

REMEDY AGAINST WEIGHTLESSNESS

Maxim N. FALILEYEV,
Leading Specialist, FSUE "TsENKI", Moscow, Russia,
moojaa@mail.ru

ABSTRACT | WEIGHTLESSNESS (MICROGRAVITATION) HAS AN ADVERSE EFFECT ON THE HUMAN BODY. FROM THE 1960S SCIENTISTS HAVE BEEN SEEKING WAYS TO CUSHION AND IN PROSPECT TO ELIMINATE THIS EFFECT. A NEW APPROACH TO THE PROCESS OF HUMAN ADAPTATION TO WEIGHTLESSNESS STUDY, BASED ON PROTEOMIC TECHNOLOGIES, IS CONSIDERED IN THE ARTICLE. IN THE SCIENTISTS' OPINION PROTEOMICS IS THE SCIENCE THAT WILL OFFER A DRASTIC METHOD TO OVERCOME THE NEGATIVE INFLUENCE OF MICROGRAVITATION.

Keywords: *weightlessness (microgravitation), proteomics, mass-spectrometry, target proteins*



ЛЕКАРСТВО ОТ НЕВЕЕСОМОСТИ



Максим Николаевич ФАЛИЛЕЕВ,
ведущий специалист федерального
государственного унитарного предприятия
«Центр эксплуатации объектов наземной
космической инфраструктуры», Москва, Россия,
moojaa@mail.ru

АННОТАЦИЯ | НЕВЕЕСОМОСТЬ (МИКРОГРАВИТАЦИЯ) ОКАЗЫВАЕТ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. НАЧИНАЯ С 60-Х ГОДОВ XX СТОЛЕТИЯ УЧЕНЫЕ ВЕДУТ ПОИСКИ СПОСОБОВ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ЕГО СМЯГЧИТЬ И В ПЕРСПЕКТИВЕ УСТРАНИТЬ. В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЕТСЯ НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА К НЕВЕЕСОМОСТИ, ОСНОВАННЫЙ НА ПРОТЕОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ. ПО МНЕНИЮ УЧЕНЫХ, ПРОТЕОМИКА В БУДУЩЕМ ПРЕДЛОЖИТ КАРДИНАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПРЕОДОЛЕНИЯ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ МИКРОГРАВИТАЦИИ.

Ключевые слова: *невесомость (микрогравитация), протеомика, масс-спектрометрия, тагетные белки*

ЭФФЕКТ НИКОЛАЕВА И РЕКОРД ПОЛЯКОВА

Парадокс: к состоянию невесомости на орбите человек приспосабливается быстрее, чем после полета – снова к земному притяжению. И даже сегодня, когда разработаны различные программы для быстрого восстановления, последствия пребывания в невесомости космонавты ощущают довольно долго.

Со стороны невесомость выглядит едва ли не как приятное дополнение к космическому полету, однако ее воздействие на организм человека может быть поистине катастрофическим.

В первые дни полета, когда организм приспосабливается к невесомости, у некоторых космонавтов появляется состояние, схожее с так называемой морской болезнью. Впервые подобные симптомы испытал Герман Титов во время суточного полета в августе 1961 года: чтобы выполнить программу исследований, ему пришлось перебороть тошноту, головную боль и головокружение, общую слабость и повышенное потоотделение.

Наблюдала Земля и за тем, как негативно действовала невесомость на первую женщину в космосе. Первые три витка Валентина Терешкова перенесла спокойно и улыбалась с теле-

экрана. Однако очень скоро в ЦУПе обратили внимание: мимика стала скупой, исчез эмоциональный подъем речи, ответы стали односложными, речь монотонной...

История экспериментов по приучению невесомости (по-научному – микрогравитации) началась с космонавта № 3 Андрияна Николаева, который в 1970 году вместе с Виталием Севастьяновым провел на орбите 18 суток. Для того времени это было испытанием на пределе возможностей. После приземления космонавты смогли самостоятельно встать на ноги только спустя неделю – настолько сильными были атрофия мышц и поражение сердца. Обоим потребовался продолжительный курс реабилитации. Андриян Николаев в течение года после полета перенес два инфаркта и в космос больше не летал. Тогда же в медицине появился термин «эффект Николаева», который описывал деградацию организма от обездвиженности в условиях микрогравитации. Медики сделали вывод: 18 суток являются предельным сроком пребывания человека на космической орбите.

Именно после этого полета и у нас, и в США было прекращено дальнейшее наращивание сроков, а все силы бросили на разработку средств профилактики неблагоприятного воздействия невесомости. Решение вопроса, как «приручить» невесомость, оказалось простым: необходимо создать имитацию гравитацион-



ного воздействия, то есть нагрузить скелетно-мышечную систему космонавта.

Всего 20 лет спустя после экспедиции Николаева и Севастьянова, в середине 1990-х, космонавт и врач Валерий Поляков провел на станции «Мир» эксперимент над самим собой. Он находился там 437 дней – до сих пор это рекорд по непрерывному пребыванию на орбите!

Система защиты космонавта, работавшая на «Мире» и действующая на МКС сегодня, включает в себя, прежде всего, бег на специальной дорожке и работу на велоэргометре – во многом именно занятия спортом позволили Полякову преодолеть человеческие возможности. Также для постоянной загрузки костно-мышечного аппарата космонавтов на МКС используются уникальные разработки российских инженеров, например вакуумный комплект «Чибис» – специальный нагрузочный костюм, своеобразный герметичный мешок, в котором можно создавать разрежение для оттока крови к ногам. Другой помощник космонавтов – костюм «Пингвин», имеющий особое натяжение вдоль оси. В таких костюмах космонавты выполняют повседневную работу.

БЕЛКИ НЕВЕСОМОСТИ

Исследования возможностей человеческого организма сегодня снова в центре внимания. Недавно Михаил Корниенко и Скотт Келли провели почти год на Международной космической станции. В это время на Земле врачи внимательно наблюдали за братом-близнецом Скотта, Марком Келли, чтобы затем сопоставить, какие изменения происходят у «космического» близнеца по сравнению с «земным». Уже опубликованы сенсационные результаты: у Скотта Келли удлинились теломеры, концевые участки хромосом. В НАСА это явление назвали «феномен Скотта». Дело в том, что в процессе жизни длина теломер лишь уменьшается при каждом делении клетки. Данное явление объясняют биологическим старением организма, которое, в конце концов, когда длина теломер становится слишком малой, приводит к смерти. У астронавта же эти самые кончики отросли – так, словно он помолодел на десяток лет.

Уникальные исследования провели в Сколково с участием специалистов Института медико-биологических проблем РАН (ИМБП РАН) и канадской группы ученых из Центра геномики и протеомики Университета Виктории. Результаты были опубликованы в журнале группы Nature "Scientific Reports". Изучив кровь 18 российских космонавтов после длительного пребывания в космосе, ученые обнаружили белки, отвечающие за невесомость – точнее, за изменения в организме человека в условиях невесомости.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕВЕСОМОСТИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА МОЖЕТ БЫТЬ ПОИСТИНЕ РАЗРУШИТЕЛЬНЫМ – В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ СТРАДАЕТ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА, АТРОФИРУЮТСЯ МЫШЦЫ.



Евгений НИКОЛАЕВ, профессор МФТИ, член-корреспондент РАН, руководитель лаборатории масс-спектрометрии РАН

НЕДАВНО В СКОЛКОВО РОССИЙСКИЕ И КАНАДСКИЕ УЧЕНЫЕ ПРОВЕЛИ УНИКАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБНАРУЖИЛИ БЕЛКИ, ОТВЕЧАЮЩИЕ ЗА ИЗМЕНЕНИЯ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ.



ПРОТЕОМИКА – СРАВНИТЕЛЬНО МОЛОДАЯ НАУКА. ОНА ПОЯВИЛАСЬ ПОСЛЕ РАСШИФРОВКИ ГЕНОМА ЧЕЛОВЕКА И ИЗУЧАЕТ БЕЛКИ, КОТОРЫЕ СИНТЕЗИРУЮТСЯ В НАШЕМ ОРГАНИЗМЕ.



Ирина ЛАРИНА, заведующая лабораторией протеомики Института медико-биологических проблем

УЧЕНЫЕ ИЗ МГУ ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА ИССЛЕДОВАЛИ БЕЛКИ В КОНДЕНСАТЕ ВЫДЫХАЕМОГО КОСМОНАВТАМИ ВОЗДУХА И ОБНАРУЖИЛИ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БЕЛКОВ ПОСЛЕ ПОЛЕТА ПО СРАВНЕНИЮ С ПРЕДПОЛЕТНЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ.



«Микрогравитация не является фактором эволюции человека – на разных стадиях своего развития человек никогда не пребывал в невесомости. Разумеется, поэтому его организм не знает, как на нее реагировать, и включает адаптационные механизмы, известные ему, в том числе механизмы, которые включаются как реакции на болезнь», – рассказывает профессор Сколковского института науки и технологий (Сколтех), профессор МФТИ, член-корреспондент РАН, руководитель лаборатории масс-спектрометрии РАН Евгений Николаев.

Учеными было установлено: содержание белков в крови изменяется и восстанавливается не сразу. Это результат адаптации организма к невесомости и отражение тех негативных изменений, которые происходят со здоровьем космонавтов, в частности вымывания из костей кальция. Подобные исследования проводились и ранее, но впервые изменения белкового состава крови были зафиксированы на молекулярном уровне.

Почему именно белки? Объясняет Ирина Ларина, заведующая лабораторией протеомики Института медико-биологических проблем: «Все наше тело состоит из белков, а самое главное то, что все функции, всю работу, которую выполняет человеческий организм, делают белки – это и движение, и регуляция, и защита от инородных агентов, пищеварение-всасывание, передача всех импульсов работы почек и так далее. Изучение белков может показать, как человеческий организм приспосабливается к тем или иным условиям, в том числе к невесомости».

Кроме того, белки являются наиболее специфически информативным объектом: они отличаются по строению и функциям, и наличие какого-то белка уже само по себе говорит о том, что именно происходит в организме, какие физиологические процессы запущены... Поэтому белок служит для ученых хорошим информатором или маркером.

Протеомика – сравнительно молодая наука. Она появилась после расшифровки генома человека и изучает белки, которые синтезируются в нашем организме. В прошлом году лаборатория протеомики в ИМБП отметила свое десятилетие. Один из главных методов исследований в протеомике – масс-спектрометрия, высокоточное измерение масс атомов и молекул, составляющих любое вещество. Благодаря такому методу возможно не просто идентифицировать молекулы, но даже узнать, как расположены атомы внутри каждой из них.

«Вообще, масс-спектрометрия – важнейший метод исследования Вселенной. Практически все, что мы знаем о составе грунта и атмосферы планет, мы знаем из масс-метрических измерений. С помощью спектрального анализа изучают лунный грунт. Кроме того, масс-спектрометры посылались и на Марс, и на Венеру, и на спутники Сатурна, например на Титан, и даже на комету Чурюмова – Герасименко, куда были отправлены два



орбитальных и два посадочных масс-спектрометра», – объясняет Евгений Николаев.

Сегодня масс-спектрометрия используется практически везде – от агрономии до нейрохирургии. Методы, которые давно и успешно работают в современной медицине, применили в космосе. Обладая знанием, какие белки должны быть в нашем организме, специалисты Сколтеха и ИМБП научились их идентифицировать, измерять количество белков в физиологических жидкостях, в том числе в крови, и определять, как белки реагируют на то или иное заболевание, например на появление опухолей.

ДЫХАНИЕ КОСМОСА

В другом эксперименте, который провели в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, исследовали... дыхание космонавтов. Те же белки, но уже в конденсате выдыхаемого воздуха – до и после полета. Методика, разработанная нашими учеными, проста и эффективна. Устройство для сбора конденсата выглядит как трубка с мундштуком. Непосредственно перед сбором анализов на трубку надевается предварительно замороженный конденсор, а сам механизм получения данных напоминает детскую забаву – дышать на морозное стекло.

Изучив конденсат воздуха, взятого у космонавтов после полета, специалисты обнаружили значительное увеличение количества

белков по сравнению с предполетными показателями. По словам Анны Рябоконь, научного сотрудника кафедры химической энзимологии химфака МГУ, там присутствует и кровь, и следы воспаления.

Евгений Николаев уверен – протеомика может помочь существенно облегчить реадaptацию космонавтов после полета: «Если мы найдем тагетные белки, которые по какой-то причине изменяются и приводят к необратимым эффектам для здоровья космонавтов, мы можем купировать эти биохимические пути, ингибировать их и не давать им развиваться. Для этого будут разрабатываться соответствующие лекарства, так, как это делается для других заболеваний, хоть и нельзя считать, что реакция организма на невесомость является заболеванием – это просто адаптивная реакция организма».

Правда, могут быть и побочные эффекты, и проводить подобные исследования необходимо с большой осторожностью. «Теоретически и практически это реально, когда мы имеем дело со здоровым человеком с его невероятной способностью к адаптации. В случае с космонавтами этот подход еще рано предлагать и даже рассматривать по той простой причине, что мы не знаем, каким образом изменения белков у космонавта после полета скажутся на остальных процессах в его организме и в конечном счете на его здоровье... Наш организм предложил адаптивные реакции именно для того, чтобы дать ему возможность остаться здоровым, и мы не можем просто взять и зачеркнуть это данное природой преимущество», – говорит Ирина Ларина.

ОТПРАВИВШИСЬ НА ДОЛГОЕ ВРЕМЯ В КОСМОС, ЧЕЛОВЕК НЕ ПЕРЕСТАНЕТ БЫТЬ HOMO SAPIENS, НО, ВОЗМОЖНО, ПЕРЕСТАНЕТ БЫТЬ ЧЕЛОВЕКОМ ЗЕМНЫМ – ЧУВСТВОВАТЬ СЕБЯ ЗДОРОВЫМ ОН СМОЖЕТ ТОЛЬКО В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ.



Кристина ФЕДОРЧЕНКО, ассистент
Международного биотехнологического центра
МГУ имени М. В. Ломоносова

© Фалилеев М.Н., 2018

История статьи:

Поступила в редакцию: 10.04.2018

Принята к публикации: 25.04.2018

Модератор: Плетнер К. В.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования:

Фалилеев М.Н. Лекарство от невесомости // Воздушно-космическая сфера. 2018. № 2(95). С. 66–72.

КОСМОС ИЗМЕНИТ ЧЕЛОВЕКА

Этот и другие эксперименты – лишь небольшая часть исследований по всему миру в попытках разобраться, что произойдет с организмом космонавта во время длительных перелетов. Например, к Марсу. Помимо невесомости, на пути к Красной планете космонавтов ожидают высокий уровень радиации и другие опасности. До сих пор неизвестно, как поведет себя в условиях такого полета сердечно-сосудистая система, какие изменения произойдут в костях.

Патриарх космической медицины Олег Газенко считал, что «космическая раса» будущих покорителей Вселенной будет напоминать героев картин Эль Греко – длинные худые тела, вытянутые лица...

Ирина Ларина уверена – отправившись на долгое время в космос, человек не перестанет быть homo sapiens, он будет принадлежать к тому же виду, но, возможно, перестанет быть человеком земным: «В том смысле, что вернуть его на Землю здоровым с какого-то времени станет невозможно. Он просто не будет здесь полностью здоров... Да, он будет здесь жить, дышать, его сердце будет биться, но для того, чтобы оставаться здоровым, ему надо будет жить там – на станции или на другой планете с измененной гравитацией. Не радиация, не измененная газовая среда, а именно гравитация перестроит человеческий организм».

Одна из главных задач на ближайшее время – получить данные об изменениях белков не только до и после полета, но и во время пребывания космонавтов на станции. Результаты, полученные в первые сутки после полета, не совсем верно отражают объективную картину, ведь во время посадки космонавты испытывают дополнительные воздействия – перегрузки, эмоциональный стресс и так далее. Именно поэтому в ИМБП сегодня готовят новый эксперимент со сбором сухой крови у космонавтов на борту МКС. «Это будет капля из пальца, капнутая на маленький квадратик специального листа ватмана. Во-первых, это очень маленькая кровопотеря. Во-вторых, взятый материал ничего не весит, не имеет объема, его легко хранить и легко спускать, поместив в блок-пакеты с закрывающейся дверцей. А на Земле уже есть методики и технологии, как из этого сухого пятнышка экстрагировать вещества, которые необходимы для исследований: те же белки, протеины, метаболиты и так далее», – объясняет Ирина Ларина.

Сегодня исследованиями белков занимаются все крупнейшие космические агентства, в чьих приоритетах пилотируемые полеты к другим планетам. Протеомика может ответить, как бороться с негативными влияниями космоса на человеческий организм. И возможно, в будущем с ее помощью ученые смогут создать эффективное лекарство – таблетку или микстуру – от невесомости.



ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ КУРЬЕР

ВПК ПЕРВЫЙ ПО ВСЕМ СТАТЬЯМ!

Подписка во всех отделениях связи России

Подписные индексы:

КАТАЛОГ «РОСПЕЧАТЬ» - 25933

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ - 60514

Тел. (495) 780-5436

www.vpk-news.ru

ОБЩЕРОССИЙСКАЯ
ЕЖЕНЕДЕЛЬНАЯ
ГАЗЕТА

Издаётся с 19 августа 2003 года

СИЛОВИКИ
ПОВЯЗАНЫ
ФРУКТАМИ

ТЕМА
**БЫСТРЫЙ
ГЛОБАЛЬНЫЙ
КОНТРУДАР**

ОТИД

500 образцов

вооружения и специальной техники показали российские командиры на XIV международной выставке авиационно-космической и военно-морской техники LIMA 2017. Этот оружейный салон в Центральном академическом театре Российской армии в Кремле пройдёт в девяти номинациях. Первым за рубежом устроивший правительством в Юго-Восточной Азии. Свои разработки представили 42 российские организации. На территории Кингстоуна-Николсона 42 российских региона, по оценкам Минобороны, приходится около 45 процентов всех поставок российского оружия за рубеж.

70 заявок

было подано на соискание премии Министерства обороны РФ в области культуры и искусства. Премия «Золотой орёл» учреждена в 2003 году. В 2017 году в неё вошли 70 заявок. Премия присуждается в девяти номинациях. Первым за рубежом устроивший правительством в Юго-Восточной Азии. Свои разработки представили 42 российские организации. На территории Кингстоуна-Николсона 42 российских региона, по оценкам Минобороны, приходится около 45 процентов всех поставок российского оружия за рубеж.

ТЕНДЕНЦИИ

«ТОМАГАВКАМ» НЕ СУЖДЕНО ДОСТИЧЬ ЦЕЛЕЙ

ЖИВЫЕ МИШЕНИ
РОССИЙСКИХ
ЭСМИНЦЕВ

ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННЫЙ
ВПК

ДВОЙНАЯ
БУХГАЛТЕРИЯ
ВЕРМАХТА

Александр ЛУЗАН,
доктор технических наук,
доктор Государственной премии РФ,
генерал-лейтенант

Чемпион
материала
на стр. 06

Дмитрий Медведев подписал
постановление правительства
об индексации социальных
выплат с 1 апреля
на 1,5 процента. Средний
на 129 целковых
купили

ТАИНОЕ

Леонтий
ШЕВЦОВ
«Государство
готовит к
двухлетнему
новому
подвигу»

Силограмм

СЛУЖБА
В ВОС

АНТ