Москва, Россия

Ранее мы установили, что выделение эндогенного СО у животных выросло в острой фазе после радиационного облучения и снизилось в процессе восстановления. Необходимо вычлнить влияние других факторов, таких, как изменение состава дыхательной газовой смеси, на выделение СО. Целью исследования было изучить влияние дыхания различными газовыми смесями на выделение эндогенного СО.

Крыс линии Wistar весом $260,3 \pm 35,3$ г помещали в гермообъем, вентилируемый контролируемым потоком различных газовых смесей (воздухом, смесью с 7 % O_2 и кислородом). Измеряли содержания газов CO , O_2 , CO_2 на выходе из гермообъема с помощью лазерного анализатора CO , анализаторов O_2 и CO_2 соответственно.

Выделение эндогенного СО у крыс при дыхании атмосферном воздухом составило $3,10 \pm 0,43$ нмоль/мин. При дыхании воздухом, очищенным от СО, выделение СО крысами составило $6,22 \pm 0,73$

нмоль/мин. Это увеличение выделения CO из организма мы связываем с процессом установления нового равновесия между вдыхаемой смесью и буфером организма для CO.

Переключение на гипоксический тест вызывает значительное, примерно в 2 раза, снижение скорости выделения CO крысами по сравнению с дыханием очищенным от CO воздухом. Оценка задержки CO в организме за 15 мин гипоксии проводилась интегрированием разности между выделением CO при дыхании очищенным воздухом и выделением CO в условиях гипоксии. Количество задержанного CO в гипоксических условиях составило $38,0 \pm 6,9$ нмоль.

При дыхании кислородом после гипоксического теста пик скорости выделения CO составил $18,11 \pm 2,40$ нмоль/мин. Количество CO в буферных системах, оцененное по выделению CO при дыхании кислородом, составило $340,5 \pm 35,3$ нмоль.

Таким образом, дыхание гипероксической газовой смесью увеличивает скорость выделения CO, а дыхание гипоксической газовой смесью, снижая насыщение крови кислородом и увеличивая объем буфера для CO, уменьшает скорость выделения CO.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ ЭКИПАЖЕЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Г.А. Шумилина

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

Санитарно-гигиеническое обеспечение экипажей Международной космической станции (МКС) включает комплекс мероприятий, направленных на удовлетворение требований личной гигиены космонавтов и поддержание оптимальных бытовых условий.

Во время подготовки полетов на МКС был разработан принципиально новый подход к обеспечению экипажей средствами личной гигиены (СЛГ). Ассортимент гигиенических средств был существенно расширен с целью удовлетворения требований членов экипажей из разных стран и создания более комфортных условий во время КП.

Совместная рабочая группа по обеспечению экипажей, состоящая из российских и американских специалистов, основываясь на опыте предыдущих программ КП, разработала концепцию интеграции процессов обеспечения экипажей МКС российскими и американскими средствами гигиены и одежды по единым правилам и требованиям, согласованным обеими сторонами. Установлены единые правила по поставке, размещению и хранению на МКС запасов средств, подготовлены планы работ в случае чрезвычайных, нестандартных ситуаций, а так же утилизация и возвращение грузов на Землю.

Основные результаты мониторинга использования СЛГ на МКС показали, что разработанная интегрированная концепция обеспечения экипажей, является эффективной, полезной и функционально значимой для регулирования грузопотоков.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО МОНИТОРИНГУ ПОТРЕБЛЕНИЯ БЕЛЬЯ, ОДЕЖДЫ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПИЛОТИРУЕМЫХ КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТОВ

И.В. Шумилина

Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

На Международной космической станции (МКС) не осуществляется стирка одежды, белья, средств личной гигиены (СЛГ). Новая одежда, белье, СЛГ поступают на корабли и орбитальные станции с Земли, а после использования удаляются в сборник отходов, где накапливаются в значительных количествах. Стоит отметить зависимость существующего обеспечения космических экипажей от технических возможностей, связанных с полетами транспортных и грузовых кораблей. В связи с задержкой запусков американских многоразовых кораблей «Шаттл» все российские и американские грузы доставляются российскими кораблями «Прогресс». При этом возникали проблемы с дооснащением экипажей СЛГ и одеждой, поэтому по инициативе американской стороны были увеличены нормы расхода этих изделий и в состав поставляемых изделий было включено антимикробное белье и носки, содержащие серебро. В условиях межпланетарных полетов невозможно пополнение запасов и возможность экспедиции напрямую зависит от грузоподъемности корабля и при ее ограниченности возможность экспедиции становится проблематичной. Остаются нерешенными вопросы, связанные с оборудованием для

водных процедур в условиях КП и устройствами для обработки одежды, белья, СЛГ, совместимостью данного оборудования с системами жизнеобеспечения.

Поэтому в условиях 520-суточной изоляции осуществляется изучение потребления белья и одежды. Экспериментальные данные за июнь 2010 года – февраль 2011 года, охватывает около половины всего времени эксперимента от начала изоляции до условного прилета на Марс. Результаты исследований позволяют оценить весовые характеристики запасов одежда, белье, СЛГ, необходимых для осуществления межпланетарных полетов, будут способствовать созданию оптимальных санитарно-гигиенических условий пилотируемых летательных аппаратов и позволит сохранить здоровье и работоспособность членов экипажей при увеличении продолжительности полета.

ИЗМЕРЕНИЕ ДОЗЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА НЕЙТРОНОВ НА МКС С ПОМОЩЬЮ ПУЗЫРЬКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ В РАМКАХ КОСМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА «МАТРЕШКА-Р»

В.А. Шуршаков¹, В.М. Петров¹, И.В. Черных¹, Н.А. Хошооний¹, М. Смит², Х.Р. Андрес², Х. Инг², Р. Машрафи³, Б. Левис⁴, В.И. Лягушин⁵, И.В. Николаев⁵, Л. Томи⁶

¹Учреждение Российской академии наук Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Баббл Технолоджи Индастриз, Чок Ривер, Канада

³Институт Технологии Университета Онтарио, Ошава, Канада

⁴Королевский военный колледж, Кингстон, Канада

⁵Открытое акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация "Энергия" имени С.П. Королёва», Королёв, Московская область

⁶Канадское космическое агентство, Монтеаль, Канада

Пузырьковые детекторы использовались на борту МКС в рамках международных космических экспериментов «Матрешка-Р» и «Ради-Н» для измерения вклада в дозу нейтронов и оценки энергетического спектра нейтронов. В период МКС-16, МКС-18 и МКС-19 пузырьковые детекторы располагались внутри тканезквивалентного шарового фантома космического эксперимента «Матрешка-Р». В период МКС-20 и МКС-21 использовались также специальные температурно-компенсированные пузырьковые детекторы спектрометрического типа (набор из 6 детекторов с интегральным порогом по энергии нейтронов), позволяющие определять спектр нейтронов в отсеках МКС. Полученные результаты свидетельствуют, что доза нейтронов в глубине фантома менее чем на 20 % ниже, чем на его поверхности, что позволяет использовать данные измерений пузырьковым детектором, носимым на поверхности тела космонавта, для консервативной оценки дозы, получаемой внутри тела. Энергетические спектры нейтронов, измеренные с использованием пузырьковых детекторов спектрометрического типа, хорошо согласуются с ранее проведенными измерениями и показывают отсутствие зависимости формы спектра от места расположения детектора в отсеках станции. Для оценки возможного вклада заряженных частиц космического излучения в показания пузырьковых детекторов в отсеках МКС проведены расчеты дозы и потоков заряженных частиц с использованием модельных описаний радиационных условий в околоземном космическом пространстве. Эти расчеты и их сопоставление с экспериментальными результатами показывают, что вклад заряженных частиц дает менее 2 % общего количества пузырьков на МКС, и может считаться пренебрежимо малым для условий применения пузырьковых детекторов для измерения дозы нейтронов на борту низкоорбитальных космических станций.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ПРОТИВОВРАЩЕНИЯ ГЛАЗ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПЕРЕГРУЗОК

А.Г. Якушев¹, И.В. Бухтияров², Г.Р. Каспранская³, Р.Р. Каспранский⁴

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

²Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины Министерства обороны Российской Федерации, Москва

³Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздравсоцразвития России, Москва

⁴Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, Звёздный городок, Московская область

Целью работы является выяснение зависимости статического противовращения глаз от перегрузок бокового и продольного направлений. Чтобы воспроизвести различные уровни статических боковых перегрузок на фоне увеличенной или уменьшенной продольной перегрузки, выполнялись вращения на центрифуге с длиной консоли 18 м. В частности, создавались нулевая и отрицательная продольная

перегрузки. Также выполнялись статические наклоны тела во фронтальной плоскости на величины до 180°. Движения глаз записывали в темноте методом видеоокулографии. Для сравнения в ряде случаев испытуемые получали инструкцию фиксировать взор на круговой мишени радиуса 0,5 см, расположенной на расстоянии 70 см от глаз.

Для случая статических наклонов было установлено, что компенсаторное противовращение изменяется пропорционально углу наклона головы (тела) при наклонах, приблизительно, до 30°–45°. Дальнейшее увеличение угла наклона тела вплоть до величин 135°–150° вызывает практически постоянное по величине ответное движение глаз. В данном эксперименте у всех испытуемых наблюдалась асимметрия глазного отклика, достигающая в некоторых случаях 24°.

В случае ускоренного вращения кабины центрифуги у всех испытуемых были зарегистрированы горизонтальная, вертикальная и торсионная компоненты нистагма. Фиксация точечной мишени существенно подавляла нистагм.

В результате проведенных вычислений было показано, что статическое противовращение глаз является сложным рефлекторным ответом на величину боковой перегрузки, также как и на величину и направление продольной составляющей перегрузки, а также на величину перегрузки в целом.

AORTIC, CEREBRAL AND LOWER LIMB ARTERIAL AND VENOUS RESPONSE TO ORTHOSTATIC STRESS AFTER A 60 DAY BEDREST

Ph. Arbeille¹, K. Shoemaker², S. Schneider³, A. Hargens⁴, G. Gauquelin-Koch⁵, R. Hughson⁶

¹UMPS: Med Physiol spatiale, Univ-CHU Trousseau, Tours, France

²Dept Kinesiology, Univ London, Canada

³Dept Physical Perform-Development, Univ New-Mexico Albuquerque

⁴Dept Orthopaedic Surgery, UCSD Med Center, San Diego, USA

⁵NNES – PI Maurice Quentin – 75001, Paris, France

⁶Dept Kinesiology, Univ Waterloo, Canada

Objective: Assess by echography and Doppler the Cerebral (Vmca), Aortic (Vao), and Femoral (Vfem) arterial flow velocity and calf vein (Tibial, Gastrocnemius) section (Tib, Gast) during orthostatic intolerance (OI) after a 60 day, head down tilt bed rest (HDBR). Method: Twenty-four women (25–40 y) underwent a 60-day HDBR at -6 degrees: 8 as Control (Con), 8 with Exercise against lower body negative pressure (Ex-Lb), and 8 with Nutrition supplement (Nut). Before (R-1) and immediately after (R0) HDBR, all subjects underwent a 10 min, 80° Tilt+LBNP test until presyncope. After the post HDBR Tilt + LBNP test, two groups were identified: Non finishers (NF, n = 13) and finishers (F, n = 11). Results: A higher % decrease in Vao flow, higher % distension of Tib vein, and a lack of increase in Vmca/Vfem ratio during the post HDBR Tilt + LBNP compared to pre-HDBR were correlated to OI, but not all of these abnormal responses were present in each of the NF subjects. Such abnormal responses were found more frequently in Con and Nut subjects than in Ex-Lb subjects. Conclusions: (1) HDBR did not affect the cardiac, arterial and venous responses to the orthostatic test to the same extent in each subject. (2) Exercise within LBNP partially preserved the cardiovascular response to Tilt, while Nutrition supplementation had no efficacy. (3) Cerebral/Femoral flow ratio and Aortic flow were the parameters most closely related to OI, (4) reduction in aortic flow was not the major hemodynamic change preceding the onset of syncope.

Keywords: Tilt, LBNP, orthostatic tolerance, cerebral, aortic, femoral flow.

CO-VARIANCE IN THE VESTIBULO-OCULAR REFLEX, POSTURAL BALANCE AND LOCOMOTION DURING ADAPTATION TO 2.5X MAGNIFYING LENSES

K.H. Beaton¹, A.L. Wong¹, M.C. Schubert², M. Shelhamer^{1,2}

¹Dept. of Biomedical Engineering, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore MD, USA

²Dept. of Otolaryngology – Head and Neck Surgery, Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore MD, USA

Background: Numerous studies have demonstrated that spaceflight disrupts sensorimotor function, but these effects have been most prominently quantified postflight; little progress has been made to characterize sensorimotor adaptation during spaceflight.

From an operational and safety perspective, it is crucial to understand how the sensorimotor system adapts to novel environments so that appropriate countermeasures can be employed. Of scientific signifi-

cance, a better understanding of sensorimotor adaptation would enable individually-based “adaptive signatures” to be established, which would describe the time course and coupling of sensorimotor performance parameters throughout the adaptation process. One limiting factor has been the unavailability of a simple, non-invasive sensorimotor assessment apparatus that can provide comprehensive measures of sensorimotor function. Therefore, in this study we implemented a novel device and protocol to investigate how various sensorimotor performance metrics simultaneously adapt to disrupted sensorimotor stimuli. Methods: Healthy subjects wore 2.5X magnifying lenses for three hours, during which the VOR, postural balance, and locomotion were evaluated every thirty minutes. VOR gain was measured using an innovative technique in which subjects nulled the apparent motion of a visual target while making sinusoidal head movements at $\sim 2\text{Hz}$. Balance was evaluated during thirty second trials of upright stance on three-inch thick foam. Locomotion was assessed during heel-toe walking along a twenty foot straight-line path. For both the posture and locomotion tests, two trials were performed: in the first, the head was maintained in the naturally erect position, while in the second, the subject made sinusoidal pitching head movements at $\sim 2\text{Hz}$.

During the posture and locomotion tests, subjects wore rate sensors on their mid-torso and head, and changes in postural sway were quantified by the percentage of time in which deviations outside of two standard deviations from their mean baseline sway occurred. Between tests, subjects performed gaze stability exercises and were encouraged to engage in everyday activities to promote adaptation. Results: Immediately after donning the lenses, VOR gain was miscalibrated by more than 15%, and subjects reported oscillopsia during head movements; pitch and roll postural sway was increased during the balance and locomotion tests ($p < 0.05$). As subjects adapted to the lenses, VOR gain increased significantly ($p < 0.01$), allowing for more stable vision during head movements, but full adaptation did not occur. Additionally, deviations in postural sway returned to baseline levels by the end of the three hours, indicating that subjects learned to tolerate the visual disturbances while balancing on foam and walking heel-toe. Upon lens doffing, after-effects were evident: VOR gain was elevated above baseline values, and postural sway was again increased during the balance and locomotion tests.

Throughout adaptation, VOR gain was highly correlated with pitch and roll plane postural sway during the both the balance tests and the locomotion tests ($p < 0.05$), although the time course of recovery was faster for posture and locomotion than for VOR gain. Conclusions: This study demonstrated that exposure to an oculomotor disturbance results in adaptation of various sensorimotor performance parameters whose adaptive properties are coupled, but follow distinct time courses. Quantifying these details will lead to a broader understanding of how the sensorimotor system as a whole adapts to a given disturbance.

BLOOD PRESSURE DURING THE MARS105 CAMPAIGN

L. Beck¹, P. Gauger¹, E. Mulder¹, F. May¹, G. Vassilieva², R. Chernogorov², J. Rittweger¹, M. Heer^{1,3}, and R. Gerzer¹

¹DLR – Institute for Aerospace Medicine, Cologne, Germany

²Institute for Biomedical Problems, Moscow, Russian Federation

³Profil GmbH, Neuss, Germany

Blood pressure results from complex system interactions that include the expression of a large number of genes of the renin-angiotensin-aldosterone-system, of the autonomic nervous system, of the endothelial and vascular smooth muscle cells, of the kidney and of many organ systems that are directly or indirectly involved in determining this ‘high-level’ system outcome, i.e. blood pressure. Independently of SNP’s that might enhance or weaken the expression of particular genes, and of epigenetic factors, macro-environmental influences, such as e.g. changes in life-style, physical activity, stress level and diet interact with the genetic background and co-determine a phenotype with particular emergent properties, such as blood pressure. Knowledge about blood pressure behaviour during long-term confinement and isolation is limited, but can be paramount to future long-term space mission success. Scanty data are available from previous studies (Isolation Study for European Manned Space Infrastructures, (ISEMSI), Experimental Campaign for the European Manned Space Infrastructure (Exemsi) and also from some research performed on nuns and prison inmates, both women and men. In this presentation, we report results obtained during the MARS105 campaign of the Mars500 project. We hypothesised that confinement with an organised life style and clearly defined roles in a carefully assembled small crew, would have a beneficial effect on long-term blood pressure regulation and lead to a measurable decrease in the test subjects’ blood pressure. To test this hypothesis, we monitored 24h arterial blood pressure [Ambulatory Blood Pressure Monitoring (ABM)] once before, three times during and twice after a 105-day confinement on six crew members of the Mars500 project. The finding of systolic and diastolic BP and HR being significantly lower during isolation than before or after isolation is in accordance

with our general working hypothesis. Certainly, a large number of factors may have contributed to the observed effects, such as environment physical exercise schedule, psychosocial interaction, work load, and nutrition. We conclude that ABM may prove a good marker of subjects' adaptation to long-term confinement and become a standard procedure to monitoring astronauts' health during long-duration space flight and prolonged sojourns on the Moon or even Mars.

COUNTERMEASURES TO ENHANCE SENSORIMOTOR ADAPTABILITY

**J.J. Bloomberg¹, A.P. Mulavara², B.T. Peters³, R.A. Brady³, C.D. Batson⁴, C.A. Miller³,
H.S. Coher⁵**

¹NASA-Johnson Space Center, Houston, TX, USA

²Universities Space Research Association Division of Space Life Sciences, Houston, USA

³Wyle Integrated Science and Engineering Group, Houston, USA

⁴MEI Technologies, Inc., Houston, USA

⁵Bobby R. Alford Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Baylor College of Medicine, Houston, USA

During exploration-class missions, sensorimotor disturbances may lead to disruption in the ability to ambulate and perform functional tasks during the initial introduction to a novel gravitational environment following a landing on a planetary surface. The goal of our current project is to develop a sensorimotor adaptability (SA) training program to facilitate rapid adaptation to novel gravitational environments. We have developed a unique training system comprised of a treadmill placed on a motion-base facing a virtual visual scene that provides an unstable walking surface combined with incongruent visual flow designed to enhance sensorimotor adaptability. We have conducted a series of studies that have shown:

- Training using a combination of modified visual flow and support surface motion during treadmill walking enhances locomotor adaptability to a novel sensorimotor environment.
- Trained individuals become more proficient at performing multiple competing tasks while walking during adaptation to novel discordant sensorimotor conditions.
- Trained subjects can retain their increased level of adaptability over a six months period.
- SA training is effective in producing increased adaptability in a more complex overground ambulatory task on an obstacle course. This confirms that for a complex task like walking, treadmill training contains enough of the critical features of overground walking to be an effective training modality.
- The structure of individual training sessions can be optimized to promote fast/strategic motor learning. Training sessions that each contain short-duration exposures to multiple sensory challenges allows subjects to acquire a greater ability to rapidly reorganize appropriate response strategies when encountering a novel sensory environment.
- Individual sensory biases (i.e. increased visual dependency) can predict adaptive responses to novel sensory environments suggesting that customized training prescriptions can be developed to enhance adaptability.

These results indicate that SA training techniques can be added to existing treadmill exercise equipment and procedures to produce a single integrated countermeasure system to improve performance of astro/cosmonauts during prolonged exploratory space missions.

This work was supported by the National Space Biomedical Research Institute through NASA NCC 9-58.

NEUROVESTIBULAR ADAPTATION IN THE VERTEBRATE AND INVERTEBRATE GRAVI-SENSING ORGANS FOLLOWING MICRO- AND HYPER-GRAVITY EXPOSURE AND RE-ADAPTATION TO 1G

R. Boyle¹, Y. Popova¹, A. Kondrachuk² and P. Balaban³

¹BioVIS Center, NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA 94035, USA,

²Institute of Physics, National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine

³Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The gravi-sensing organs, utricle in vertebrates and statocyst in invertebrates, sense the sum of inertial force due to head translation and head orientation relative to gravity. Normally gravity is constant. However when this force changes, such as in spaceflight, does the gravi-sensing system respond by regulating its output, and is this response common among these diverse animals? First, we examine the response of utricular affer-

ents in toadfish following exposure to μG on two US Orbital missions (STS-90 and -95). Within the first day after landing, magnitude of neural response to an applied acceleration was significantly elevated, and returned to control values ~ 30 hours post-landing. The time course of return to normal approximately parallels the decrease in vestibular disorientation in astronauts following return from space. Next, we use well-controlled hyper-G experiments in the vertebrate model to address the following questions: If μG leads to adaptation and subsequent re-adaptation neural processes, does the transfer from 1G to hypergravity (hyper-G) impart the opposite effects and do the effects accompanying transfer from the hyper-G back to the 1G conditions resemble in part (as an analog) the transfer from 1G to the μG ? Results show a biphasic pattern in reaction to 3G exposures: an initial sensitivity up-regulation (3- and 4-day) followed by a significant decrease after longer exposure. Return to control values is on the order of 4-8 days. Our results show that utricular sensitivity is strongly regulated by gravity load, and the hyper-G results might have interesting parallels to vestibular sensation in astronauts during the mission. Lastly, we examine the responses of statocyst receptors in the land snail following exposure to μG on two unmanned Russian Orbital missions (Foton M-2 and -3). Similar to vertebrates an increased response sensitivity was observed: a significantly larger response in statocyst neurons to body position changes at all tested speeds in postflight snails. This simpler animal model offers the possibility to describe general subcellular mechanisms of the nervous system's response to conditions on Earth and in space.

O-GLCNAcylation AND MUSCLE PLASTICITY

C. Cieniewski-Bernard, V. Montel, B. Bastide

EA 4488, Equipe Activité Physique Muscle et Santé (APMS), Université Lille nord de France, 59655 Villeneuve d'Ascq, France

O-GlcNAcylation (O-GlcNAc), is a reversible post-translational modification which presents a dynamic and highly regulated interplay with phosphorylation. Recent experiments suggest that O-GlcNAc might be as much important as phosphorylation in muscle physiology. While recent data suggest a role of O-GlcNAc in the cardioprotection, we also proposed that O-GlcNAcylation could be involved in the control of protein homeostasis and muscular atrophy, a role that was recently confirmed. We demonstrated that numerous proteins especially early markers of atrophy as well as contractile proteins such as actin, MHC and that many myosin light chains suggesting a role of O-GlcNAc in the contractile function of skeletal muscle. Indeed, we demonstrated that O-GlcNAc can modulate the calcium activation parameters since a decrease in calcium activation parameters is observed when O-GlcNAc-dependent protein-protein interactions are abolished, while an increase of the calcium affinity is measured after a pharmacological increase of O-GlcNAc level. In order to analyze how hyperglycosylation could modulate the calcium activation parameters, we studied the variation of O-GlcNAcylation on proteins isolated from the tested soleus skinned fibers. Several regulatory contractile proteins, predominantly fast isoforms, presented a drastic increase in their O-GlcNAc level. The only slow contractile protein presenting an increase of O-GlcNAc level was MLC2. Since slow fibers expressed exclusively slow contractile and regulatory proteins as assays by immunoblot analysis, the increase in calcium affinity might involve the O-GlcNAcylation of the slow MLC2. Variations in phosphorylated states of MLC2 have been described during disuse conditions. We analyzed whether a phosphorylation/O-GlcNAcylation balance could exist and be involved in the modulation of MLC2 properties during disuse conditions. The increase in MLC2 phosphorylation observed after hindlimb unloading in rats was associated to a decrease in MLC2 glycosylation that can be explained by the decrease in the expression of the phosphatase PP1 and the O-GlcNAc transferase. Taken together, all these data strongly link O-GlcNAcylation to the modulation of contractile activity of skeletal muscle and suggest a potential role of this glycosylation not only in the modulation of force but also in the regulation of muscular atrophy.

VISION MONITORING OF HEAD-DOWN TILT BED REST SUBJECTS

R.L. Cromwell¹, S.B. Zanillo¹, P.O. Yarbough¹, J.S. Neigut², G. Taibbi³, G. Vizzeri³

¹Universities Space Research Association, Houston, Texas, USA

²National Aeronautics and Space Administration, Houston, Texas, USA

³The University of Texas Medical Branch, Galveston, Texas, USA

Visual changes discovered in astronauts raised concern about ocular health during long duration spaceflight. Hyperopic shifts, choroidal folds, optic disc edema, retinal nerve fiber layer (RNFL) thickening, and cotton wool spots were some of the findings observed following long-duration (>6 months) spaceflight. While the etiology remains unknown, hypotheses speculate that hypertension in the brain caused by cephalad fluid

shifts during spaceflight is a possible mechanism for these ocular changes. Head-down tilt (HDT) bed rest is a spaceflight analog that induces cephalad fluid shifts. Further, previous studies of the HDT position demonstrated body fluid shifts associated with changes in intraocular pressure (IOP). Therefore, vision monitoring of HDT bed rest subjects was implemented. At the time when vision monitoring began, a 30-day HDT bed rest study was ongoing. Vision monitoring was completed on 4 subjects in this study. Of these 4 subjects, 2 received post bed rest testing only, and 2 received pre- and post bed rest testing. This presentation will report the visual findings for these 4 bed rest subjects. There was no clinical evidence of choroidal folds or optic disc edema in any of the subjects examined. However, in the 2 subjects receiving only post bed rest exams, findings from optical coherence tomography (OCT) indicated possible RNFL thickening. This was difficult to determine however, without pre-testing information. One of the subjects receiving pre- and post testing also showed possible RNFL thickening post bed rest. In addition, standard automated perimetry revealed an enlarged blind spot bilaterally at post bed rest. The fourth subject complained of reduction in distance visual acuity post bed rest. Visual acuity pre-bed rest was 20/20 (right eye) and 20/25 (left eye), and decreased to 20/40 in both eyes at post bed rest. Ophthalmological findings including OCT results were within normal limits. While subclinical changes were identified in bed rest subjects, findings did not replicate those observed in astronauts. Further study of long-duration bed rest is needed to determine the visual consequences of HDT bed rest if any, and determine if HDT bed rest can serve as a ground based model to study space-related changes in vision.

EFFECTS OF DRY-IMMERSION ON VESTIBULO-VASCULAR RESPONSES AND SUBJECTIVE VISUAL VERTICAL

P. Denise¹, V. Kitov^{1,2}, I. Naumov², H. Normand¹, L. Kornilova², E. Tomilovskaya² and I. Kozlovskaya²

¹Université de Caen Basse-Normandie, Caen, France

²Institute for Biomedical Problems – Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

We have previously shown that otolith and tonic neck receptors act upon the cardiovascular system. There is much evidence that the central nervous system implements an integrated representation of gravity derived from multiple sensory inputs; this internal representation could control autonomic regulations in order to adapt physiological functions to changing gravity direction. As neural processing of inputs from sensory receptors is altered during and after space flight, the otolith and tonic neck receptors effects on the cardiovascular system could also be modified. These alterations could affect post-flight orthostatic tolerance. In the same way, we hypothesize that during dry-immersion adaptive changes in neural processing of sensory inputs contribute to cardiovascular deconditioning. 14 male subjects (age 19 to 28) participated in a 5 day dry-immersion experiment performed at IBMP. Calf blood flow and resistance, arterial pressure and heart rate were measured in the subject lying prone with head extended and then flexed (Head-down neck flexion, HDNF). This maneuver induces a decrease in limb blood flow. Perception of the subjective visual vertical (SVV) was evaluated by the angle (error) between a line set on a screen by the subject and the true vertical. SVV was evaluated both in sitting position (before and on days R+1, R+3 and R+7 after immersion) and in a left lateral decubitus (before, in immersion on days I-1, I-3, I-5; and on days R+1, R+3 and R+7 after immersion). During dry immersion, the vascular response to HDNF decreased (0.17 ± 0.06 vs. 0.26 ± 0.07 for pre immersion; $P < 0.05$). After immersion, the SVV error in sitting position increased relatively to pre-immersion (2.49 ± 1.99 vs. 0.89 ± 1.34 , $P < 0.05$). On the other hand, in left lateral decubitus the SVV error decreased during immersion (7.04 ± 4.97 vs. 17.19 ± 3.54 , $P < 0.05$). In both cases, return to the baseline value was observed only on day R+7 after immersion.

These results can be interpreted as a decrease in the reflexive and perceptive effects of somatic afferentation induced by the support unloading, minimization of the proprioceptive inputs and cancellation of the graviceptive signal from visceroreceptors during immersion.

EFFECTS OF SIMULATED MICROGRAVITY ON MUSCULAR AFFERENCES AND OF REAL MICROGRAVITY ON MOTOR CONTROL

M. Falempin and F. Picquet

University of Sciences and Technology, Lille, France

Hypodynamia (absence of weight bearing) and hypokinesia (reduction of motor activity) conditions are present in simulated or in real microgravity when using animal models (rats-monkeys). No data have been

available concerning the effects of simulated microgravity as regards the muscle receptors -muscle spindles and Golgi Tendon Organs (GTO) properties.

The results we obtained showed that the sensitivity of the muscle spindles was modified after a period of simulated microgravity and our conclusion was that the stretch transmission might be affected (better detection). These modifications could be in relation with some changes observed for the myosin heavy chains present in the muscle spindle.

The structure of the GTO was not modified after an episode of simulated microgravity (14 days). Moreover, the electrophysiological data showed that the GTO become more sensitive since the high dynamic sensitivity was kept and the static sensitivity was increased.

The results of the effects of real microgravity will be also presented. We have participated to Bion 11 flight (Russian, American, French) and we have studied the effects of this spaceflight on two muscles of the arm: the triceps and biceps during 1/a goal directed movement achieved during the flight and 2/ the modifications of the locomotion after the flight. The results showed that the motor control of these two muscles was modified during the two experimental conditions.

Supported by grants from the French "Centre National d'Etudes Spatiales-CNES"- and cooperation with IMBP of Moscow-Russia.

THE EXTENDED LOCKED-IN SYNDROME

F. Gerstenbrand^{1,2}, M. Seid³, M. Kronbichler³, A. Kunz³, R. Nardone⁴, G. Bauer¹, E. Trinka³, S. Golaszewski^{2,3}

¹Department of Neurology, Medical University Innsbruck, Austria

²Karl Landsteiner Institute for Neurorehabilitation and Space Neurology, Vienna, Austria

³Department of Neurology and Neuroscience Institute, Paracelsus Medical University, Salzburg, Austria

⁴Franz Tappeiner Hospital, Meran, Italy

The locked-in syndrome is one of the most devastating neurological conditions. However, despite thorough description of the condition and its clinical appearance, the classic locked-in, which is defined as quadriplegia, only vertical eye movement and blinking possible with preserved cognitive abilities, seems to be infrequently present. This syndrome is also referred to as bilateral ventral pontine syndrome, which in respect neuroanatomically explains the symptomatology. Since MRI verified isolated damage to the pons poses the finding in this certain case, the question arises, how the symptomatology increases, if additional lesions are found in cranial brain areas. Therefore, the terminus complete locked-in was proposed in 1979, characterizing the total loss of voluntary muscle movement. However, as damage can spread to occur in more cranial brain areas, disablement of cognitive functions can be expected. Here, brain areas of special interest constitute the mesencephalic structures, especially the periaqueductal gray matter and thalamic nuclei. In such remarkable cases, brain damage does not only effect the patients' motor abilities, but also their consciousness.

We present five cases of locked-in syndrome, each with different patterns of structural injury, as obtained by 3T MRI in great detail and discuss how clinical appearance and imaging results relate to each other. The question will be approached if it is useful to differentiate severer types of locked-in syndrome and how akinetic mutism and parasomnial syndromes connect in addition. Especially since special academic emphasis is placed on research of coma and chronic disorders of consciousness, which typically centres on neocortical structures, we take a look upside down from the brainstem to higher order brain areas and propose a hierarchical scheme of consciousness beginning from locked-in syndrome to vegetative state.

THE GERMAN SPACE LIFE SCIENCES PROGRAM — GOALS, ACCOMPLISHMENTS, AND PERSPECTIVES

R. Gerzer, G. Ruyters

German Aerospace Center (DLR), Germany

The German Space Life Sciences Program is managed – like all other space programs and activities in Germany – by the German Aerospace Center (DLR) in its role as space agency. Within the current space program, approved by the German government in May 2001, the overall goal for its life sciences part was defined as to gain scientific knowledge and to disclose new application potential by research under space conditions, especially by utilizing the microgravity environment of the International Space Station ISS.

This goal is also emphasized in the new German Space Strategy that was established by the German Ministry of Economics in late November 2010.

For implementing the program, DLR space agency provides the infrastructure and flight opportunities required. Contracts are given to industry for the development of research facilities as well as necessary add-on funding for the scientific teams at universities and other research institutes. DLR as research center also conducts its own research in space; in life sciences, the DLR Institute of Aerospace Medicine plays a leading role.

Three major thematic objectives of the program have been identified with the scientific community in recent years, which are: Exploring Nature, Improving Health, and Enabling Exploration.

In the frame of this conference the objective of "Improving Health" will be in the center of interest. This objective is met by studying the response of the various systems of the human body and their interplay in changing gravity conditions, but also in isolation and confinement studies. In addition, effective countermeasures are developed and tested, which benefit not only the astronauts, but also people on Earth. Since the changes that astronauts experience in microgravity, resemble those in elderly people, the results of space experiments are particularly important for an ageing society.

Due to the long-standing successful cooperations with ISS partners, ISS utilization for the German program began long before the the launch of the European ISS lab Columbus and the docking of ATV. Specifically for Life Sciences, the cooperation with Russian partners, especially with the Institute of Biomedical Problems (IBMP, Moscow), plays a prominent role. The presentation gives an overview on Russian German Cooperation in Space Life Sciences, especially on German ISS experiments and those in isolation and confinement studies, several of which have led to important scientific and application-oriented results and developments for the benefit of people on Earth.

INVESTIGATION OF THE PROPRIOCEPTIVE SYSTEM BY VIBROTACTILE STIMULATION OF THE FOOT WITH FMRI

S. Golaszewski^{1,4}, M. Seidl¹, A. Kunz¹, E. Gallasch², M. Christova², R. Nardone³, E. Trink¹, F. Gerstenbrand⁴

¹Department of Neurology and Neuroscience Institute, Paracelsus Medical University, Salzburg, Austria

²Department of Physiology, Medical University Graz, Austria

³Franz Tappeiner Hospital, Meran, Italy

⁴Karl Landsteiner Institute for Neurorehabilitation and Space Neurology, Vienna, Austria

PURPOSE: The aim of the study was to investigate the human proprioceptive system in healthy subjects and in patients with severe brain damage and to develop a paradigm for the brain mapping of proprioceptive foot stimulation with vibration. Especially optimal parameters (e.g. vibration amplitude, amplitude, modulation, vibration frequency) should be elaborated for the functional diagnosis of the proprioceptive system in a clinical environment.

METHODES: 15 healthy male subjects (25–45 yrs) and 22 patients (19–78 yrs) were stimulated with a vibrotactile stimulus within the arch of the right foot by a fully automated moving magnet actuator system and at the first and second toe with a cuff-type pneumatic stimulator. The healthy subjects were examined using the moving magnet actuator. The carrier frequency was held constant at 100 Hz at a fixed modulation frequency of 25Hz and a fixed stimulus intensity of 0.05N throughout the fMRI run. The 4 vibration conditions were in detail: 0.25mm amplitude and a carrier frequency of 50Hz, 0.25mm amplitude with a carrier frequency of 50Hz and an amplitude modulation of 25Hz, 1 mm amplitude with a carrier frequency of 50Hz, 1mm amplitude with a carrier frequency of 50Hz with an amplitude modulation of 25Hz. The sequence of stimuli was randomized for each subject. Stimulus duration was one second. 2 patients were also examined with the moving magnet actuator system, but due to applicability reasons, the stimulation device was switched to a cuff type pneumatic stimulator. The hardware consists of the pneumatics with control unit to be operated outside the MR-room and the inflatable cuff connected to the pneumatics via 5- 7 meter flexible tubing. The pneumatics consists of a piezoelectric servo valve driven by a constant input pressure (2 bar) produced by a pressure regulator. Forward control of the servo valve allows the output pressure to be adjusted within a frequency range of 1- 40 Hz and amplitude between 0- 400 mbar. The cuff was made from a small rectangular air-bag to be wrapped around the toes with a Velcro strip. By the control unit various

stimulus patterns are selectable. Twitch-like pressure pulses (rise time 10 ms) with a mean pressure below 70 mbar were implemented.

RESULTS: fMRI group data of the 15 healthy subjects showed brain activity within the main centers of the primary and secondary sensorimotor cortex. The between-group analysis 0.25mm versus 1mm amplitude showed significant differences within or near the pre- and postcentral gyrus bilaterally and the right inferior, medial and middle frontal gyrus. The between group results 1mm versus 0.25mm amplitude showed significant differences within or near the inferior parietal lobule, the superior temporal gyrus, the temporal transverse gyrus, the caudate nucleus, the middle cingulate gyrus, the insula and the hippocampus on the left side. Only in 7 out of 22 patients a specific response within the primary and secondary sensorimotor cortex could be elicited.

CONCLUSION: In this study it could be shown that vibrotactile stimulation of the foot in healthy subjects can elicit specific brain responses in main centers of the sensorimotor system and in centers of attention and arousal. With the presented paradigms for foot vibration in fMRI it was possible to map in detail the cortical representation of the proprioceptive system of the foot. The paradigms offer the possibility of a functional diagnosis and a monitoring of the proprioceptive system in neurorehabilitation, e.g. in subjects with degradation of the proprioceptive system (space disease, bedrest syndrome) and in patients with severe brain damage for the planning of specific rehabilitation strategies and the induction of arousal. It is currently under investigation whether the information about the proprioceptive system contains predictive value in patients with acute or chronic brain damage, e.g. in patients remaining in an unresponsive wakefulness syndrome.

MECHANISM OF POST-FLIGHT HERNIATION OF INTERVERTEBRAL DISCS

A.R. Hargens, J.V. Sayson, S.E. Parazynski and J.C. Lotz

Department of Orthopaedic Surgery, UC-San Diego and San Francisco, CA 92103-8894
and Methodist Hospital Research Institute, Houston, TX 77030, USA

During spaceflight many astronauts experience moderate to severe lumbar pain and deconditioning of the spinal musculature. There is also a significant incidence of herniated nucleus pulposus (HNP) in astronauts post-flight. Relief of in-flight lumbar back pain is facilitated by a knee to chest position. The pathogenesis of lumbar back pain during spaceflight is most likely discogenic due to supra-physiologic swelling of the lumbar intervertebral discs (IVDs) from removal of gravitational compressive loads in microgravity. The knee-to-chest position may reduce lumbar back pain by redistributing stresses by compressive loading to the IVDs, possibly reducing disc volume by fluid transfer across IVD endplates. IVD stress redistribution may reduce Type IV mechanoreceptor nerve impulse propagation in the annulus fibrosus and vertebral endplate resulting in centrally mediated pain inhibition during spinal flexion. Countermeasures for lumbar back pain may include in-flight use of axial compression to prevent excessive IVD expansion and spinal column elongation and exercises that provide Earth-like annular stress with low-load repetitive active spine rotation movements. The overall objective of these countermeasures is to promote IVD health and to prevent degenerative changes that may lead to HNPs post-flight. In response to "NASA's Critical Path Roadmap Risks and Questions" regarding disc injury and higher incidence of HNPs after space flight, future studies will incorporate pre- and post-flight imaging of International Space Station crew members to investigate mechanisms of lumbar back pain as well as degeneration and damage to spinal structures. Quantitative results on morphological, biochemical, metabolic, and kinematic spinal changes in the lumbar spine may aid further development of countermeasures to prevent lumbar back pain in microgravity and reduce the incidence of HNPs post-flight.

Supported by NASA grants NNX10AM18G and NNX09AP11G.

LIGHT-INDUCED REVERSION GRAVITROPISM OF THE TWO MOSS SPECIES

Ya.D. Khorkavtsiv, O.T. Demkiv

Institute of Ecology of the Carpathians National Academy of Sciences of Ukraine, L'viv, Ukraine

Light and gravity are critical importance factors, which exert an essential and specific influence on the determination of the growth direction. The negative gravitropism response of moss protonemata causes their spatial orientation towards light, which in its turn is the source of photosynthetic efficiency and phototropism. The gravitropism system does not function independently of other sensory response systems in plants. The competence of protonemata to gravity might be altered and the gravitropic response be reversed from nega-

tive to positive by light. It has been shown that response of apical cells to light depend on wavelength: red light ($\lambda_{\text{max}} = 660 \text{ nm}$) represses the gravitropism and blue ($\lambda = 450 \text{ nm}$) inverts the protonemal gravitropism. Light, has also been shown for seed plants to modulate gravitropism of roots and stems through the action of phy B in red/far-red reversible way and by phy A in a non-reversible, very-low-influence response (Hangarter R.P., 1997). In *Pohlia nutans* blue light reversed the gravitropism of protonemal filaments. The mean angle after 24 h blue irradiation was 83° , like that of negative gravitropic protonemata in darkness. We compared the effect of blue light on gravitropism of chloronemal filaments of *Funaria hygrometrica* having very low sensitivity to gravity. After action of blue light, however, the positive gravitropism of *F. hygrometrica* chloronemata was fairly high — 37° . Among blue light spectrum the highest reversion effectiveness in *P. nutans* had the UV light ($\lambda = 350 \text{ nm}$) initiated bends in 90% of protonemata. If a far-red pulse (5 min per h) was added to the blue/UV the gravitropic growth of protonemata resembled that in the dark control. Phytochrome has maxima of absorption in blue and red spectrum region and in our experiments far-red pulse removed the action of the blue/UV light. This indicates to a participation of phytochrome in changing direction of gravitropism. Since red light inhibited the gravitropism it may be suggested that phytochrome is not directly responsible for positive direction of gravitropism. Probably phytochrome only modifies the activity of other receptors or signal systems participating in realization of the gravitropic reaction. Moreover, the competence of apical cells protonemata to grow in opposite directions might be genetically controlled via blue-light-dependent repressor proteins.

NASA'S BEHAVIORAL HEALTH AND PERFORMANCE RISK REDUCTION RESEARCH STRATEGY FOR LONG DURATION HUMAN EXPLORATION MISSIONS

L.B. Leveton and A. Whitmire

NASA Johnson Space Center, Houston, Texas, USA

NASA's current mission is focused on six person crews, living and working onboard the ISS for up to six month periods. But NASA's vision is also multifaceted, strategically far-reaching, and creatively bold – to build a technologically innovative and research evidence-based foundation that provides a flexible blueprint for exploration beyond the increasingly familiar and comfortable neighborhood of low Earth orbit. Options include travel to a Near-Earth asteroid or the planet Mars. The vision includes utilization of ISS as an analog for such future missions. Undoubtedly, some of the important factors to consider and master for such journeys are the behavioral aspects of those who are selected – both from the vantage of the individual and the team they will comprise, live and work with in more autonomous operations. It is the responsibility of the Behavioral Health and Performance element, one of the six Human Research Program elements, to unlock those mysteries by assessing risk and providing the validated tools, technologies and countermeasures that will ensure and protect the well-being of the individual, as well as the cohesiveness and productivity of the crew should those risks occur.

To accomplish this, the BHP element has developed a highly focused and applied research strategy. The research portfolio, approximately 40 tasks, is organized around three risks: performance errors due to sleep loss, circadian desynchronization, workload, and fatigue (the Sleep risk); performance degradation due to poor team coordination, communication, or psychosocial adaptation (the Team risk); and the risk of adverse increased behavioral symptoms and psychiatric conditions (the Bmed risk). Each risk has a set of evidence based research gaps that address risk characterization, monitoring technologies, and countermeasures to mitigate risk. This paper explores some of the recent research accomplishments such as: characterization of the circadian desynchronization/workload risk, and the development of lighting requirements for the ISS replacement lights that can serve as a biological and behavioral countermeasure for altered day night/night cycles characteristic of spaceflight. Some recent work in characterizing the Team and Bmed risk areas also will be highlighted along with an emphasis on how ground analogs are utilized in the research strategy and the transition of results to operational deliverables.

FEASIBILITY OF FEEDING YELLOW MEALWORM (*TENEBRIO MOLITOR*) IN BLSS AS A SOURCE OF ANIMAL PROTEIN FOR HUMANS

L.Y. Li and H. Liu

Laboratory of Environmental Biology and Life Support Technology, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China

In a space bioregenerative life support system, crew members need to take in protein from animal foods to meet their nutritional needs; inedible parts of plants (e.g. rice/wheat straw, rice/wheat bran, old leaves of vegetables, etc.) need to be treated before the matters go back to system's material cycle. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) is abundant with nonessential amino acids, its larvae and pupae can be used as the source of animal protein in crew's diet. While, *T. molitor* larvae can be fed with rice/wheat straw, rice/wheat bran and old leaves of vegetables. Thus, to feed yellow mealworm in the bioregenerative life support system, there's no need to introduce into the system additional materials, which greatly reduces costs. In addition, feces and exuvia of *T. molitor* larvae can be processed into soil-like substrate for plant cultivation. In this paper, *T. molitor* larvae was fed with wheat straw, wheat bran and old leaves of lettuce; biological conversion rate, growth and development situation and nutritional composition of larvae were studied; and the procedure of processing feces and exuvia of yellow mealworms was designed.

ORTHOSTASIS ON THE FIRST JOINT EUROPEAN PARTIAL-G PARABOLIC FLIGHTS

U. Limper¹, P. Beck², P. Gauger³, L. Beck³, F. Wappler¹

¹University Witten/Herdecke – Department of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine, Hospitals of Cologne, Cologne, Germany

²University Witten/Herdecke – Department of General Surgery, Helios Hospitals, Wuppertal, Germany

³German Aerospace Center (DLR) – Institute for Aerospace Medicine, Cologne, Germany

Orthostasis enables mankind to use the advantages of erect standing and walking during daily life by maintaining an adequate cerebral blood flow under upright body position and thereby avoiding syncope. Evolution made this possible by equipping the human cardiovascular system with counteracting mechanisms such as an adaptive circulatory system, the autonomic nervous system and the muscle pump. The cardiovascular reactions occurring during standing up can be divided into initial, seconds lasting reactions, and a following stabilized response. Initial reactions are characterised by a blood pressure (BP) decrease below baseline value (trough) and a compensatory sudden heart rate (HR) increase. In the following seconds BP tends to recover to or above its baseline level (recovery), whereas HR remains elevated. Investigation of the initial orthostatic period may provide evidence for pathological orthostatic tolerance and can easily be examined by stand-up tests (SUT) in clinical routine. Our main objective on the First Joint European Partial-g Parabolic Flights was to describe for the first time the immediate orthostatic reactions after SUT under different g-loads, especially under Martian and lunar gravity. For this purpose, we measured BP and HR in six subjects during SUT under Martian- (0.38 g), lunar- (0.16 g), hyper- (1.8 g) and 1.0 g, which were generated by parabolic flight manoeuvres on the Airbus A300-Zero-G (NOVESPACE, Bordeaux, France). HR increased after SUT under all tested g-loads. This HR increase peaked significantly later under 1.0 and 1.8 g than under 0.16 and 0.38 g. Systolic and diastolic BP showed a trough after SUT followed by recovery under every tested g-load. Although the BP trough was deepest under 1.8 g BP recovered significantly later under Martian and lunar gravity than under 1.0 and 1.8 g. In conclusion, classical orthostatic responses of HR and BP were identifiable after SUT under each tested g-load but their magnitudes showed no linear dependency on differences in acceleration. (*This study was supported by a grant from the German Federal Ministry of Economics and Technology, 50WB1155*).

DIFFERENT ILLUMINANTS AFFECT THE MINERAL ABSORPTION AND ASSIMILATION OF HIGHER PLANTS IN BLSS

Hui Liu, L. Shao and Hong Liu

Laboratory of Environmental Biology and Life Support Technology, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing, China

In the photosynthesis unit of Bioregenerative Life Support System (BLSS), for the special environment, absorption and assimilation of mineral substances, such as nitrogen, phosphorus, Potassium and so on,

should be different from that of natural condition. To identify the influences of artificial illuminants on higher plants' mineral absorption and assimilation, we used three independent methods with *Begonia fimbripula*, Lettuce, and Rape to show that three kinds of artificial illuminants', LED(light emitting diode), HPSL (high pressure sodium lamp), White-Light Sources, influences on the absorption and assimilation of mineral substances. In plant tissues, content of free NO_3^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , K^+ and total content of nitrogen, phosphorus, Potassium have been measured by chemical methods. And the organic contents of them are calculated through the free and total parts. In addition, biomasses of three kinds of leaf vegetables have also been measured. The results suggest that mineral absorption and assimilation have been significantly affected by artificial light sources; the quality and biological yield are influenced to some extent. Furthermore, we have discussed the physiological mechanism. So our experiments put forward some proof for the physiological mechanism of higher plants' physiological changes in BLSS, moreover, some practical advices for plant cultivation in BLSS have been brought forward, too.

MULTIBIOLOGICAL LIFE SUPPORT SYSTEM EXPERIMENTS WITH HUMANS PARTIALLY INVOLVED

H. Liu, L. Tong, M. Li, D.W. Hu, Y.M. Fu, W.T. He and E.Z. Hu

Laboratory of Environmental Biology and Life Support Technology, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing, China

To establish bioregenerative life support system in lunar or mars base in the future, manned stimulation experiments need to be conducted first. Gas exchange between human beings and the multibiological system with element transfer and transformation principles in the system must be investigated in order to place different organisms with appropriate proportions and numbers. In this research, lettuce (*Lactuca sativa L.*), silkworm (*Bombyx mori L.*) and *Chlorella vulgaris* were cultivated in the system. Gas exchange between testers and the IES were conducted periodically. The illumination intensity of the photo bioreactor was changed by the automotive control system according to CO_2 concentration in the system in order to maintain CO_2 at desirable levels by regulating the photosynthesis of alga. The conveyor-type cultivation method harvested the biggest batch of lettuce and silkworms, transferred the smallest batch of them into the system every four days, and carried certain amount of alga liquid out of the bioreactor with nutrient liquid replenished every day. In terms of gas exchange, CO_2/O_2 concentrations with trace gas contaminants in the system were measured. As to mass transfer and transformation, main element contents, height, crown width and biomasses of lettuce with silkworms' bioconversion rates in different developing stages, alga's biomass changes, the amount and distribution of the microorganism in different positions of the system, condensates quality, etc. were studied. Results showed that this system could meet 50% of human's requirement toward O_2 ; CO_2 concentrations could be maintained at desirable levels. Lettuce, silkworms and alga grew well; the number of microorganism increased a little and didn't change profoundly after silkworms were introduced into the system; the quality of condensates were relatively good and could be used as potable water after further purification and mineral supplement; trace gas contaminants fluctuated around certain levels.

GRAVISENSITIVITY OF NEW MOSS SPECIES

O.V. Lobachevska

Institute of Ecology of the Carpathians National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

Correlation between the gravisensitivity and dimension, amount and distribution of amyloplasts of 48 moss species (36 acrocarpous and 12 pleurocarpous) was analysed at different stages of development: germination of spores, protonemata, gametophore and sporophyte formation. Spores were sowed in sterile conditions from the closed capsules on 1 % bactoagar with 0,2 % glucose and cultivated in the dark in vertically oriented Petri dishes. In the same conditions fragments of protonemata were grown being transferred aseptically from sterile cultures of spores germinated in controled light conditions. To assess gravity sensitivity the dishes were kept upright for 7–10 days in darkness and then 90° turned. After 20 h gravistimulation the angles of apical cell gravity bending were determined. The amount of amyloplasts and their redistribution during growth and spatial reorientation in apical cells of protonemata and bending zone of sporophytes selected from natural samples on different stages of species-specific capsule formation were analyzed after JK_2J staining. The spores of majority tested mosses (first of all pleurocarpous) did not form gravitropic protonemata in the dark. The gravitropic sensing was established in 8 new moss species only. In the dark protonemata of

investigated mosses grew upwards on agar surface giving rise to bundles of negatively gravitropic stolons in 7-10 days. The species differ between themselves in the amount and in the rate of gravitropic filaments formation, as well as in gravitropic sensing at different stages of moss development. The greatest number of gravitropic filaments and the highest rate of bending were seen in protonemata of *Leptobryum pyriforme*, *Pottia truncata* and *Dicranella cerviculata*. Gravitropic sensing in protonemata ($30,2 \pm 1,9$), of *L. pyriforme* appeared to be higher in than in gametophores, whereas in *Bryum caespiticium* gravisensitivity was high in gametophores ($59,9 \pm 1,5$). After 20 h gravistimulation of protonemata of different moss species the following mean values of gravity bending (degrees) were established: *L. pyriforme* ($65,7 \pm 1,2$); *Pottia truncata* ($65,6 \pm 2,9$); *Bryum argenteum* ($41,1 \pm 4,3$); *B. caespiticium* ($37,2 \pm 1,7$); *B. intermedium* ($33,3 \pm 3,4$); *Dicranella cerviculata* ($65,9 \pm 1,8$), *D. heteromalla* ($36,2 \pm 1,7$) and *D. varia* ($36,7 \pm 1,6$). It was established that gravisensitivity of mosses increased with extending of the length of the zone of maximum plastids sedimentation and with decreasing of the value of ratio of the lengths of apical cells and zone of amyloplast's sedimentation.

CONTRIBUTION OF BIOSATELLITE FLIGHTS AND SIMULATED GRAVITY EXPERIMENTS TO THE KNOWLEDGE OF MUSCLE PLASTICITY

Y. Mounier and L. Stevens

University of Sciences and Technology of Lille, Lille, France

The presentation will describe the effects of microgravity on muscle plasticity after: 1/biosatellites of different durations, 2/simulated microgravity using rat hindlimb suspension model and human bedrest.

Experiments were performed using biopsies from different fast and slow muscles of rats and monkeys and from human vastus and soleus muscles. The transition in contractile protein expressions and their role in changes of force development and kinetics will be analyzed. Mechanisms implied in the control of these contractile parameters, such as post translational modifications, will be also examined.

During this presentation, the different steps of the French-Russian collaboration will be evoked.

These experiments were supported by grants from CNES.

NASA'S SPACEFLIGHT VISUAL IMPAIRMENT AND INTRACRANIAL HYPERTENSION RESEARCH PLAN

C. Otto, J. Fogarty, D. Francisco, J. Charles, D. Grounds & J. Davis

Division of Space Life Sciences, NASA Johnson Space Center, Houston, USA

To date eight long duration astronauts have experienced in flight visual changes and post flight signs of optic disc edema, globe flattening, choroidal folds, hyperoptic shifts and or raised intracranial pressure. In some cases the changes were transient while in others they are persistent with varying degrees of visual impairment. Given that all astronauts exposed to microgravity experience a cephalad fluid shift, and that both symptomatic and asymptomatic patients have exhibited optic nerve sheath edema on MRI, there is a high probability that all astronauts develop in-flight idiopathic intracranial hypertension to some degree. Those who are susceptible, have an increased likelihood of developing treatment resistant papilledema resulting in visual impairment and possible long-term vision loss. Such an acquired disability would have a profound mission impact and would be detrimental to the long term health of the astronaut.

The visual impairment and increased intracranial pressure phenomenon appears to have multiple contributing factors. The hypothesized "physiological mechanisms" include elevated intracranial pressure, ocular effects, predisposing factors such as gender, age and myopia, and environmental factors such as microgravity, elevated CO₂, high sodium intake, and possibly resistance exercise. Some of these variables have been documented and or measured through operational data gathering, while others are unknown, undocumented and or hypothetical. Both the complexity of the problem and the urgency to find a solution require that a unique, non-traditional research model be employed such as the Accelerated Research Collaboration™ (ARC) model. In the ARC model a single entity facilitates and manages all aspects of the basic, translational, and clinical research, providing expert oversight for both scientific and managerial efforts. The result is a comprehensive research plan executed by a multidisciplinary team and the elimination of stove-piped research. The current research approach involves documentation of the current evidence, data mining for addi-

tional insights, animal studies for model validation, establishment of standard in flight measures, in flight research, and finally countermeasure and hardware development.

SPACE RADIATION EFFECTS ON HUMAN CELLS: MODELING DNA BREAKAGE, DNA DAMAGE FOCI DISTRIBUTION, CHROMOSOMAL ABERRATIONS AND TISSUE EFFECTS

A.L. Ponomarev^{1,2}, J.L. Huff^{1,2}, F.A. Cucinotta²

¹3600 Bay Area Blvd., Life Sciences, USRA, Houston, TX 77058, USA

²NASA Johnson Space Center, Human Research Program, Space Radiation Element, Mail Code SK37, Houston, TX 77058, USA

Future long-term space travel will face challenges from radiation concerns as the space environment poses health risk to humans in space from radiations with high biological efficiency and adverse post-flight long-term effects. Solar particles events may dramatically affect the crew performance, while Galactic Cosmic Rays will induce a chronic exposure to high-linear-energy-transfer (LET) particles. These types of radiation, not present on the ground level, can increase the probability of a fatal cancer later in astronaut life. No feasible shielding is possible from radiation in space, especially for the heavy ion component, as suggested solutions will require a dramatic increase in the mass of the mission.

Our research group focuses on fundamental research and strategic analysis leading to better shielding design and to better understanding of the biological mechanisms of radiation damage. We present our recent effort to model DNA damage and tissue damage using computational models based on the physics of heavy ion radiation, DNA structure and DNA damage and repair in human cells. Our particular area of expertise include the clustered DNA damage from high-LET radiation, the visualization of DSBs (DNA double strand breaks) via DNA damage foci, image analysis and the statistics of the foci for different experimental situations, chromosomal aberration formation through DSB misrepair, the kinetics of DSB repair leading to a model-derived spectrum of chromosomal aberrations, and, finally, the simulation of human tissue and the pattern of apoptotic cell damage. This compendium of theoretical and experimental data sheds light on the complex nature of radiation interacting with human DNA, cells and tissues, which can lead to mutagenesis and carcinogenesis later in human life after the space mission.

ADENOVIRUS—PROMISING MODEL IN SPACE BIOLOGY

O.Y. Povnitsa, L.N. Nosach, L.A. Bilyavskaya, N.V. Nesterova

D.K. Zabolotnogo Institute of Microbiology and Virology Nat. Acad. of Sci. of Ukraine, Kiev, Ukraine

Adenoviruses (52 serotypes) have a wide range of pathogenicity, but usually the infection well controlled by immune system. However, in the immunosuppressed, adenoviral infections are a frequent cause of morbidity and mortality. Following primary infection, the virus may be in the organism in latent state. Stress decreased immune function, which associated with space flight, may be reactivating latent viruses.

We showed that adenoviruses have the capacity to survived infectious properties in fluid medium under conditions of simulated microgravity (60 days at ambient temperature and 90 days at temperature +4°C) (Nosach L., 2003). The cultivation of epithelial Hela cells and lymphoblastoid MT-4 cells under conditions of simulated microgravity during 6 days does not cause considerable changes of morphology and viability of the cells (Nosach L., 2004). We study of the influence of simulated microgravity on the reproduction of adenovirus in cells. Human adenoviruses types 5 and epithelial (Hep-2, Hela), and lymphoblastoid (MT-4, Jurkat and Raji) cells were used in the study. Cells preliminary were grown in static conditions, then cells infected by adenovirus and incubated with supporting medium under conditions of simulated microgravity (using horizontal clinostat with four revolutions per minute). We found that the cultivation of epithelial cells infected by adenovirus in simulated microgravity (48 h) does not influence on the functional activity of adenoviral genome. It is expressed in formation of virus-induced intranuclear DNA-containing inclusion bodies and synthesis of infectious virus. The amount of new virus released during the first viral replication cycle in lymphoblastoid cells was comparable with the titer of virus synthesized in static conditions, but after multiple viral replication cycles (7–13 days) total viral yields was lower on 46–97% (Nosach L., 2007).

WALK ON FLOOR EYES CLOSED TEST: A UNIQUE TEST OF SPACEFLIGHT INDUCED ATAXIA

M.F. Reschke, E.A. Fisher, I.S. Kofman, J.M. Cerisano, D.L. Harm, J.J. Bloomberg

NASA Johnson Space Center, 2101 NASA Parkway, Houston, Texas, USA

Measurement and quantification of posture and locomotion following spaceflight is an evolving process. Based on the data obtained from the current investigation we believe that the walk on the floor line test with the eyes closed (WOFEC) provides a unique procedure for quantifying postflight ataxia. As a part of an ongoing investigation designed to look at functional changes in astronauts returning from spaceflight seven astronauts (5 short duration with flights of 12-16 days; 2 long duration crewmembers with flights of 6 months) were tested twice before flight, on landing day (short duration only), and 1, 6, and 30 days after flight. The WOFEC consisted of walking for 10 steps (repeated twice) with the feet heel to toe in tandem, arms folded across the chest and the eyes closed. The performance metric (scored by three examiners from video) was the percentage of correct steps completed over the three trials. A step was not counted as correct if the crewmember sidestepped, opened their eyes, or paused for more than three seconds between steps. The data revealed a significant decrease in percentage of correct steps on landing day (short duration crew) and on the first day following landing (long duration) with partial recovery the following day, and full recovery beginning on day sixth after flight. Both short and long duration fliers appeared to be unaware of foot position relative to their bodies or the floor. Postflight, deviation from a straight path was common, and seemed to be determined by the angle of foot placement relative to their body. While deviation from a straight line could be either left or right, primary deviations were observed to occur to the right. Furthermore, the test for two crewmembers elicited motion sickness symptoms. These data clearly demonstrate the sensorimotor challenges facing crewmembers after returning from spaceflight. The WOFEC test has value providing the investigator or crew surgeon with a simple method to quantify vestibular ataxia, as well as providing instant feedback of postural ataxia without the use of complex test equipment.

A SIMPLE POSTFLIGHT MEASURE OF STABILITY POSTURAL ATAXIA IN ASTRONAUTS

M.F. Reschke, D.L. Harm, I.S. Kofman, S.J. Wood and J.J. Bloomberg

NASA Johnson Space Center, 2101 NASA Parkway, Houston, TX 77058, USA

Astronauts returning from space flight universally present with postural ataxia. Throughout the Space Shuttle Program, measurement of ataxia has concentrated on sway in the anterior-posterior plane. The current investigation, as a part of a larger functional study, concentrated on characterizing postural instability using dynamic stabilographic sway patterns in both the anterior-posterior (AP) and medial-lateral (ML) planes. To accomplish this goal, six astronauts from short-duration (Shuttle) and three from long-duration (ISS) flights were required to recover from a simulated fall. Subjects with eyes open, wearing running shoes lay prone on the floor for 2 minutes and then quickly stood up, maintained a quiet stance for 3 minutes, arms relaxed along the side of the body, and feet comfortably placed on the force plate. Crewmembers were tested twice before flight, on landing day (Shuttle only), and 1, 6, and 30 days after flight. Anterior-posterior and ML center-of-pressure (COP) coordinates were calculated from the ground reaction forces collected at 500 Hz. The 3-minute quiet stance trial was broken into three 1-minute segments for stabilogram diffusion analysis. A mean sway speed (rate of change of COP displacement) was also calculated as an additional postural stability parameter. While there was considerable variation, most of crewmembers tested exhibited increased stochastic activity evidenced by larger short-term COP diffusion coefficients postflight in both the AP and ML planes, suggesting significant changes in postural control mechanisms, particularly control of lower limb muscle function. As expected, postural instability of ISS astronauts on the first day postflight was similar to that of Shuttle crewmembers on landing day. Recoveries of stochastic activity and mean sway speed to baseline levels were typically observed by the 30th day postflight for both long-duration and short-duration crewmembers. Dynamic postural stability characteristics obtained in this low-impact study complement the data measured with computerized dynamic posturography.

HUMANS IN SPACE: SUMMARIZING THE MEDICO-BIOLOGICAL RESULTS OF THE SPACE SHUTTLE PROGRAM***D. Risin, P.C. Stepaniak and D.J. Grounds***

NASA Johnson Space Center, Houston, Texas, USA

As we celebrate the 50th anniversary of Gagarin's flight that opened the era of Humans in Space we also commemorate the 30th anniversary of the Space Shuttle Program (SSP) which was triumphantly completed by the flight of STS-135 on July 21, 2011.

These were great milestones in the history of Human Space Exploration. Many important questions regarding the ability of humans to adapt and function in space were answered for the past 50 years and many lessons have been learned. Significant contribution to answering these questions was made by the SSP. To ensure the availability of the Shuttle Program experiences to the international space community NASA has made a decision to summarize the medico-biological results of the SSP in a fundamental edition that is scheduled to be completed by the end of 2011 – beginning 2012. The goal of this edition is to define the normal responses of the major physiological systems to short-duration space flights and provide a comprehensive source of information for planning, ensuring successful operational activities and for management of potential medical problems that might arise during future long-term space missions.

The book includes the following sections: 1. History of Shuttle Biomedical Research and Operations; 2. Medical Operations Overview—Systems, Monitoring, and Care; 3. Biomedical Research Overview; 4. System-specific Adaptations/Responses, Issues, and Countermeasures; 5. Multisystem Issues and Countermeasures. In addition, selected operational documents will be presented in the appendices. The chapters are written by well-recognized experts in appropriate fields, peer reviewed, and edited by physicians and scientists with extensive expertise in space medical operations and space-related biomedical research.

As Space Exploration continues the major question whether humans are capable of adapting to long term presence and adequate functioning in space habitats remains to be answered. We expect that the comprehensive review of the medico-biological results of the SSP along with the data collected during the missions on the space stations (Mir and ISS) provides a good starting point in seeking the answer to this question.

**LIFE SUPPORT SYSTEMS AND BIOLOGICAL REGENERATION —
A CLUE ON THE BIOSPHERE CONCEPT SIGNIFICANCE IN SPACE AFFAIRS*****M.T. Rocha***

Institute of Technology in Aeronautics (ITA), São José dos Campos, Brasil

This review article opens with biological concepts treated in the text and their relation to Space affairs, as well as the significance of these themes both for develop and developing countries.

Next it presents a small summary of the Biological Life Support System (BLSS) concept and related issues. It includes a certain historical background (Nicogossian, 2003), trying to show Space Biology, and Closed Ecological Systems studies on the ground, as tools for LSS development (Grigoriev, 2003). Inserted in this, the exploratory experiment of Biosphere 2 is briefly described, underscoring aspects of its contribution to foster the concept of BLSS in the context of Space Exploration (Allen, 2003).

Then a short mention of biomedical protocols, which evolved from accumulated research and experience in long space missions' support, is made. Related to this, an overview is provided on the topics of biological regeneration in orbital environment, as well as of artificial gravity.

That is followed by some remarks on the present International Space Station official mission, with additional attention to some current LSS physical-chemical features on board that orbital platform. Both last two LSS approaches are used as an introduction to expert educated opinions on research needs for future space exploration manned missions.

The article concludes with comments, suggested by the history of biological studies in Space, on the opportunities for developing countries interested in this field.

IMPROVEMENTS TO THE IONIZING RADIATION RISK ASSESSMENT PROGRAM FOR NASA ASTRONAUTS

E.J. Semones¹, A.A. Bahadori², C.E. Picco², M.R. Shavers³ and J. Flores-McLaughlin²

¹National Aeronautics and Space Administration (NASA) at Johnson Space Center Houston, TX, USA

²University of Houston Downtown, Houston, TX; ³Wyle Integrated Science and Engineering Group, Houston, TX, USA

To perform dosimetry and risk assessment, NASA collects astronaut ionizing radiation exposure data from space flight, medical imaging and therapy, aviation training activities and prior occupational exposure histories. Career risk of exposure induced death (REID) from radiation is limited to 3 percent at a 95 percent confidence level. The Radiation Health Office at Johnson Space Center (JSC) is implementing a program to integrate the gathering, storage, analysis and reporting of astronaut ionizing radiation dose and risk data and records. This work has several motivations, including more efficient analyses and greater flexibility in testing and adopting new methods for evaluating risks. The foundation for these improvements is a set of software tools called the Astronaut Radiation Exposure Analysis System (AREAS). AREAS is a series of MATLAB[®]-based dose and risk analysis modules that interface with an enterprise level SQL Server database by means of a secure web service.

It communicates with other JSC medical and space weather databases to maintain data integrity and consistency across systems. AREAS is part of a larger NASA Space Medicine effort, the Mission Medical Integration Strategy, with the goal of collecting accurate, high-quality and detailed astronaut health data, and then securely, timely and reliably presenting it to medical support personnel.

The modular approach to the AREAS design accommodates past, current, and future sources of data from active and passive detectors, space radiation transport algorithms, computational phantoms and cancer risk models. Revisions of the cancer risk model, new radiation detection equipment and improved anthropomorphic computational phantoms can be incorporated. Notable hardware updates include the Radiation Environment Monitor (which uses Medipix technology to report real-time, on-board dosimetry measurements), an updated Tissue-Equivalent Proportional Counter, and the Southwest Research Institute Radiation Assessment Detector. Also, the University of Florida hybrid phantoms, which are flexible in morphometry and positioning, are being explored as alternatives to the current NASA computational phantoms.

CHANGES OF ANTIOXIDANTS IN *GYNURA BICOLOR D. C* UNDER DIFFERENT LIGHT SOURCES

L.Z. Shao, Y.M. Fu, and H. Liu

Environmental Biology and Life Support Technology Laboratory, School of Biological Science and Medical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China

During the space flight, the high-energy radiation in the universe may cause a number of health-related problems such as the increased risk of cancer induction in astronauts. Recent studies have shown that a diet rich in antioxidants can mitigate the harmful effects of the radiation with high energy and particle charge during long-term space flight. Therefore, planting the vegetables rich in antioxidants in the space environment can not only increase the dietary diversity of the astronauts, but also reduce the risk of space radiation to the astronauts. *Gynura bicolor D.C* which is a stemless herb vegetable and is unique in China, belongs to Compositae and *Gynura*, is rich in antioxidants and serves as one of the candidate plants in the life support system. In this study, different light sources including high pressure sodium, fluorescent light and light-emitting diodes were utilized to investigate their effects on the changes of the antioxidants in *gynura bicolor D.C*. The effects of different light sources on the antioxidants in *gynura bicolor D.C* were studied through analysis on the changes of the antioxidant activity indicators including polyphenols, flavonoids, glutathione, FRAP and DPPH in *gynura bicolor D.C*.

And then the photoregulation mechanism on the synthesis and decomposition of antioxidants were analyzed and explained. Finally, the feasibility of cultivating *gynura bicolor D.C* with three different light sources was evaluated and the most suitable type of light source for the formation of antioxidants in *gynura bicolor D.C* was determined.

INFLUENCE OF MICROGRAVITY AND HYPERGRAVITY ON THE EMBRYOGENESIS FROM AN ONTOGENETIC AND PHYLOGENETIC VIEWPOINT

R. Simkunaite-Rizgeliene¹, V. Tomkus², D. Brucas², J. Tutkuvienė¹

¹Department of Anatomy, Histology and Anthropology, Faculty of Medicine, Vilnius University, Lithuania

²Space Science and Technology Institute, Vilnius, Lithuania

Present review is devoted to describe the investigations of foreign researches on gravitational reproduction and embryology. Because of difficulty of doing such experiments on mammals, most studies of reproduction, embryogenesis and morphogenesis in space have been carried out with plants, invertebrates and lower vertebrates. However, the investigations of possibility of mammalian fertilization, preimplantation and early embryonic development under changed gravity conditions have been started recently. Germ cell viability and motility in a microgravity environment is also an actual topic. Experiments with the fertilized eggs of birds showed that difference in specific gravity between the yolk and the albumen plays a critical role in early chick embryogenesis. The dependence between changed gravity effect and yolk amount and distribution could be hypothesized. The amount and distribution of the yolk is determined evolutionary and plays an essential role in further segmentation and gastrulation. Avian eggs are polyecithal and telolecithal (the yolk is abundant and distributed in vegetal pole of the egg). We are planning to do several experiments with fertilized eggs with different preincubation and with different amount and distribution of yolk. The experiments of hypergravity are planned to be performed implementing the high power sounding rockets capable (depending on type or the rocket and the experiment) of reaching altitude up to 1 – 5 km and accelerations of 10 – 24 G during the period of 5 – 30 s. The scientific material then should be safely returned on soft landing system (parachute) for the analysis. The experiments of microgravity should be performed in the future by means of the CubeSat type nano-satellite with the re-entry capsule which is under development at Space Science and Technology Institute in Lithuania. The capsule should be able of housing of up to 100 g of scientific payload and bringing it safely back to earth (with soft landing system) after short period of orbit cycling.

CROSS-POINTING TEST TO COMPARE GROUND-BASED STATE AND SPACEFLIGHT ADAPTATION OF MOTOR CONTROL PROCESSES AND COGNITIVE PERFORMANCE

L. Simon, M. Endrenyi, S. Garab, V. Gyulai

Laboratory of Sensorimotor Adaptation, Semmelweis University, Budapest, Hungary

Introduction: Getting into orbit the sudden loss of one-G as the reference vector of motor control functions on Earth manifests in general disturbances relating pose and manipulation, spatiotemporal orientation, also cardiorespiratory and vegetative equilibrium, altogether resulting in altered cognitive and working performance of the crew.

2. The proposed Cross-Pointing Test (CPT) is capable to indicate the probable different microgravity adaptations of horizontal and vertical components in fast goal-directed (ballistic) arm movement task. Over- and undershoots in accuracy of pointing would appear preferably at vertical displacements of arm, reflecting the (actually needless but present, earthborn-accommodated) antigravitational component of motor commands.

Ground-based CPT experiments serve to assess the motor character of cosmonaut candidates, providing reference to their microgravity CPT performance and adaptation.

Although pointing test has been proved (Pozzo, 1998) to be a relevant approach to study motor adaptation in microgravity environment, cognitive relations should be considered as well.

3. Different test profiles based on CPT: a) Cross-Pointing Test referring Motor Control. This should reveal initial differences and adaptative changes of vertical versus horizontal arm pointing both on earth and on-board in space, then at readaptation after landing. b) Cognitive Type Cross-Pointing Test will display both the ongoing motor adaptation and developing decrements of cognitive and operational performance. c) Enhanced Cognitive Test has been constructed by introducing random coherent visual grafts and time-delay referring the working memory capacity.

Especially test b. and c. is ready to be used for an entertainment facility and/or competitive onboard-game to reduce both stress and monotony among the staff members. This tool is capable to indicate the degree of mental fitness of the crew, meanwhile displaying and organizing the group-level psychological interactions.

The regular training of working memory can serve as a key factor to keep mental fitness and avoid deterioration of working capacity and social plasticity on long-lasting space missions.

MAJOR RESULTS OF OVER THREE DECADES OF US/RUSSIAN COLLABORATION IN SPACE BIOLOGY

K.A. Souza¹, J. Cohen¹, E.A. Ilyin², N.A. Rayl¹, V.N. Sychev², & D.L. Tomko³

¹NASA Ames Research Center, Mt. View, CA, U.S.A.

²Institute of Biomedical Problems, Moscow, Russia

³NASA Headquarters, Washington, D.C., U.S.A.

On May 24, 1972, US President Richard M. Nixon and Soviet Prime Minister Alexei Kosygin signed an Agreement on Space Research Cooperation between the U.S. and the U.S.S.R. Shortly thereafter, joint working groups (JWG) between the two countries were established to explore and develop potential areas for scientific collaboration and the exchange of results of their research. One such working groups was the U.S./Soviet Joint Working Group for Space Biology and Medicine. Under the auspices of this JWG, collaborative research in space biology and medicine began in earnest with the Apollo-Soyuz Test Project and the flight of the first Russian biosatellite with U.S. science participation, Cosmos 782. Both missions were flown in 1975.

This presentation will highlight some of the major contributions of joint U.S./Russian space biological research with collaborative experiments on Russian biosatellites, the Space Shuttle, Spacelab, Mir and the International Space Station.

Major accomplishments include: identifying gravity's effects on all of the mammalian body systems (rodent); determining how amazingly adaptive biological systems can be to changes in gravity; discovering how gravity affects life down to the cellular and molecular level; unraveling some of the mechanisms biology uses to respond to changes in gravity, e.g., sensors, signal transduction, stretch receptors, cytoskeleton changes; and demonstrating how centrifugation, artificial gravity, during spaceflight, can offset many of the deleterious effects of weightlessness.

U.S. and Russian specialists are currently planning to perform several joint investigations, mostly on rodents, onboard the Russian biosatellite Bion-M1 in 2012.

SLEEP-WAKE DIFFERENCES IN CARDIAC AUTONOMIC ACTIVITY DURING A 105-DAY SIMULATED MISSION TO MARS

D.E. Vigo^{1,2}, B. Ogrinz², L. War², E. Bersenev³, F. Tuerlinckx², O. Van den Bergh² and A.E. Aubert⁴

¹Universidad Católica Argentina and Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

²Department of Psychology, University of Leuven, Leuven, Belgium

³State Science Center of Russian Federation — Institute of Biomedical Problems of Russian Academia of Science, Moscow, Russia

⁴Laboratory of Experimental Cardiology and Interdisciplinary Centre for Space Studies, University of Leuven, Leuven, Belgium

Introduction: Long-term space flight is characterized by microgravity and confinement, and both of them are likely to play a role in alterations of autonomic cardiovascular control. Our objective was to investigate whether the sleep-wake variations in the autonomic control of the heart are altered by long-term confinement during the 105-day pilot study of the Mars500 project, currently ongoing. Methods: Twenty-four-hour EKG records were obtained before, during (30, 70 and 100 days), and after confinement in the six crew members that participated in the mission. Sleep and wake periods were determined by fitting a square wave to the data. Autonomic activity was evaluated through time and frequency domain indexes of heart rate variability analysis in wake and sleep periods. Results: During confinement, wake heart rate variability showed decreased mean heart rate and increased amplitude in the very low ($p < 0.001$), low ($p < 0.01$) and high

($p < 0.001$) frequency components, with a relative decrease in the low-frequency component ($p < 0.05$). Sleep heart rate variability remained constant, while sleep-wake high frequency heart rate variability differences diminished. Conclusions: The observed autonomic changes along confinement reflect an increase in parasympathetic activity during wake periods. Several factors could account for this observation, including reduced daylight exposure or changes in mood related to the confinement situation. The loss of sympathetic predominance during the day may be important in different central processes related with performance.

CARDIOVASCULAR AUTONOMIC ADAPTATION TO LONG-TERM CONFINEMENT DURING A SIMULATED MARS MISSION

L. Wan, B. Ogrinz, D.E. Vigo, E. Bersenev, F. Tuerlinck, O. Van den Bergh, A.E. Aubert
K.U.Leuven, Belgium and IMBP, Moscow, Russia

Long-term confinement may entail alterations in the regulation of cardiovascular function as well as microgravity. A 105-day pilot study of Mars Mission simulation was conducted to test the cardiovascular response to slow paced breathing and mental stress, elicited by long term confinement. A 520 days Mars journey simulation is still going on.

Methods: Finger blood pressure and beat-to-beat heart rate were monitored in 6 male volunteers obtained during a 105-day Mars Mission simulation. Data were collected before, during (Days 35-38, 70-72, and 100), and after confinement. Recordings were performed in sitting position during 5-min spontaneous breathing, 3-min 12 cycle/min breathing, 3-min 6 cycle/min breathing, and 5-min mental task performance.

Results: We found significant U-shape changes across the confinement in systolic arterial pressure (SAP, $P < 0.05$), diastolic arterial pressure (DAP, $P = 0.02$), and mean arterial pressure (MAP, $P = 0.02$). SAP and MAP decreased during mental task performance in the first month of confinement, whereas these changes reversed during other periods (the interaction of confinement \times task, SAP, $P = 0.01$; MAP, $P = 0.02$). Furthermore, no differences in arterial pressure and heart rate were found between spontaneous, 12 cycle/min and 6 cycle/min breathing.

Using the same paradigm we collected the blood pressure before and during confinement (Day60, Day 120, Day180, Day240 and Day300) of the 520-day confinement. We observed decreases in blood pressure on Day60, which was in line with the 105-day study. However, SAP and MAP increased on Day120 and then decreased on Day240, which presents a different fluctuation pattern compared to the pilot study.

Conclusions: Our findings are in line with and extend previous findings on the alteration of blood pressure regulation due to long-term confinement. Preliminary results from the long duration mission present different pattern from short duration.

AN EVIDENCE-BASED APPROACH TO DETERMINING THE MEDICAL CAPABILITIES NEEDED FOR LONG DURATION, INTERPLANETARY MISSIONS

S.D. Watkins¹, D.K. Baumann², J.H. Wu³, K.N. Barsten⁴, E.L. Kerstman¹, Y.R. Barr¹

¹The University of Texas Medical Branch, Galveston, USA

²NASA Johnson Space Center, Houston, USA

³Wyle Integrated Science and Engineering, Houston, USA

⁴Enterprise Advisory Services, Inc., Houston, USA

The Exploration Medical Capability (ExMC) element of the NASA Human Research Program is charged with reducing the risk of "the inability to adequately recognize or treat an ill or injured crew member." To address this broad risk, the Space Medicine Exploration Medical Condition List (SMEMCL) was created. The SMEMCL defines the set of medical conditions that are most likely to occur during space missions. The list was derived from the International Space Station (ISS) medical checklist, the Space Shuttle (STS) medical checklist, Lifetime Surveillance of Astronaut Health (LSAH) in-flight occurrence data and NASA Flight Surgeon subject matter experts.

The list of conditions was prioritized for specific design reference missions with the assistance of the ExMC Advisory Group. The purpose of the SMEMCL is to serve as an evidence-based foundation for determining which medical conditions could affect a crewmember during a given mission profile, which of those conditions would require diagnosis and treatment, and for which conditions a gap in knowledge or technology development exists. This information is used to focus research efforts and technology development to ensure that the appropriate medical capabilities are available for long duration, interplanetary missions.

MODIFICATION OF THE PASSIVE VESTIBULO-OCULAR REFLEX DURING AND AFTER SHORT-DURATION SPACEFLIGHT

S.J. Wood^{1,2} and M.F. Reschke²

¹Universities Space Research Association, Houston, Texas, USA

²NASA Johnson Space Center, Houston, Texas, USA

The vestibulo-ocular reflex (VOR) is mediated by integration of canal and otolith inputs to generate compensatory eye movements during head movements. We hypothesized that adaptive change in vestibular processing of gravito-inertial cues would be reflected by plane specific modification of the VOR during passive whole-body rotation during and after spaceflight.

Using a repeated measures design, the VOR was assessed in four payload crewmembers in yaw, pitch and roll planes during multiple sessions before, during and after an 8 day orbital mission (STS-42). Rotation was about an earth-vertical axis during ground tests, with the head located off-axis by up to 45cm during pitch and roll rotation (peak acceleration <0.2g). The motion profiles included sum-of-sinusoids between 0.02–1.39 Hz (yaw), single sinusoids between 0.05–1.25 Hz (yaw and pitch) and velocity steps (yaw, pitch and roll). Eye movements were recorded with both video and electro-oculographic techniques. As expected, VOR gain changes were greater in pitch than in yaw. During pitch rotation, there was a progressive shift in the axis of eye movements during the flight, which was also present during the early post-flight period.

This increased horizontal component during pitch, most prevalent at 0.2 Hz, was interpreted as an increase in a translational vergence response elicited during eccentric rotation as subjects imagined a wall fixed target. There was also an increased horizontal component during the eccentric roll step runs performed on flight day 7. These results are consistent with a frequency-dependent increase in otolith-mediated translational VOR responses following adaptation to microgravity. We conclude that the adaptive changes in the VOR are likely to be greatest in the frequency range where there is a cross-over of otolith-mediated tilt and translation responses.

Acknowledgements: This set of experiments, collectively referred to as Microgravity Vestibular Investigations, was conducted by M. Reschke (Principal Investigator), with Co-Investigators (listed alphabetically) D. Anderson, A. Benson, A. Berthoz, O. Black, G. Clément, B. Cohen, P. DiZio, F. Guedry, M. Igarashi, J. Lackner, C. Oman, W. Paloski, D. Parker, T. Raphan, J. Vanderploeg and S. Wood.

INVESTIGATING THE UTRICLE: IS THE OVEMP A RELIABLE ALTERNATIVE FOR UNILATERAL CENTRIFUGATION?

F.L. Wuyts and K. Buytaert

Antwerp University Research center for Equilibrium and Aerospace (AUREA) University of Antwerp, Belgium

The human vestibular system comprises five motion detectors, being the three semicircular canals for rotation detection and two otolith organs for linear acceleration detection. Whereas Unilateral Centrifugation (UC) is used for over a decade to evaluate the utricle, the ocular vestibular evoked myogenic potential (oVEMP) test is a very recent test, claiming to be also a utricular test. The current study investigates to which extent there is a similarity between the asymmetry for utricular and horizontal canal function, using ENG, UC and oVEMP.

We tested 257 patients with vestibular problems, visiting the department of otolaryngology in the Antwerp University Hospital. After the clinical investigation, the patients were referred to AUREA where either ENG and oVEMP was performed (N = 177), either ENG and UC (N = 80). In a limited group both UC and o-VEMP to test the utricle were done. For the ENG data, we used caloric asymmetry (%) as the outcome variable, based on the Jongkees formula for the slow component velocity at maximum. For UC testing we used utricular asymmetry, based on the ocular counter rolling, and for oVEMP we used the asymmetry between right and left side amplitude of the EMG signal of the inferior oblique muscle upon bone vibration with a Bruel and Kjaer minishaker at the forehead.

Results: None of the correlations (ENG - UC) or (ENG - oVEMP) was statistically significant, with R2 values below 10%. These results indicate that evaluation of the function of horizontal semicircular canal and the

otoliths is very independent, and conclusions on asymmetry in one system due to a lesion are not valid for the other system.

EFFECTS OF APPLICATION OF HEAT-STRESS FOR PREVENTION OF UNLOADING-RELATED ATROPHY AND STIMULATION OF RECOVERY OF SKELETAL MUSCLE

T. Yoshioka¹, K. Goto², and Y. Ohira³

¹Hirosaki Gakuin University, Hirosaki City, Aomori, Japan

²Department of Physiology, Graduate School of Health Sciences, Toyohashi SOZO University, Toyohashi City, Aichi, Japan

³Section of Applied Physiology, Graduate School of Medicine, Osaka University, Toyonaka City, Osaka, Japan

It is well-known that mechanical stress, as well as exercise training, causes the up-regulation of heat shock proteins (HSPs) in skeletal muscles. However, the physiological roles for induction of HSPs in skeletal muscles are still not fully understood. HSPs, which function as molecular chaperones, could be also up-regulated by heat stress. Protein synthesis mediated by Akt/p70 S6K and/or calcineurin signaling pathways in skeletal muscle cells could be activated by the application of heat stress. Both the proliferative and differentiative potentials of skeletal muscle-specific stem cells, so-called muscle satellite cells, are also stimulated by the application of heat stress. Therefore, the application of heat stress could induce muscle hypertrophy without any exercise training, and could prevent muscle atrophy induced by unloading and inactivity during space flight. Application of heat stress might be a useful countermeasure for prevention of muscle atrophy during bed rest inactivity and/or space flight. This study was supported, in part, by Grant-in-Aid for Scientific Research (B, 20300218, KG; A, 22240071, TY; S, 19100009, YO) from Japan Society for the Promotion of Science, and Mutual Aid Corporation for Private Schools of Japan (KG).