

АВИАКОСМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

AVIAKOSMICHESKAYA I EKOLOGICHESKAYA MEDITSINA

НАУЧНЫЙ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC PERIODIC JOURNAL

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Орлов О.И., д.м.н., академик РАН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ардашев В.Н., д.м.н., профессор
Баранов В.М., д.м.н., профессор, академик РАН
Буравкова Л.Б., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН
Бухтияров И.В., д.м.н., профессор
Виноградова О.Л., д.м.н., профессор
Дьяченко А.И., д.т.н., профессор
Иванов И.В., д.м.н., профессор
Ильин Е.А., д.м.н., профессор – заместитель главного редактора
Котов О.В., к.м.н.
Меденков А.А., к.психол.н., д.м.н., профессор
Синяк Ю.Е., к.х.н., д.т.н., профессор
Сорокин О.Г., к.м.н.
Суворов А.В., д.м.н., профессор
Усов В.М., д.м.н., профессор
Хоменко М.Н., д.м.н., профессор
Mukai Ch., M.D., Ph.D. (Japan)
Sutton J., M.D., Ph.D. (USA)
Suchet L.G., Ph.D. (France)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Григорьев А.И., д.м.н., профессор, академик РАН – **председатель**
Благинин А.А., д.м.н., д.психол.н., профессор
Гальченко В.Ф., д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН
Жданько И.М., д.м.н.
Козловская И.Б., д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН
Котовская А.Р., д.м.н., профессор
Никольский Е.Е., д.м.н., профессор, академик РАН
Островский М.А., д.б.н., профессор, академик РАН
Розанов А.Ю., д.г.-м.н., профессор, академик РАН
Рубин А.Б., д.б.н., профессор, член-корреспондент РАН
Залуцкий И.В., д.б.н., профессор, член-корреспондент НАНБ (Беларусь)
Крышталь О.А., д.б.н., профессор, академик НАНУ (Украина)
Макашев Е.К., д.б.н., профессор, член-корреспондент АН РК (Казахстан)
Gerzer R., M.D., Ph.D., professor (Germany)
Gharib C., Ph.D., professor (France)
Yinghui Li, M.D., Ph.D., professor (China)

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1967 ГОДУ

С 1967 по 1974 г. назывался «Космическая биология и медицина»,
с 1974 по 1991 г. – «Космическая биология и авиакосмическая медицина»,
с 1991 г. по настоящее время – «Авиакосмическая и экологическая медицина»

ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ ВЕДУЩИХ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ
ВЫСШЕЙ АТТЕСТАЦИОННОЙ КОМИССИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем
Российской академии наук»

**Журнал зарегистрирован в Государственном комитете РФ по печати 28.02.1995,
рег. № 01072, лицензия ИД № 05859 от 18.09.2001 г.**

© Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, 2017
© State Research Center RF – Institute of Biomedical Problems Russian Academy of Sciences, 2017

Все права зарегистрированы. Никакая часть журнала не может быть воспроизведена
каким-либо способом без письменного разрешения Издателя
All rights reserved. Articles and information contained in this publication may not be reproduced
in any form or translated without the written of the Editorial Board

**Метаданные статей, опубликованных в журнале, доступны в базе данных РИНЦ
(www.elibrary.ru) и на сайте журнала journal.imbp.ru**

Выпускающий редактор О.Г. Сорокин
Редакторы: С.О. Николаев, С.М. Плаксина
Корректор М.Е. Козлова
Перевод Л.М. Смирновой
Компьютерная верстка Е.В. Рзаевой

Адрес: 123007, Москва, Хорошевское шоссе, д. 76а, метро «Полежаевская»,
Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН
Редакция: тел.: 8 (499) 195-68-74, факс: 8 (499) 195-22-53, эл. почта: library@imbp.ru
Секретарь: тел.: 8 (499) 195-65-12, эл. почта: arhiv@imbp.ru

Сдано в набор 29.03.2017.
Подписано в печать04.2017.
Формат 60 × 84 1/8.
Гарнитура Tahoma.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,67.
Тираж 220 экз.
Заказ №

Отпечатано в типографии ООО ИПЦ «Научная книга».
Адрес: 394030, г. Воронеж, Московский пр-т, д. 116.

Содержание

Contents

Экспериментальные и общетеоретические исследования

Experimental and Theoretical Investigations

Кутина И.В., Бычков В.Б., Дешевая Е.А., Шубралова Е.В. О снижении уровня шума в российском сегменте Международной космической станции 5

Kutina I.V., Bychkov V.B., Deshevaya E.A., Shubralova E.V. On noise level control in the Russian segment of the International space station

Пономарёв С.А., Муранова А.В., Калинин С.А., Антропова Е.Н., Рыкова М.П., Колотева М.И., Орлов О.И. Показатели клеточного иммунитета у членов экипажа проекта «Луна-2015» 13

Ponomarev S.A., Muranova A.V., Kalinin S.A., Antropova E.N., Rykova M.P., Koloteva M.I., Orlov O.I. Cell immunity indices in crew members of the «Moon-2015» project

Иванов А.А., Мицын Г.В., Тимошенко Г.Н., Булынина Т.М., Крылов А.Р., Красавин Е.А. Моделирование на пучке протонов фазотрона нейтронных полей, формируемых внутри космического аппарата 20

Ivanov A.A., Mitsyn G.V., Timoshenko G.N., Bulynina T.M., Krylov A.R., Krasavin E.A. Modeling on the phasotron protons beam of the neutron fields generated inside spacecraft

Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Медникова Е.И., Грушина О.А., Филатова А.В., Сычев В.Н. Развитие мышечной ткани опорно-двигательного аппарата у птенцов японского перепела, развившихся и проживших до 5 суток в условиях невесомости 26

Gurieva T.S., Dadasheva O.A., Mednikova E.I., Grushina O.A., Filatova A.V., Sychev V.N. Muscular tissue development of the locomotor apparatus of Japanese quail chicks hatched and stayed alive 5 days in microgravity

Яснецов В.В., Карсанова С.К., Яснецов Вик.В. Исследование нейропротекторного и антиамнестического действия комбинаций мелатонина с производными 3-гидроксипиридина 30

Yasnetsov V.V., Karsanova S.K., Yasnetsov Vik.V. Studies of the neuroprotective and anti-amnestic effectiveness of the combination of melatonin with 3-hydroxypyridine derivatives

Дешевая Е.А., Хамидуллина Н.М., Новикова Н.Д., Поликарпов А.Н., Гуридов А.А., Орлов О.И. Выбор эффективного дезинфекционного средства, подавляющего весь спектр микроорганизмов, контаминирующих поверхности помещений космодрома Байконур 35

Deshevaya E.A., Khamidullina N.M., Novikova N.D., Polikarpov A.N., Guridov A.A., Orlov O.I. Choice of an effective disinfectant suppressing the whole spectrum of microorganisms contaminating surfaces in cosmodrome Baikonur rooms

Клинические исследования

Clinical Investigations

Глазников Л.А., Буйнов Л.Г., Нигмедзянов Р.А., Сыроежкин Ф.А., Сорокина Л.А. Состояние микроциркуляции кровив в бульбарном отделе конъюнктивы у пострадавших с акубаротравмой слуховой системы 41

Glaznikov L.A., Buynov L.G., Nigmedzyanov R.A., Syroezhkin F.A., Sorokina L.A. Microcirculation of blood in the bulbar conjunctiva in patients with auditory system acubarotraumias

Макаров И.А., Воронков Ю.И. Влияние физических нагрузок в положении лежа на внутриглазное давление

47

Makarov I.A., Voronkov Yu.I. Effect of physical loads in supine position on intraocular pressure

Информация

Information

Мызников И.Л., Милошевский А.В., Бурцев Н.Н., Устименко Л.И., Аскерко Н.В., Маточкина А.А. Стратегия-2020: медицинский аспект. Экипажи подводных лодок

52

Myznikov I.L., Miloshevsky A.V., Burtsev N.N., Ustimenko L.I., Askerko N.V., Matochkina A.A. Strategy-2020: medical aspect. Submarine crews

Орлов О.И., Белаковский М.С., Пономарева И.П. Вклад врача-космонавта-исследователя В.В. Полякова в космическую медицину (к 75-летию со дня рождения)

58

Orlov O.I., Belakovsky M.S., Ponomareva I.P. Contribution of doctor, cosmonaut, scientist V.V. Polyakov to space medicine (on the occasion of his 75th birthday)

Круговых В.В. К 20-летию «Космического альманаха»

64

Krugovykh V.V. On 20th anniversary of «Space Almanac»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 534.7+534.292

О СНИЖЕНИИ УРОВНЯ ШУМА В РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Кутина И.В.¹, Бычков В.Б.², Дешевая Е.А.¹, Шубралова Е.В.³

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Научный центр волновых исследований Института общей физики РАН, Москва

³Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, г. Королев, Московская обл.

E-mail: «irkutina»@imbp.ru

Представлены результаты статистического анализа спектров акустического фона российского сегмента Международной космической станции, полученные по представительной выборке данных измерений в служебном модуле (СМ), функционально-грузовом блоке (ФГБ) и малом исследовательском модуле № 1 (МИМ-1) за период 2008–2015 гг. В СМ и МИМ-1 в 90 %, а в ФГБ в 80 % наблюдений уровень шума не соответствовал установленным нормам. Базируясь на этих результатах и выводах опубликованных медицинских исследований, показана необходимость принятия дальнейших мер по снижению уровня шума в модулях станции. Дана характеристика эффективности одного из возможных направлений их реализации – применения методов активного шумоподавления.

Ключевые слова: Международная космическая станция, шум, воздействие шума на космонавтов, спектр, распределение, уровни звука, борьба с шумом, активное шумоподавление.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 5–12.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-5-12

К одному из факторов, влияющих на безопасность космонавтов, процессы восприятия и переработки информации, принятия и реализации решений ГОСТ Р 50804 [1] относит акустическую обстановку (шум звукового диапазона частот, показатели инфразвука и ультразвука в обитаемых отсеках). Проблема шума и его неблагоприятное воздействие на экипаж исследовались учеными ГНЦ РФ – ИМБП РАН на орбитальных станциях (ОС) «Салют», «Мир» и российском сегменте (РС) Международной космической станции (МКС). В работах [2–5] охарактеризована ситуация с уровнем шума на ОС. Описаны измерения, проводившиеся в экспедициях МКС-1–15 в основных зонах служебного модуля (СМ); приведены уровни звукового давления в октавных полосах в диапазоне частот 31,5–8000 Гц для МКС-1 и уровни звука в динамике. Выявлено превышение

установленных норм на 8–15 дБ на рабочих местах и в каютах членов экипажа, что потребовало разработки мер по снижению уровня шума на борту МКС.

В 2007 г. РС МКС был оснащен комплектом научной аппаратуры «Бар», включавшим высокочастотный шумомер – анализатор ультразвука АУ-1 [6]. Начиная с 16-й экспедиции космонавтами, входившими в состав экипажей на РС МКС, регулярно проводились в рамках космического эксперимента (КЭ) «Бар» сеансы измерений акустического фона в модулях станции. Промежуточные результаты статистической обработки спектров были приведены в работе [7]: представлены усредненные третьоктавные и октавные спектры акустического фона в модулях СМ и функционально-грузовом блоке (ФГБ). При этом было отмечено превышение нормативов в значительной части звукового диапазона. В данной статье рассмотрены перспективные направления по снижению уровня шума в модулях станции.

Методика

Использовавшийся переносной анализатор ультразвука АУ-1 был разработан в 2003–2004 гг. Конструктивно прибор состоит из акустического приемника (АП) с микрофоном Brüel & Kjær модели 4135, предусилителем и разъемом для кабеля, блока АЦП E440 L-CARD с кабелем длиной 5 м и компьютера (ноутбук типа Think Pad). Принцип действия прибора основывался на регистрации акустического сигнала, преобразованного в электрический, с последующим усилением до необходимого уровня за счет малошумящего предусилителя. Сигнал подается на вход АЦП, усиливается встроенным усилителем АЦП и преобразуется в цифровой код, который, в свою очередь, подается на компьютер по USB шине. Обработка сигнала проводится на компьютере по специальной программе. Прибор позволяет получать данные в виде третьоктавных, октавных и узкополосных спектров в диапазоне частот от 12,5

Таблица 1

Квантильные значения уровней звука

Значения квантилей, %	Уровни звука, дБА		
	в ФГБ	в СМ	в МИМ-1
10	58,0	60,2	61,6
20	59,6	62,1	63,6
30	60,7	63,6	65,4
40	61,8	64,5	66,9
50	62,5	65,2	67,9
60	63,7	66,0	69,1
70	65,0	67,1	69,9
80	66,2	68,3	71,1
90	69,0	70,3	72,0
100	76,4	82,3	75,3

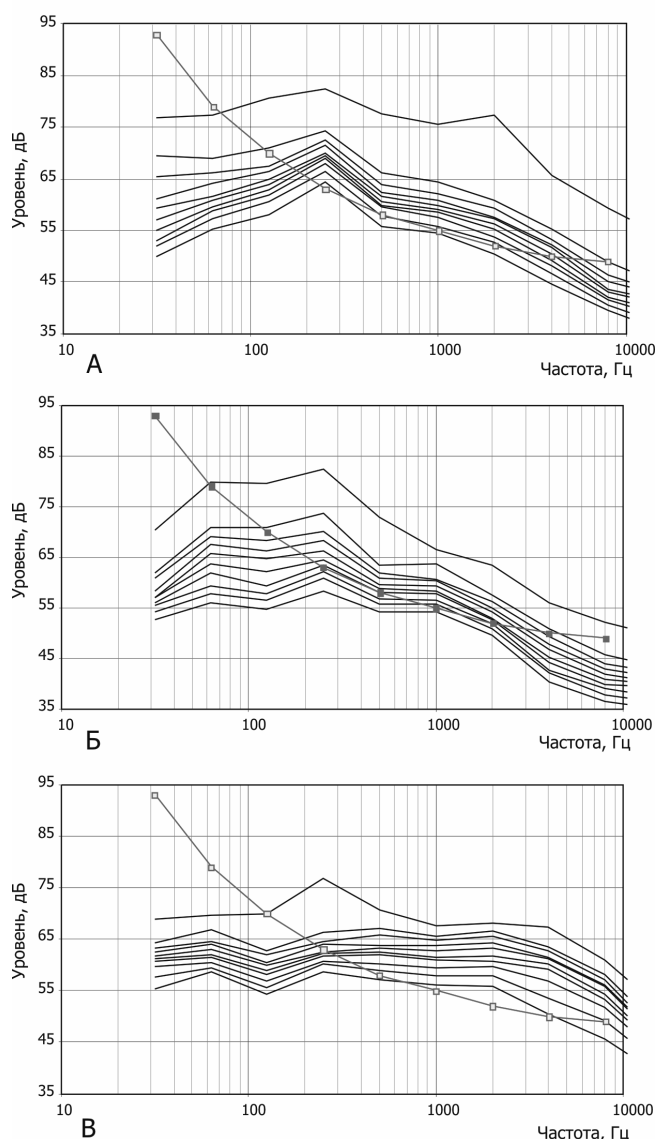


Рис. 1. Квантили распределения уровней шума на октавной сетке частот в модулях РС МКС:
А – СМ; Б – ФГБ; В – МИМ-1

до 100 000 Гц. Шаг сетки частот при измерении узкополосного спектра составляет около 150 Гц, постоянный во всем частотном диапазоне. Прибор был изготовлен в 2 экземплярах, прошел испытания и был зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений (сертификат RU.E.33.02.A № 22121 от 09.11.05).

В составе комплекта научной аппаратуры (НА) «Бар» прибор первоначально предназначался для проведения измерений в модулях станции ультразвукового фона, информация о котором необходима для корректной эксплуатации указателя течи УТ-2-03, с помощью которого на борту осуществляется контроль герметичности корпуса. За период с 2008 по 2015 г. было проведено более 40

измерительных сеансов, с передачей на Землю в среднем по несколько десятков третьоктавных (а также узкополосных) спектров за каждый сеанс. Измерения проводили во всех обитаемых модулях, как во внутреннем, так и в запанельном пространстве; суммарный объем полученной за эти годы выборки составил более 1200 пар спектров, содержащих значения третьоктавных и узкополосных уровней как звукового диапазона (шум), так и ультразвукового.

Проводимая в данной работе статистическая обработка спектров, измеренных в РС МКС, включала вычисление для данной выборки (массива спектров, измеренных в конкретном отсеке или в определенных заданных условиях) следующих характеристик и параметров:

- дифференциальную функцию распределения уровней в каждой третьоктавной полосе;
- интегральную функцию распределения уровней;
- квантили для третьоктав и октав;
- спектр (третьоктавный и октавный) квантилей заданной вероятности.

Алгоритм обработки сводился к следующим операциям. Вначале строилась для каждой третьоктавы диапазона рабочих частот гистограмма, на которой по оси абсцисс отмечали значения уровня, по оси ординат – вероятность появления уровня (или количество событий фиксации данного уровня) в объеме данной выборки. Эта гистограмма представляет собой оценку дифференциальной функции распределения. Пример таких оценок, полученных при обработке данных измерительных сеансов в модулях РС МКС, приведен в работе [7]. Далее была сформирована интегральная функция распределения уровней – 3-мерный массив данных: частота (абсцисса), вероятность (ордината), уровень

Таблица 2

ПДУ и поправка октавного уровня при коррекции А

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ПДУ звукового давления по ГОСТ 50804, дБ	93	79	70	63	58	55	52	50	49
Поправка к измеренному значению октавного уровня при частотной коррекции А, дБ	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1

(аппликата). В качестве оценочной характеристики использовали срез интегрального распределения, т.е. сечение трехмерного массива, проведенного через точку с заданной вероятностью. Полученная таким образом функция характеризовала спектр шумового процесса, уровни которого в третьоктавных полосах представляли фактически спектр квантилей данной вероятности. Практическое удобство такой оценки состоит в том, что она позволяет определить вероятность соблюдения или превышения в данном модуле установленных нормативов уровня шума (рис. 1).

Результаты и обсуждение

На рис. 1 представлены графики октавных уровней звукового давления, соответствующие квантилям $i \cdot 10\%$, где $i = 1, \dots, 10$, которые были получены на основе измерений во внутреннем пространстве модулей РС МКС за период «август 2012 – январь 2013». Важно отметить, что 100 %-ная квантиль, включая максимальные значения, иногда отражает результат случайных выбросов, вызванных ошибкой оператора, перегрузкой измерительного тракта или другими факторами. Поэтому для подтверждения достоверности ее значений необходимо проведение анализа дифференциальной функции распределения уровней и конкретного измеренного спектра. Линией красного цвета на фоне семейства графиков соединены точки, обозначающие предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления в октавных полосах, установленные ГОСТ Р 50804 [1] для обитаемых отсеков пилотируемых космических аппаратов (ПКА) при продолжительности полета свыше 30 сут (вид деятельности «Работа»). Остановимся на характеристике шумового фона в отдельных модулях.

Модуль СМ

Была обработана выборка из 228 спектров (5 измерительных сеансов). Сопоставление графиков с линией ПДУ позволяет сделать следующие выводы:

- в октавах 31,5; 63 Гц шум был ниже нормативного уровня в 100 % случаев;
- в октаве 125 Гц шум не превышал норму почти в 90 % случаев;

- в 4 октавах 250, 500, 1000, 2000 Гц превышение уровня нормы было в 80–90 % случаев;
- в октаве 4000 Гц шум превышал нормативный уровень более чем в 50 % случаев;
- в октаве 8000 Гц шум не превышал нормативный уровень в 90 % случаев.

Таким образом, в значительной части звукового диапазона – в интервале, выходящем за границы декады 200–2000 Гц, во внутреннем пространстве СМ на космонавтов с вероятностью 80–90 % воздействует шум с уровнями выше предельно допустимых.

Квантильные значения уровней звука, соответствующие графикам рис. 1, представлены в табл. 1. Норма ПДУ звука, согласно ГОСТ Р 50804, для вида деятельности «Работа» составляет 60 дБА. Уровень звука, характеризующий шум во внутреннем пространстве СМ, превышал норму более чем в 90 % наблюдений (при выборке 228 измерений). Измерения проводили и в запанельном пространстве, однако оценка уровня шума важна лишь там, где работают и отдыхают члены экипажа, т.е. во внутреннем пространстве. Во внутреннем пространстве уровни звука, как и следовало ожидать, были ниже на 1–5 дБА, чем в запанельном пространстве, где расположены наиболее интенсивные источники шума. Панели, таким образом, образуют поглощающий слой (более эффективный на высоких частотах) и способствуют снижению уровня шума на рабочих местах космонавтов.

Модуль ФГБ

Объем обработанной выборки в этом модуле составлял 154 спектра (3 измерительных сеанса).

В целом уровни шума в ФГБ были ниже, чем в СМ, в основном за счет разницы уровней в области частот от 1 до 10 кГц. Уровни звука для ФГБ представлены также в табл. 1. Значения, характеризующие уровень шума в СМ, выше для всех квантилей. В среднем разность уровней составляет 2,3 дБА (100 %-ную квантиль в данном случае не учитывали как недостаточно достоверную). В этой связи различия шумового фона в модулях СМ и ФГБ, скорее всего, могли быть ощутимы.

При сопоставлении результатов измерения уровней шума во внутреннем пространстве ФГБ с

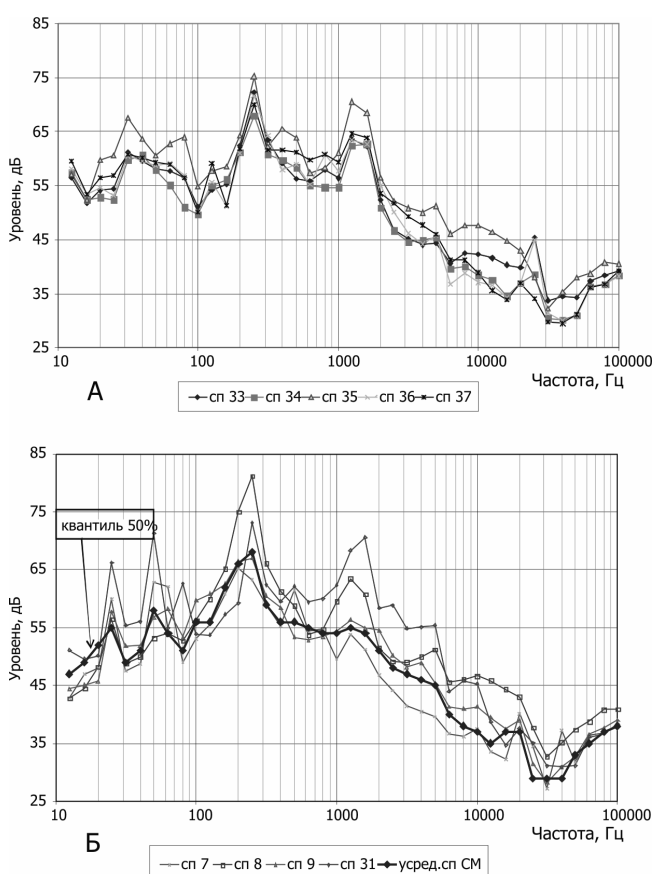


Рис. 2. Третьооктавные спектры акустического фона:
 А – ПхО (5 спектров одного сеанса);
 Б – РО (4 спектра одного сеанса и усредненный спектр, 50 %-ная квантиль)

установленными нормами по графикам октавных квантилей получены следующие результаты:

- в октавах 31,5 и 63 Гц уровни шума ниже ПДУ были почти в 100 % измерений;
- в октаве 125 Гц уровень шума был ниже нормы почти в 90 % случаев;
- в октавах 250 и 500 Гц уровни шума были ниже нормы менее чем в 40 % случаев, и с 60 %-ной вероятностью уровни шума находились выше предельно допустимых норм;
- в октаве 1000 Гц уровень шума выше нормы был с вероятностью более 80 %, а в октаве 2000 Гц – с вероятностью 70 %;
- в октавах 4000 и 8000 Гц уровни шума были ниже, чем предельно допустимые, в 80 и 90 % измерений соответственно.

Модуль МИМ-1

По данным замеров, выполненных во внутреннем пространстве МИМ-1, обработана выборка из 92 спектров (2 измерительных сеанса).

Оценка соответствия усредненных октавных уровней установленным нормам составляла:

- в октавах 31,5; 63 и 125 Гц уровни шума были всегда ниже ПДУ в 100 % измерений;
- в октаве 250 Гц уровень шума был ниже нормы в 60 % случаев;
- в октаве 500 Гц уровень шума был ниже нормы менее чем в 20 % случаев, и с 80 %-ной вероятностью уровни шума были выше предельно допустимых;
- в октавах 1000, 2000 и 4000 Гц уровень шума превышал норму с вероятностью более 90 %, причем в октаве 2000 Гц практически никогда не соответствовал нормативным требованиям;
- в октаве 8000 Гц уровни шума выше предельно допустимых в 80 % наблюдений.

Уровни звука, рассчитанные для МИМ-1, представлены в табл. 1. Как следует из данных таблицы, они превышают ПДУ, равный 60 дБА, более чем в 90 % измерений.

Если исходить из оценки по уровням звука, можно констатировать, что в модулях СМ и МИМ-1 уровень шума превышал ПДУ в 90 % случаев, в ФГБ он не соответствовал установленным нормам в 80 % наблюдений. Но, проводя такое сопоставление, следует обратить внимание на содержание самого понятия *уровень звука*. Он определяется ГОСТом Р 53188.1 [8] как взвешенная сумма октавных уровней звукового диапазона с так называемой частотной коррекцией **А** с вводом поправок, приведенных в табл. 2 [8]. В отличие от уровней звукового давления, измеряемых в дБ, единицей измерения получаемого таким образом уровня звука является дБА. Вклад той или иной октавной полосы определяется слуховым восприятием человека шума окружающей среды. Наиболее значительный вес придается октавам 1000, 2000 и 4000 Гц, к которым внутреннее ухо человека наиболее чувствительно. Для спектров шума в модулях станции характерно наличие подъема в октаве 250 Гц, которая по уровню звука занижается почти на 9 дБ. Следует отметить, что сторонние звуки с частотами ниже 500 Гц субъективно воспринимаются человеком достаточно негативно. Подтверждением этого может служить тот факт, что меры в подавлении шумов в диапазоне выше 500 Гц, предпринимаемые традиционными пассивными средствами, признаны явно недостаточными для достижения слухового комфорта. В последнее время серьезное внимание уделяется именно борьбе с шумом низкого звукового диапазона.

Важным обстоятельством, которое необходимо учитывать при анализе шумового воздействия на человека, является спектральный состав окружающего шума. ГОСТ 12.1.003, устанавливающий классификацию шума, характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах, подразделяет шум по характеру спектра на широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы и тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона.

Тональный характер шума для практических целей (при контроле его параметров на рабочих местах) устанавливают измерением в третьоктавных полосах частот по превышению уровня звукового давления в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ» [9]. Для тонального шума этот стандарт требует определить допускаемые уровни на 5 дБ меньше установленных предельных значений. В качестве практического примера применения требований ГОСТ 12.1.003 рассмотрим семейство третьоктавных спектров, полученных в проведенном 6 декабря 2012 г. в переходном отсеке (ПХО) измерительном сеансе (рис. 2, А). Присутствующий во всех 5 спектрах острый пик в третьоктаве 250 Гц как раз и является собой тональный шум. Уровень его равен $\approx 72 \pm 3$ дБ, а ПДУ в этом случае следует принять равным $63 - 5 = 58$ (дБ). Превышение нормы, таким образом, составит 10–17 дБ. В то же время имеющийся на всех графиках подъем спектра с максимумом на частоте 1250 Гц уже не является, согласно нормативному документу, тональным шумом и должен сравниваться с ПДУ для октавы 1000 Гц, равным 55 дБ; нормативное значение в этом случае оказывается превышенным на 8–15 дБ. Значения ПДУ для космического полета заимствованы из этого же «наземного» стандарта. Для работы в условиях МКС космонавтам установлены те же нормы, что и при высококвалифицированном труде в наземных учреждениях и предприятиях. Однако поправка к ПДУ для случая тонального шума в ГОСТ Р 50804 не предусмотрена.

Подборка из 4 спектров, приведена на рис. 2, Б. Эти спектры характерны для акустического фона рабочего отсека (РО) СМ, что подтверждается в том числе и сходством их конфигурации с формой усредненного спектра, представленного на этом же рисунке. В качестве усредненного спектра принята 50 %-ная квантиль третьоктавных уровней по всей обработанной выборке замеров во внутреннем пространстве СМ. Проведя сопоставление рис. 2, А и Б, можно отметить в семействах графиков следующие общие черты:

- выраженный максимум тонального шума в третьоктаве 250 Гц;
- подъем сплошной части спектра в области частот 1000–2000 Гц;
- незначительный подъем в области третьоктавы 5000 Гц;
- максимумы на низких звуковых частотах 25–30 Гц;
- пики в ультразвуковой части спектров в области частот 20–25 кГц.

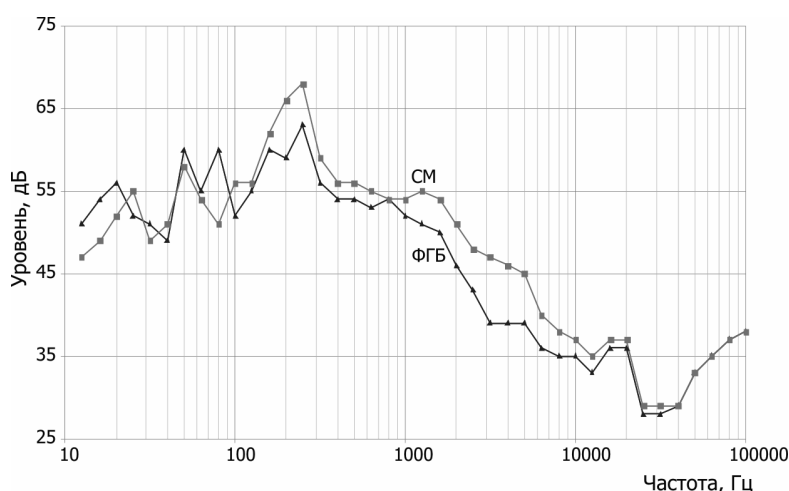


Рис. 3. Усредненные третьоктавные спектры СМ и ФГБ (50 %-ные квантили)

Несомненное сходство акустического фона в модулях СМ и ФГБ иллюстрирует рис. 3, на котором изображены усредненные третьоктавные спектры (50 %-ные квантили). Наличие в обоих модулях одинаковых мощных вентиляторов, протяженных жестких и мягких воздуховодов, приводов солнечных батарей и преобразователей тока, газожидкостных теплообменников определяет схожесть спектров.

Таким образом, на МКС присутствует постоянный акустический фон, характеризующийся к тому же стабильным и даже сходным в разных модулях спектральным составом. Воздействие шума с такими спектральными характеристиками, по мнению специалистов-медиков, приводит к снижению работоспособности космонавтов, может вызывать изменения порогов слуха и отрицательно влиять на другие системы организма [5].

Переходя к медицинским аспектам проблемы, следует сказать, что они изучались в большом числе работ [2–5, 10]. Авторы обращают внимание на фактор непрерывности воздействия на космонавтов шума, невысокой интенсивности, генерируемого системами жизнеобеспечения. В нормальных земных условиях действие производственного шума ограничивается 8-часовым рабочим днем. В то же время в длительном космическом полете привычный для человека период относительной тишины (и изменения характера шумовой нагрузки) в суточном цикле при земной жизнедеятельности у экипажа отсутствует. В обстоятельном обзоре [10] отмечается также негативное влияние акустического фона как помехи для речевого общения. Результатом действия отмеченных факторов космонавты и врачи считают психологический дискомфорт, нарушения сна и нередко возникающее после полетов изменение функционального состояния слухового

аппарата. По данным авторов работ [10, 11] у 7 из 30 космонавтов, совершивших длительные полеты на станции «Мир», был отмечен постоянный сдвиг порогов слуха, а у 17 космонавтов – временный. Заметим, что акустический фон на рабочих местах станции «Мир» и РС МКС (в начальный период) характеризовался сопоставимыми уровнями, с некоторым даже ухудшением на МКС [3]. Важность проблемы сохранения слуха у космонавтов в длительных космических полетах на МКС, признана NASA, которое, начиная с 2000-е г. реализует комплексную программу исследований в этой области [10, 12].

Таким образом, приведенные данные литературы, а также результаты проведенных в последние годы исследований свидетельствуют о необходимости совершенствования обстановки на борту МКС, проведению мероприятий по снижению уровней шума в модулях РС МКС. Подобные работы проводили на МКС преимущественно в 13-й и 14-й экспедициях. Были установлены средства снижения уровней шума: глушители и поглотители в вентиляционной системе, шумозащитные кожуха на СОА «Воздух» и панели у СКВ [5]. К настоящему моменту сложилась ситуация, когда, с одной стороны, принятыми мерами достигнуты определенные успехи в снижении уровней шума, с другой – выработка ресурса отдельных систем и агрегатов привела к росту интенсивности шумов этих источников. Поэтому проблема уменьшения уровней шума на борту МКС не стала менее актуальной.

В работе [7] предложено рассмотреть возможность применения для снижения уровней шума в модулях РС МКС метода так называемого «активного гашения». Физические основы данного метода, с исчерпывающей ясностью и образной иллюстрацией изложенные на сайте Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева, состоят в том, что для снижения шума используется явление интерференции. Интенсивность акустического поля, создаваемого в некоторой пространственной области источниками шума, уменьшается путем наложения на него другого, компенсирующего звукового поля, создаваемого принесенными в данную область излучателями. Научные основы активного гашения звука сформулированы в 1960-е гг. известными советскими акустиками Г.Д. Малюжиным и Б.Д. Тартаковским. Эффективность его практического использования, особенно для подавления шума в низкочастотном (до 400–500 Гц) диапазоне, в настоящее время общеизвестна [13].

Недавние исследования ученых НЦВИ ИОФ РАН [14, 15] экспериментально доказывают возможность активного гашения в рабочей полосе частот от 30 до 3 кГц широкополосных и узкополосных сигналов, проникающих в рабочее помещение на выходе воздуховода. Поскольку вентиляторы и

воздуховоды, как уже отмечалось, вносят значительный, если не основной, вклад в формирование шума в модулях РС МКС, остановимся на этих результатах подробнее.

Эксперименты проводились на макете, включающем воздуховод диаметром 15 см и подключаемый к его магистрали вентилятор, уровень звука шума в выходном сечении воздуховода составлял около 66 дБА. Моделируемая измерительная ситуация имеет несомненные черты сходства с реально наблюдаемой в СМ МКС. Шум в воздуховоде возбуждался как динамиком, излучавшим широкополосные и узкополосные сигналы, так и вентилятором. Активное гашение тональных сигналов снижало третьоктавный уровень на величину 12–15 дБ, одинаковую в выходном сечении воздуховода и в рабочем помещении. Значение частоты тонального сигнала в эксперименте составляло 44 Гц, однако есть основания полагать, что на частотах выше 100 Гц можно добиться еще более заметного подавления тонального шума. При работе вентилятора создаваемый им шум снижался средствами активного гашения в частотном диапазоне от 20–30 до 400–500 Гц на 7 дБ, а с увеличением частоты – на 9–10 дБ. Применяемые технические средства включали: блок управления, формирующий команды на исполнительные элементы; исполнительные элементы (усилители мощности и динамики), компенсирующие исходное звуковое поле; микрофоны для формирования опорных сигналов и контроля шума на выходе воздуховода и в рабочем помещении. Режим активного гашения обеспечивался контроллером, производящим обработку опорных сигналов; соответствующие алгоритмы описаны в работе [14]. Подобная система может быть, на наш взгляд, выполнена в необходимых габаритах для реализации в условиях МКС режима активного шумоподавления, для начала в одном из модулей. Какой именно модуль является наиболее подходящим может быть установлено учеными ЦНИИмаш и НЦВИ по результатам запланированных на ближайшее время исследований на борту станции.

Выводы

1. Результаты многолетних измерений шума в модулях СМ, ФГБ, МИМ-1 показывают, что в РС МКС уровни звука превышают предельно допустимые с вероятностью более 80 %. Это приводит к снижению работоспособности космонавтов, создает помехи речевому общению, вызывает утомление слуха и организма в целом

2. Акустический фон характеризуется стабильным, сходным в разных модулях спектральным составом. Воздействие шума с такими спектральными характеристиками усугубляет негативное влияние на здоровье космонавтов.

3. Необходимы дальнейшие меры по снижению уровней шума в модулях МКС. Одним из перспективных направлений в этих мероприятиях может быть использование методов активного шумоподавления.

Работа выполнена в рамках договора 09-11-245 и при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-02-04306.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50804-95. Среда обитания космонавта в пилотируемом космическом аппарате. Общие медико-технические требования. М., 1995.
2. Bogatova R.I., Agureev A.N., Kutina I.V., Spiridonov S.V. Astronaut's habitat in manned spacecraft. General medical and technical requirements. Moscow, 1995.
3. Богатова Р.И., Агуреев А.Н., Кутина И.В., Спиридонов С.В. Физические факторы среды обитания орбитальной станции «Мир» // Орбитальная станция «Мир». М., 2001. Т. 1. С. 24–27.
4. Bogatova R.I., Agureev A.N., Kutina I.V., Spiridonov S.V. Orbital Station «Mir» environmental physical factors // Orbital Station «Mir». Moscow, 2001. V. 1. P. 24–27.
5. Богатова Р.И., Кутина И.В., Спиридонов С.В., Шабельников В.Г. Гигиеническая оценка акустической обстановки в жилых отсеках российского сегмента Международной космической станции в период работы первой основной экспедиции // Авиакосм. и экол. мед. 2004. Т. 38. № 5. С. 24–27.
6. Bogatova R.I., Kutina I.V., Spiridonov S.V., Shabelnikov V.G. Hygienic evaluation of the acoustic conditions inside the habitable compartments of Russian segment of the International Space Station during increment one // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2004. V. 38. № 5. P. 24–27.
7. Богомолов В.В., Самарин Г.И. Совершенствование системы медицинского обеспечения здоровья и работоспособности экипажей Международной космической станции // Космонавтика и ракетостроение. 2007. № 4 (49). С. 48–53.
8. Bogomolov V.V., Samarina G.I. Medical support of the International Space Station crew health and functionality improvement // Kosmonavtika i raketostroyeniye. 2007. V. 49. № 4. P. 48–53.
9. Богатова Р.И., Богомолов В.В., Кутина И.В. Динамика акустической обстановки на Международной космической станции в экспедициях МКС-1–15 // Авиакосм. и экол. мед. 2009. Т. 43. № 4. С. 26–30.
10. Bogatova R.I., Bogomolov V.V., Kutina I.V. Acoustic environment dynamics at the International Space Station during ISS-1–15 missions // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2009. V. 43. № 4. P. 26–30.
11. Борисов В.В., Дешева Е.А., Кононенко О.Д., Шубралова Е.В. Отработка метода обнаружения мест негерметичности на борту российского сегмента Международной космической станции // Космонавтика и ракетостроение. 2009. № 4 (57). С. 144–152.
12. Borisov V.V., Deshevaya E.A., Kononenko O.D., Shubralova E.V. Leak detection method at the Russian Segment of the International Space Station // Kosmonavtika i raketostroyeniye. 2009. № 4 (57). P. 144–152.
13. Афанасьев А.В., Бычков В.Б., Кущев В.Н., Шубралова Е.В. Акустический фон российского сегмента Международной космической станции: результаты измерений и проблемы его снижения // Там же. 2015. № 5 (84). С. 61–69.
14. Afanasyev A.V., Bychkov V.B., Kushchev V.N., Shubralova E.V. Acoustic background of the Russian segment of the International Space Station: the measurement results and problems of its descent // Ibid. 2015. № 5 (84). P. 61–69.
15. ГОСТ Р 53188.1-2008. Шумомеры. Ч. 1. Технические требования. М., 2008.
16. ГОСТ Р 53188.1-2008. Noisemeters. P. 1: Specification. Moscow, 2008.
17. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. М., 2002.
18. ГОСТ 12.1.003-83 Occupational safety standards system. Noise. General safety requirements. Moscow, 2002.
19. Мацнев Э.И., Сигалева Е.Э. Влияние шума, генерируемого системами жизнеобеспечения космических объектов, на слуховую функцию человека // Авиакосм. и экол. мед. 2006. Т. 40. № 4. С. 3–14.
20. Matsnev E.I., Sigaleva E.E. Effects of noise generated by life support systems on the human hearing function // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2006. V. 40. № 4. P. 3–14.
21. Мацнев Э.И. Особенности функционального состояния слуховой системы космонавтов после воздействия шума в длительном космическом полете // Матер. Российской конференции «Проблемы обитаемости в гермообъектах» (Москва, 4–8 июня 2001 г.). М., 2001. С. 119–122.
22. Matsnev E.I. Hearing system functional features of the space crew after noise impact during long-termed space flight // Proc. of Russian Conference «Problems of habitation in sealed compartments» (Moscow, 4–8 June 2001). Moscow, 2001. P. 119–122.
23. Buckey J.C. Hearing loss in space // Aviat. Space Environ. Med. 2001. V. 72. № 12. P. 1121–1124.
24. Интернет-ресурс. Сайт Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева: <http://www.akin.ru/comm/techn8.htm>.
25. Интернет. Web-site of Acoustic Institute of Academician Andreev N.N.: <http://www.akin.ru/comm/techn8.htm>.
26. Белогубцев Е.С., Кирюхин А.В., Кузнецов Г.Н. и др. Проблемы и предварительные результаты испытания систем активного гашения низкочастотных сигналов в водной и воздушной среде // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2011. Т. 4. № 3. С. 79–108.
27. Belogubtsev E.S., Kiryukhin A.V., Kuznetsov G.N. et al. Problems and preliminary results of the test systems of the

active damping of low-frequency signals in the water and the air // *Fundamental'naya i prikladnaya gidrofizika*. 2011. V. 4. № 3. P. 79–108.

15. Пудовкин А.А., Китанов М.Ю., Кузнецов Г.Н. и др. Экспериментальная оценка величины активного гашения широкополосного шума, проникающего в рабочее помещение // Труды Всерос. науч.-практ. конф. «Гидроакустика». Менделеево, 2016. С. 164–172.

Pudovkin A.A., Kitanov M.Yu., Kuznetsov G.N. et al. Experimental evaluation of the value of active suppression of broadband noise penetrating into the working space // Proc. of the All-Russian scientific-practical conference «Hydroacoustic». Mendeleevo, 2016. P. 164–172.

Поступила 09.12.2016

ON NOISE LEVEL CONTROL IN THE RUSSIAN SEGMENT OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Kutina I.V., Bychkov V.B., Deshevaya E.A., Shubralova E.V.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 5–12

Statistic analysis of the acoustic spectra on the Russian segment of the International space station in the period of 2008–2015 was applied to a representative sample of noise measurements in the Service module (SM), functional cargo block (FGB) and mini-research module 1 (MRM-1). Noise level did not meet the established requirements in 90 % of measurements made in SM and MRM-1 and in 80 % of measurements in FGB. These results and conclusions in medical publications instigate to persist in noise mitigation inside the ISS modules. Effectiveness characteristic of an active noise-control method is discussed.

Key words: International space station, noise, noise effect on cosmonauts, spectrum, distribution, sound volume, noise control, active noise control.

УДК 612.017.2

ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕТОЧНОГО ИММУНИТЕТА У ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖА ПРОЕКТА «ЛУНА-2015»

Пономарёв С.А., Муранова А.В., Калинин С.А., Антропова Е.Н., Рыкова М.П., Колотева М.И., Орлов О.И.

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

E-mail: cd147@bk.ru

Изучены показатели состояния клеточного иммунитета у 6 женщин в возрасте от 25 до 34 лет, участвовавших в проекте «Луна-2015». В периферической крови оценивали содержание лимфоцитов с фенотипами CD3⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD19⁺, CD3⁺CD16⁺CD56⁺, а также моноцитов и гранулоцитов, экспрессирующих на своей мембране сигнальные образ-распознающие рецепторы семейства Toll-like (TLR) – TLR2, TLR4, TLR6, имеющие поверхностную локализацию. Результаты исследований показали, что краткосрочная изоляция оказывает существенное влияние на способность иммунной системы к активации. Вращение на центрифуге короткого радиуса (ЦКР) и пребывание в условиях 9-суточной изоляции в гермообъекте приводило к разнонаправленным изменениям адаптивного и врожденного компонентов системы иммунитета. По-видимому, наблюдаемые изменения являются отражением сложного адаптационного процесса, происходящего в системе врожденного и приобретенного иммунитета в ранний период адаптации к условиям пребывания в гермообъекте, а также перегрузкам «голова – таз» (+Gz) во время вращения на ЦКР.

Ключевые слова: центрифуга короткого радиуса, изоляция, гермообъект, лимфоциты, образ-распознающие рецепторы, моноциты, гранулоциты, TLR.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 13–19.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-13-19

Во время космического полета (КП), на организм человека действует ряд неблагоприятных факторов, таких как психоэмоциональное напряжение, шумовое и радиационное воздействие, искусственная атмосфера и микроклимат, перегрузки (на этапе вывода космического корабля на орбиту и при посадке), гиподинамия и микрогравитация [1]. Накопленный опыт медицинского контроля свидетельствует о том, что пребывание в условиях КП приводит к детренированности организма, снижению его функциональных возможностей и работоспособности [2]. Разработанный специалистами ГНЦ РФ – ИМБП РАН комплекс мер профилактики неблагоприятного влияния микрогравитации позволяет обеспечить пребывание и высокий уровень

работоспособности космонавтов в условиях орбитальных полетов [3].

Однако несмотря на применяемые меры, действие факторов КП приводит к изменениям со стороны всех гомеостатических систем организма, включая и систему иммунитета [4–6], а явления детренированности развиваются со стороны многих органов и сохраняются в течение 1,5–2 мес после возвращения на Землю [2, 3]. В свете вышеизложенного наиболее перспективным средством профилактики действия микрогравитации является центрифуга короткого радиуса (ЦКР), на которой периодически можно создавать искусственную гравитацию в условиях КП. К сожалению, до настоящего времени не накоплена статистика по влиянию вращения на ЦКР на различные физиологические системы организма человека, в том числе и иммунную систему. Открытым остается вопрос в какой момент следует начинать вращения на ЦКР с целью профилактики действия микрогравитации [7]. С одной стороны, представляется целесообразным использовать ЦКР уже с первых суток пребывания в космосе, чтобы обеспечить плавную адаптацию к условиям КП и на самых ранних этапах предупреждать воздействие неблагоприятных эффектов невесомости. С другой стороны, возможно, что дополнительная нагрузка на организм человека в острый период адаптации, вызванная вращением на ЦКР, приведет к развитию негативных изменений со стороны многих физиологических систем организма, включая и систему иммунитета. Точный ответ на поставленный вопрос может дать ряд экспериментов по изучению адаптационного процесса человеческого организма к факторам КП и о роли ЦКР в данном механизме. Несомненно, изучение адаптационного процесса – сложная, комплексная задача, решить которую помогают наземные модельные эксперименты, имитирующие действие факторов КП. Одной из таких моделей является изоляция в гермообъекте с искусственной средой обитания, позволяющая выявить закономерности адаптационных процессов различных физиологических систем организма человека, включая систему иммунитета, к условиям пребывания в герметично замкнутом пространстве

ограниченного объема. Однако в проводимых ранее как в России, так и в мире изоляционных проектах не ставилась задача оценить влияние ЦКР на адаптационные перестройки, происходящие в организме человека во время пребывания в гермообъекте. Более того, внимание иммунологов было сконцентрировано на изменениях в иммунной системе на более поздних сроках изоляции [8, 9], в результате чего, несмотря на достаточно большое количество изоляционных экспериментов, до настоящего момента отсутствует информация о том, какие именно изменения происходят в иммунной системе в раннем периоде адаптации к условиям пребывания в гермообъекте. Между тем показано, что в остром адаптационном периоде (в течение первых 10 сут) происходит интенсивный обмен микрофлорой между членами экипажа [9, 10], который наряду с перечисленными выше факторами КП, может оказать существенное влияние на перестройки в системе иммунитета.

Отдельно следует подчеркнуть, что на протяжении десятилетий подготовку для КП проходили в основном мужчины. Наземные модельные эксперименты проводились, за очень редкими исключениями, при участии добровольцев-испытателей мужского пола, в связи с чем практически неосвещенным остается вопрос об особенностях адаптации к факторам КП различных физиологических систем женского организма, включая и систему иммунитета [12]. Исследования влияния вращения на ЦКР на различные системы женского организма ранее также не проводились. Проект «Луна-2015», в рамках которого осуществлялось данное исследование, положил начало новому циклу экспериментов, связанных с изучением особенностей физиологических реакций на вращение на ЦКР, подбору оптимальных режимов вращения, а также выбора подходящего срока начала проведения вращения с целью минимизации рисков, связанных с ранним периодом адаптации к условиям невесомости.

Цель данного исследования – изучение характера и степени выраженности изменений адаптивного и врожденного иммунитета женщины в условиях 9-суточной изоляции, до и после вращения на ЦКР, а также сопоставление выявленных изменений, вызываемых вращением на ЦКР до и после пребывания в гермообъекте.

Методика

Проект «Луна-2015» был проведен с участием 6 практически здоровых женщин в возрасте от 25 до 34 лет, получивших допуск врачебно-экспертной комиссии и подписавших Информированное согласие на участие в эксперименте в соответствии с Хельсинкской декларацией в рамках фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Программа эксперимента была утверждена на секции Ученого

совета и одобрена Комиссией по биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН (протокол 407 от 30.09.2015 г.).

Действующим фактором в испытаниях на ЦКР являлись перегрузки направления «голова – таз» (+Gz). До 9-суточной изоляции женщины подвергались воздействию перегрузок дважды: во время ознакомительного и контрольного вращений. После 9-суточной изоляции женщины подвергались воздействию перегрузок во время контрольного вращения 1 раз. Каждое исследование на ЦКР проводилось в течение 1 рабочего дня.

Ознакомительный режим вращений у женщин на ЦКР до изоляции предусматривал разгон ЦКР до перегрузки 2,0 ед. (на уровне стоп с учетом земной гравитации) с «площадкой» длительностью 60 с; общее время вращения составляло ≈ 9 мин. Гравитационный градиент ($\Delta G \%$) = 85 % (голова испытуемой находилась на расстоянии 30 см от оси вращения).

Контрольный режим вращений до (ЦКР1) и после (ЦКР2) изоляции: разгон ЦКР до перегрузки 1,5 ед. (на уровне стоп с учетом земной гравитации) с «площадкой» длительностью 180 с, далее разгон ЦКР до перегрузки 2,0 ед. (на уровне стоп с учетом земной гравитации) с «площадкой» длительностью 180 с; общее время вращения составляло ≈ 14 мин. Гравитационный градиент ($\Delta G \%$) = 85 % (голова испытуемой находится на расстоянии 30 см от оси вращения). Между ознакомительным и контрольным вращениями на ЦКР до изоляции был перерыв 2 сут.

Взятие проб венозной крови для иммунологических исследований проводили натощак в утренние часы в фоновом периоде за 1 мес до начала эксперимента, после 1-го вращения на ЦКР до начала изоляции, на 5-е и 9-е сутки пребывания в условиях изоляции в гермообъекте, после 2-го вращения на ЦКР, проведенного по завершении изоляции.

Определение содержания лейкоцитов, а также абсолютного и относительного количества моноцитов и гранулоцитов в периферической крови выполняли на автоматическом гематологическом анализаторе Celltac- α MEK 6318K (Япония).

Определение поверхностных рецепторных структур иммунокомпетентных клеток проводили мультипараметрическим методом иммунофлуоресцентного анализа с использованием моноклональных антител (eBioscience, США и Hycultbiotechnology, Голландия). В периферической крови оценивали процентное и абсолютное содержание моноцитов, гранулоцитов, экспрессирующих на своей мембране Toll-like-рецепторы (TLR) – TLR2, TLR4, TLR6 и лимфоцитов с фенотипом CD3⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD19⁺, CD3⁺CD16⁺CD56 методом проточной лазерной цитометрии на цитофлуориметре FACSCalibur (Becton Dickinson, США) в программе CellQuest Pro.

Таблица 1

Показатели лейкограммы членов женского экипажа во время краткосрочной изоляции в гермообъекте и вращения на ЦКР в эксперименте «Луна-2015», Ме (q25–q75)

Показатели	Время обследования				
	Фон	ЦКР 1	5-е сутки	9-е сутки	ЦКР 2
Лейкоциты, абс., $\times 10^9/\text{л}$	6,64 (6,15–6,84)	4,85 (3,22–5,69)	5,68 (4,86–6,18)	6,24 (4,91–6,20)	6,45 (6,00–7,05)
Моноциты, отн., %	4,02 (4,00–4,72)	5,94 (5,00–6,00)*	2,81 (2,7–3,84)*	6,19 (6,01–6,78)*	4,95 (4,00–5,00)
Моноциты, абс., $\times 10^9/\text{л}$	0,27 (0,26–0,28)	0,32 (0,27–0,35)	0,18 (0,16–0,22)*	0,38 (0,35–0,45)*	0,30 (0,29–0,32)
Лимфоциты, отн., %	30,08 (21,20–40,34)	26,00 (23,00–34,00)	39,98 (29,86–40,74)	27,50 (23,00–33,00)	24,00 (23,00–32,67)
Лимфоциты, абс., $\times 10^9/\text{л}$	2,03 (1,37–2,57)	1,54 (1,22–1,62)	2,04 (1,67–2,47)	1,76 (1,67–1,99)	1,65 (1,58–1,91)
Гранулоциты, отн., %	65,42 (54,89–74,56)	70,00 (59,00–72,00)	57,21 (54,18–67,55)	65 (61–70,5)	72,00 (62,38–72)
Гранулоциты, абс., $\times 10^9/\text{л}$	3,80 (3,70–4,77)	3,10 (2,63–4,29)	3,40 (2,91–3,52)	4,20 (3,31–5,08)	4,8 (3,7–5,1)

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – достоверное различие с фоном ($p < 0,05$).

Таблица 2

Показатели субпопуляционного состава лимфоцитов в периферической крови членов женского экипажа во время краткосрочной изоляции в гермообъекте и вращения на ЦКР в эксперименте «Луна-2015», Ме (q25–q75)

Показатели	Время обследования				
	Фон	ЦКР 1	5-е сутки	9-е сутки	ЦКР 2
CD3 ⁺ , отн., %	74,6 (71,1–76,6)	72,3 (71,4–75,1)	76,7 (75,4–78,5)	73,3 (71,9–75,9)	71,9 (58,5–75,5)
CD3 ⁺ , абс., $\times 10^9/\text{л}$	1,76 (1,44–2,08)	1,42 (1,39–1,70)	2,168 (1,94–2,39)*	1,98 (1,76–2,08)	1,45 (1,10–1,77)
CD3 ⁺ CD8 ⁺ , отн., %	25,7 (21,0–28,1)	20,8 (16,4–26,9)	27,4 (24,1–30,5)	23,6 (21,6–26,8)	25,7 (20,9–27,1)
CD3 ⁺ CD8 ⁺ , абс., $\times 10^9/\text{л}$	0,59 (0,48–0,78)	0,32 (0,28–0,54)	0,65 (0,63–0,82)	0,62 (0,54–0,64)	0,561 (0,43–0,65)
CD19 ⁺ , отн., %	10,9 (8,9–12,8)	9,3 (7,9–10,6)	9,5 (7,7–11,9)	11,8 (7,4–14,5)	10,2 (8,8–11,0)
CD19 ⁺ , абс., $\times 10^9/\text{л}$	0,24 (0,15–0,38)	0,23 (0,10–0,20)	0,31 (0,21–0,41)	0,31 (0,17–0,34)	0,21 (0,19–0,23)
CD3 ⁺ CD16 ⁺ CD56 ⁺ , отн., %	16,4 (14,6–18,4)	13,6 (12,3–20,6)	17,4 (16,4–18,1)	4,5 (4,2–11,6)	1,3 (1,3–1,3)*
CD3 ⁺ CD16 ⁺ CD56 ⁺ , абс., $\times 10^9/\text{л}$	0,50 (0,43–0,52)	0,23 (0,17–0,26)*	0,33 (0,27–0,45)	0,40 (0,31–0,53)	0,20 (0,17–0,23)*
CD3 ⁺ CD4 ⁺ , отн., %	45,9 (45,1–49,0)	44,5 (33,3–45,9)	54,2 (49,3–55,3)*	48,2 (43,1–53,3)	38,2 (38,1–45,5)
CD3 ⁺ CD4 ⁺ , абс., $\times 10^9/\text{л}$	1,11 (0,96–1,19)	0,80 (0,54–0,98)	1,40 (1,34–1,47)*	1,24 (1,09–1,37)	0,89 (0,71–0,10)

Результаты исследований были обработаны с использованием пакета прикладных программ Statistica v.6.0 for Microsoft Windows. Данные исследования представлены в виде медианы (Ме) и интерквартильной широты (q25–q75). Достоверность полученных результатов оценивалась при помощи критерия Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

В ходе исследования в рамках проекта «Луна-2015» был выявлен ряд изменений, происходящих в системе врожденного и адаптивного компонентов иммунной системы женского организма. Эти изменения затрагивали субпопуляционный состав, отражающий процентное (относительное) содержание клеток с определенным фенотипом в заданном клеточном пуле, и общее (абсолютное) количество клеток, экспрессирующих на своей поверхности тот или иной рецептор (табл. 1, 2, рис. 1, 2).

Как видно из табл. 1, 2 и рис. 1, 2, количество достоверно меняющихся показателей врожденного иммунитета выше, чем адаптивного, что свидетельствует о большей вовлеченности врожденного иммунитета в процесс адаптации к условиям обитания в гермообъекте и вращению на ЦКР. Интересной особенностью является то, что вращение на ЦКР до и после изоляции вызывает разную реакцию компонентов врожденного и приобретенного иммунитета. Так, изменения в адаптивном звене иммунной системы после вращения на ЦКР до и после изоляции имеют схожую направленность (см. табл. 2).

Динамика изменений в системе естественной резистентности после вращения на ЦКР до и после изоляции гетерогенна.

Говоря об изменениях, затрагивающих адаптивное звено иммунной системы человека, в первую очередь следует обратить внимание на достоверное увеличение абсолютного содержания Т-лимфоцитов (CD3⁺) на 5-е сутки пребывания в гермообъекте по сравнению с фоновыми значениями, в то время как

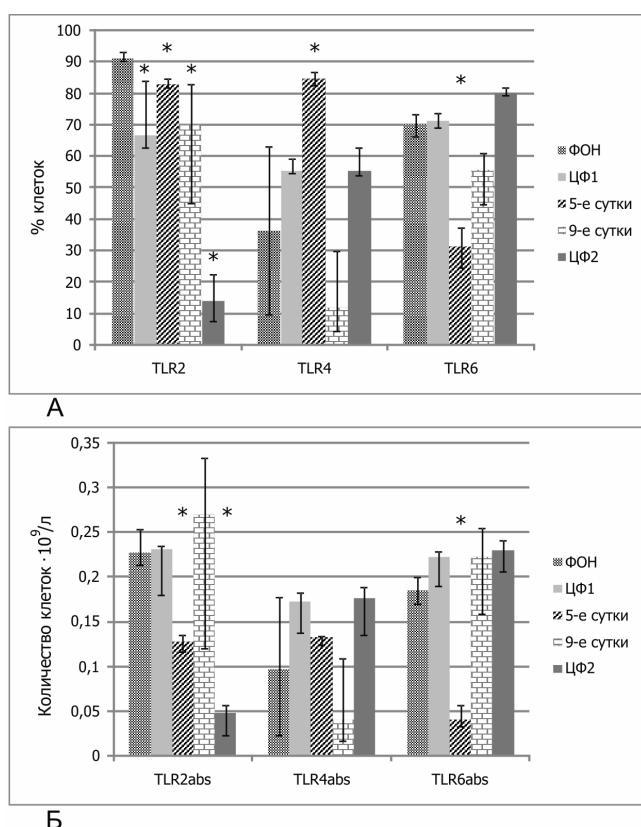


Рис. 1. Динамика изменений относительного (А) и абсолютного (Б) числа моноцитов, экспрессирующих на своей мембране TLR2, TLR4 и TLR6 в периферической крови членов женского экипажа во время краткосрочной изоляции в гермообъекте и вращения на ЦКР в эксперименте «Луна-2015».

Здесь и на рис. 2: данные представлены в виде Ме (q25–q75); * – достоверное различие с фоном ($p < 0,05$)

их процентное соотношение в популяции достоверно не изменяется (см. табл. 2). Увеличение содержания Т-лимфоцитов происходит за счет повышения абсолютного содержания Т-хелперов ($CD3^+CD4^+$).

Одновременно с увеличением абсолютного числа Т-лимфоцитов ($CD3^+CD4^+$) наблюдается повышение их относительного содержания также на 5-е сутки изоляции, что может отражать особенность физиологических процессов, проходящих в системе адаптивного иммунитета в раннем периоде адаптации к пребыванию в гермообъекте. Надо сказать, что повышение уровня $CD3^+CD4^+$ -лимфоцитов наблюдается после длительных КП на Международной космической станции (МКС) [4, 5]. Можно предположить, что такое повышение происходит вследствие неспецифической реакции адаптивного иммунитета на стрессорное воздействие различного генеза. Абсолютное и относительное содержание В-лимфоцитов ($CD19^+$), равно как и цитотоксических Т-лимфоцитов ($CD3^+CD8^+$), на протяжении

всего эксперимента достоверно не изменялось (см. табл. 2). Такая же картина наблюдалась и при длительной изоляции в гермообъекте в эксперименте «Марс-500» [13].

Относительное содержание в периферической крови естественных киллеров (НК-лимфоцитов) с фенотипом $CD3^+CD16^+CD56^+$ после вращения на ЦКР по завершении изоляции достоверно снижалось по сравнению с фоновыми значениями. Абсолютное количество НК-клеток также достоверно снижалось после вращения на ЦКР как до, так и после изоляции. Уменьшение количества НК-клеток после вращения на ЦКР может быть обусловлено стресс-реакцией организма на действие перегрузок. Уменьшение содержания НК-клеток по сравнению с фоновыми значениями наблюдалось и во время коротких КП на 1-е сутки периода реадaptации к земным условиям [14], а также во время 90-суточной антиортостатической гипокинезии на 45-е, 83-и сутки и на 1-е сутки после завершения эксперимента [15].

Как было указано ранее, наибольшие изменения происходят в системе врожденного иммунитета. Показано, что после первого вращения на ЦКР происходит достоверное увеличение относительного, а также наблюдается тенденция к увеличению абсолютного числа моноцитов в периферической крови добровольцев-испытателей (см. табл. 1). На 5-е сутки происходит достоверное снижение как абсолютного, так и относительного числа моноцитов с их последующим достоверным увеличением к 9-м суткам изоляции. Постизоляционное вращение на ЦКР приводит к уменьшению абсолютного и относительного содержания моноцитов по сравнению с 9-ми сутками и возврату к фоновому уровню (см. табл. 1).

Изменение абсолютного и относительного содержания числа моноцитов, экспрессирующих на своей поверхности подкласс сигнальных образ-распознающих рецепторов (PRR) – Toll-like-рецепторы (TLR) 2, 4 и 6 типов, носит разнонаправленный характер, при этом наблюдаемая динамика изменений имеет одинаковую направленность для всех участников проекта (см. рис. 1). Так, происходит достоверное снижение относительного числа моноцитов, экспрессирующих на своей поверхности TLR2⁺ после проведения 1-го вращения на ЦКР. Изменения абсолютного числа TLR2⁺-моноцитов были недостоверными. Во время изоляции относительное и абсолютное количество TLR2⁺-клеток снижается по сравнению с фоновыми значениями. После 1-го вращения на ЦКР практически отсутствовали изменения в содержании в периферической крови моноцитов, экспрессирующих на своей мембране TLR, тогда как после 2-го вращения количество TLR2⁺-клеток резко снижается. Абсолютное и относительное содержание количества TLR4⁺-моноцитов достоверно

не изменяется, за исключением 5-х суток изоляции, во время которых происходит достоверное увеличение по сравнению с фоном относительного числа TLR4⁺-клеток. Помимо этого, на 9-е сутки изоляции наблюдается снижение как абсолютного, так и относительного содержания TLR4⁺-моноцитов. Говоря о динамике изменений TLR6⁺-моноцитов, можно отметить, что на 5-е сутки происходит достоверное снижение абсолютного и относительного содержания моноцитов с фенотипом TLR6⁺, с последующим резким увеличением после 2-го вращения на ЦКР (см. рис. 1).

Иная динамика наблюдается при изучении гранулоцитов. Общее количество (в абсолютных и относительных значениях) гранулоцитарных клеток достоверно не изменяется на протяжении всего экспериментального периода (см. табл. 1), однако число гранулоцитов, экспрессирующих на своей поверхности TLR2, TLR4, а также TLR6 подвергается серьезным изменениям (см. рис. 2)

Во-первых, обращает на себя внимание тот факт, что как абсолютное, так и относительное количество гранулоцитов, экспрессирующих на своей мембране TLR2, TLR4 и TLR6, после 1-го вращения на ЦКР резко возрастает по сравнению с фоновыми значениями, однако изменение количества TLR2⁺-гранулоцитов после вращения не является достоверным (см. рис. 2).

Во-вторых, на 5-е сутки изоляции происходит достоверное снижение TLR2⁺-гранулоцитов по абсолютным и относительным значениям. TLR4⁺- и TLR6⁺-гранулоциты также демонстрировали выраженную тенденцию к уменьшению их абсолютного и относительного количества. На 9-е сутки пребывания в гермообъекте наблюдается достоверно сниженное по абсолютным показателям содержание TLR4⁺-гранулоцитов и тенденция к уменьшению относительного числа TLR4⁺-гранулоцитов по сравнению с фоновыми значениями. Абсолютное и относительное содержание TLR6⁺-гранулоцитов на 9-е сутки, в отличие от TLR2⁺- и TLR4⁺-гранулоцитов, было повышено по сравнению с фоном (см. рис. 2).

В-третьих, вращение на ЦКР после изоляции не оказывало существенного влияния на динамику изменения содержания как абсолютного, так и относительного количества гранулоцитов, экспрессирующих TLR2. Значения этих показателей были также достоверно снижены по сравнению с фоном. Абсолютное и относительное количество TLR4⁺-гранулоцитов после вращения на ЦКР по завершении изоляции достоверно не изменялось по сравнению с фоном. Вращение на ЦКР после изоляции привело к дальнейшему росту абсолютного количества TLR6⁺-гранулоцитов. Количество клеток было достоверно выше фоновых значений. Относительное количество гранулоцитов, экспрессирующих TLR6, достоверно не изменялось (см. рис. 2.).

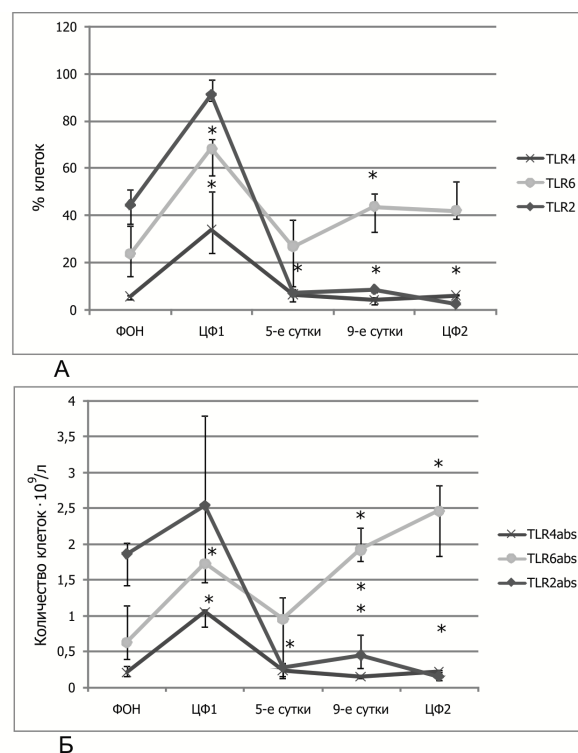


Рис. 2. Динамика изменений относительного (А) абсолютного (Б) числа гранулоцитов, экспрессирующих на своей мембране TLR2, TLR4 и TLR6 в периферической крови членов женского экипажа во время краткосрочной изоляции в гермообъекте и вращения на ЦКР в эксперименте «Луна-2015»

Примечательно, что разные клетки системы естественной резистентности демонстрируют гетерогенный полиморфизм реакций на воздействия, связанные с изоляцией и вращением на ЦКР (см. рис. 1, 2). Различные реакции со стороны моноцитарных и гранулоцитарных клеток периферической крови, экспрессирующих на своей мембране TLR, описаны рядом авторов [16–18], однако в настоящее время невозможно объяснить природу этого явления. Можно предположить, что подобные различия связаны с функциональной особенностью моноцитов и гранулоцитов, а также их различной чувствительностью к действию активационных факторов. Основной задачей нейтрофильных гранулоцитов является немедленная элиминация антигенов, преимущественно бактериальной и грибковой природы путем фагоцитоза, в то время как моноциты, помимо фагоцитарной активности, участвуют в запуске каскада реакций адаптивного звена иммунной системы путем синтеза провоспалительных цитокинов и трансформации в антиген-презентирующие клетки. Помимо этого, моноциты осуществляют защиту организма от вирусных и паразитарных инфекций, а также играют важную роль в процессах противоопухолевого иммунитета [16].

Во время изоляции наблюдалось снижение TLR2⁺-моноцитов и TLR2⁺-гранулоцитов по относительным и абсолютным значениям. Это может быть связано с отсутствием в данных условиях пребывания в гермообъекте достаточного для активации количества TLR2-микроорганизмов, имеющих в своем составе такие лиганды TLR, как липопроtein, пептидогликан, гликолипиды и некоторые другие [17].

Достоверное повышение на 5-е сутки изоляции относительного содержания TLR4⁺-моноцитов при отсутствии статистически значимых изменений их абсолютного количества может указывать на сдвиги в субпопуляционном составе моноцитов за счет достоверного снижения как абсолютного, так и относительного содержания моноцитов, экспрессирующих на своей поверхности TLR6. Снижение содержания абсолютного и относительного числа TLR4⁺-гранулоцитов во время пребывания в гермообъекте наблюдалось на 9-е сутки. Подобная динамика может также свидетельствовать о снижении количества микроорганизмов, имеющих в своем составе липополисахарид, являющийся основным экзогенным лигандом TLR4 [19, 20].

Разница изменения динамики содержания моноцитов и гранулоцитов с фенотипом TLR6⁺ снова наглядно демонстрирует гетерогенность реакций моноцитов и гранулоцитов на действие изоляционных факторов.

По завершении изоляции после вращения на ЦКР не отмечается повышение как абсолютного, так и относительного содержания гранулоцитов с фенотипом TLR2⁺ и TLR4⁺, а также моноцитов с фенотипом TLR2⁺. Полученные данные свидетельствуют о том, что реакция иммунной системы на действие перегрузок до и после краткосрочной изоляции различна.

Описанные выше изменения являются отражением сложного адаптационного процесса, происходящего в системе врожденного и приобретенного иммунитета в ранний период адаптации к условиям пребывания в гермообъекте, а также вращению на ЦКР.

Выводы

1. В ранней фазе адаптации системы иммунитета к условиям краткосрочной изоляции в гермообъекте, а также при вращении на ЦКР наибольшие изменения наблюдаются в системе сигнальных об-раз-распознающих рецепторов.

2. Вращение на ЦКР в заданном режиме не оказывает существенного негативного влияния на иммунную систему женского организма как до, так и после краткосрочной изоляции в гермообъекте.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента РФ «Ведущие научные школы "Молекулярно-клеточные механизмы реализации эффектов микрогравитации"», НШ-7479.2016.4.

Список литературы

1. Газенко О.Г., Григорьев А.И., Егоров А.Д. Реакции организма человека на условия космического полета // Физиологические проблемы космических полетов / О.Г. Газенко, И.И. Касьян, ред. М., 1990. С. 155–160.
Gazenko O.G., Grigoriev A.I., Egorov A.D. Human organism reaction on the space flight conditions // Physiological problems of the space flights/ O.G. Gazenko, I.I. Kasyan, eds. Moscow, 1990. P. 155–160.
2. Григорьев А.И., Бугров С.А., Богомолов В.В. и др. Обзор основных медицинских результатов годового полета на станции «Мир» // Косм. биол. и авиакосм. мед. 1990. Т. 24. № 5. С. 3–10.
Grigoriev A.I., Bugrov S.A., Bogomolov V.V. et al. Review of main medical results of a one-year manned space mission on «Mir» // Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina. 1990. V. 24. № 5. P. 3–10.
3. Kozlovskaya I.B., Grigoriev A.I. Russian system of countermeasures on board of the International Space Station (ISS): The first results // Acta Astronaut. 2004. V. 55. Is. 3–9. P. 233–237.
4. Crucian B.E., Stowe R.P., Pierson D.L. et al. Immune system dysregulation following short- vs long-duration spaceflight // Aviat. Space Environ. Med. 2008. V. 79. № 9. P. 835–843.
5. Morukov B., Rykova M., Ponomarev S. T-cell immunity and cytokine production in cosmonauts after long-duration space flights // Acta Astronaut. 2011. V. 68. P. 739–746.
6. Simons R.E., Kaur I., Pierson D.L. et al. Effect of spaceflight on ability of monocytes to respond to endotoxins of gram-negative bacteria // Clin. and Vaccine Immunol. Oct. 2008. P. 1523–1528.
7. Vil-Viliams I.F. Principle approaches to selection of the short-arm centrifuge regimens for extended space flight // Acta Astronaut. 1994. V. 33. Is. C. P. 221–229.
8. Морук Б.В., Рыкова М.П., Антропова Е.Н. и др. Иммунологические аспекты пилотируемого марсианского полета // Физиология человека 2013. Т. 39. № 2. С. 19–30.
Morukov B.V., Rykova M.P., Antropova E.N. et al. Immunological aspects of a piloted mission to Mars // Fiziologiya cheloveka. 2013. V. 39. № 2. P. 19–30.
9. Морук Б.В., Рыкова М.П., Антропова Е.Н. и др. Состояние системы иммунитета человека в условиях 105-суточной изоляции в гермообъекте с искусственной средой обитания // Авиакосм. и экол. мед. 2010. Т. 44. № 4. С. 39–46.
Morukov B.V., Rykova M.P., Antropova E.N. et al. The human system of immunity in the conditions of 105-day isolation and confinement in artificial environment // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2010. V. 44. № 4. P. 39–46.
10. Ильин В.К., Батов А.Б., Новикова Н.Д. и др. Микрофлора человека в условиях применения аутопробиотиков на основе *Enterococcus faecium* при 105-суточной изоляции // Там же. С. 52–57.

Ilyin V.K., Batov A.B., Novikova N.D. et al. Human microflora and prophylaxis by Enterococcus faecium autoprobiotics during 105-day isolation // Ibid. P. 52–57.

11. Ильин В.К., Воложин А.И., Виха Г.В. Колонизационная резистентность организма в измененных условиях обитания. М., 2004.

Ilyin V.K., Volzhin A.I., Vikha G.V. Organism colonization resistance in the altered living conditions. Moscow, 2004.

12. Kennedy A.R., Crucian B.E., Huff J.L. Effects of sex and gender on adaptation to space: Immune System // J. of Women's Health. 2014. V. 23. № 11. P. 956–958.

13. Yi B., Rykova M., Jäger G. et al. Influences of large sets of environmental exposures on immune responses in healthy adult men // Sci. Rep. 2015. V. 26. № 5. P. 1–7.

14. Crucian B., Stowe R., Mehta S. Immune system dysregulation occurs during short duration spaceflight on board the space shuttle // J. Clin. Immunol. 2013. V. 33. № 2. P. 456–465.

15. Crucian B.E., Stowe R.P., Mehta S.K. Immune status, latent viral reactivation, and stress during long-duration head-down bed rest // Aviat. Space Environ. Med. 2009. V. 80. Is. 5. Part 2. P. A37–A44.

16. Krejsek J., Kunes P., Kolackova M. et al. Expression of Toll-like receptors 2 and 4 on innate immunity cells modulated by cardiac surgical operation // Scand. J. Clin. Lab. Invest. 2008. V. 68. № 8. P. 749–758.

17. Oliveira-Nascimento L., Massari P., Wetzler L.M. The role of TLR2 in infection and immunity // Front Immunol. 2012. V. 3. Is. APR. Article number 79.

18. Trzpis K., Kasprzycka E., Skotnicka B. Expression of Toll-like receptors on peripheral blood white cells in acute otitis media // Otolaryngol. Pol. 2014. V. 68. № 2. P. 77–82.

19. Rhee S.H., Hwang D. Murine Toll-like receptor 4 confers lipopolysaccharide responsiveness as determined by activation of NF kappa B and expression of the inducible cyclooxygenase // J. Biol. Chem. 2000. V. 275. P. 34035–34040.

20. Лебедев К.А., Понякина И.Д. Иммунология образ-раз-распознающих рецепторов (интегральная иммунология). М., 2009.

Lebedev K.A., Ponyakina I.D. Immunology of pattern-recognition receptors (integral immunology). Moscow, 2009.

Поступила 08.11.2016

CELL IMMUNITY INDICES IN CREW MEMBERS OF THE «MOON-2015» PROJECT

Ponomarev S.A., Muranova A.V., Kalinin S.A., Antropova E.N., Rykova M.P., Koloteva M.I., Orlov O.I.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 13–19

Cell immunity was studied in 6 female participants in the "Moon-2015" project at the age of 25 to 34 years. Peripheral blood was analyzed for lymphocyte subtypes CD3⁺, CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺, CD19⁺, CD3⁺CD16⁺CD56⁺, and monocytes and granulocytes that express signal recognition receptors of the Toll-like (TLR) family (TLR2, TLR4, TLR6) localized on the cell surface. Results of the investigation showed a distinct effect of short-term isolation on the immune system's ability to mobilize. Rotation on a short-arm centrifuge (SAC) together with 9-day isolation in a chamber caused diverse responses of the adaptive and innate immune systems. Apparently, they manifest a complex adaptation process in the innate and acquired immunity on the early stage of adaptation to isolation and also during exposure to +Gz accelerations (head-to-pelvis) on SAC.

Key words: short-arm centrifuge, isolation, chamber, lymphocytes, recognition receptors, monocytes, granulocytes.

УДК 001.891.53:65.012.1+53.043

МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ПУЧКЕ ПРОТОНОВ ФАЗОТРОНА НЕЙТРОННЫХ ПОЛЕЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ВНУТРИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Иванов А.А.^{1, 2, 3}, Мицын Г.В.², Тимошенко Г.Н.^{2, 4}, Булынина Т.М.^{1, 3},
Крылов А.Р.², Красавин Е.А.^{2, 4}

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна

³Государственный научный центр Российской Федерации «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва

⁴Государственный университет «Дубна»

E-mail: a1931192@mail.ru

Предложена модель нейтронного компонента поля излучения внутри космического аппарата в процессе мощного солнечного протонного события. Данное поле с незначительным вкладом в эффективную дозу протонного и фотонного компонентов формируется в пучке протонов с энергией 660 МэВ фазотрона Объединенного института ядерных исследований. Модель поля рекомендована для проведения опытов с биологическими объектами по хроническому фракционному облучению в нейтронных полях в интересах обеспечения радиационной безопасности космонавтов.

Ключевые слова: протоны, нейтроны, фазотрон, фракционное облучение, фотонное излучение, вторичное излучение.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 20–25.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-20-25

Важнейшей проблемой космической радиобиологии с момента ее становления являлось экспериментальное моделирование в земных условиях облучения живых объектов космическим излучением (КИ), поскольку использование шаров-зондов, спутников Земли и орбитальных станций не решает данной проблемы в силу высокой стоимости и ограниченности таких исследований [1]. По этой причине ускорители заряженных частиц стали основным инструментом экспериментальной радиобиологии [2]. Так, в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) первые радиобиологические эксперименты начали проводиться на пучке протонов с энергией 660 МэВ синхротрона лаборатории ядерных проблем еще с 1959 г. [1]. Целью этих работ являлось установление величины относительной биологической эффективности (ОБЭ) протонов высокой энергии, т.е. перед первыми полетами человека в космос необходимо было установить биологическую эффективность высокоэнергетичных протонов КИ в сравнении с рентгеновским или

γ-излучением. Эта задача была успешно решена, и на основе полученных данных были выполнены оценки радиационного риска космонавтов и разработаны нормативы радиационной безопасности для околоземных полетов [3]. В настоящее время амбициозные проекты освоения Луны и полетов на Марс, в которых космонавты будут в течение длительного времени находиться вне магнитосферы Земли, ставят перед радиобиологами новые задачи по оценке риска воздействия КИ разного вида на экипажи кораблей в глубоком космосе – задачи, подход к решению которых невозможен без создания адекватных наземных моделей космического облучения биологических объектов. Эта проблема находится в центре внимания специалистов всего мира [4] по космической радиобиологии.

Факторы радиационной опасности

при околоземных полетах и в дальнем космосе

При сравнительно краткосрочных полетах на высотах орбитальных станций радиационная опасность обусловлена в основном протонами, составляющими излучение радиационного пояса Земли или генерируемыми в результате хромосферных вспышек на Солнце. Наибольший вклад в дозу вносят протоны с энергиями в диапазоне 100–700 МэВ, способные проникать через тонкие стенки космических аппаратов (КА). В поле излучения внутри станций присутствуют и вторичные нейтроны, как альбедные из земной атмосферы, так и рождающиеся в стенках станции и внутренних материалах от протонов высокой энергии. В целом при спокойном Солнце вклад в суммарную эффективную дозу, получаемую экипажем Международной космической станции (МКС) от нейтронов высокой энергии, может составлять около 30 % [5], причем подавляющая часть этого вклада обусловлена нейтронами с энергией выше 15 МэВ. В эффективную дозу от тяжелых заряженных частиц дают заметный вклад

и высокоэнергетичные ядра галактического космического излучения (ГКИ), частично проходящие через магнитосферу Земли.

При полетах вне магнитосферы Земли дозовая нагрузка космонавтов определяется галактическими космическими лучами (ГКЛ) и мощными вспышками на Солнце – солнечными протонными событиями (СПС). Утверждается, что при полете на Марс именно галактическое космическое излучение (ГКИ) будет представлять наибольшую радиационную опасность в силу хронического облучения, большой проникающей способности и крайне высокой ОБЭ. ГКИ практически изотропно и энергии его частиц простираются до $\sim 10^{15}$ МэВ. Биологическая эффективность ГКИ обусловлена тем, что в его составе содержатся (хоть и в малых количествах) высокоэнергетичные тяжелые ядра. ГКИ также будет создавать внутри КА поле вторичных нейтронов широкого спектра энергий.

Солнечные протонные события возникают спорадически и необязательно в годы, близкие к максимуму активности Солнца. Протоны мощных солнечных вспышек с высокой энергией являются реальной угрозой длительных дальних миссий, однако вероятность возникновения такого события оценивается для разных сценариев полета к Марсу в несколько процентов. Для снижения радиационного риска от такого рода протонных событий (длящихся, как правило, от нескольких часов до суток) предполагается создание внутри КА убежища (локальной пассивной защиты), в котором космонавты смогут переждать вспышку. Однако поскольку протоны СПС создадут внутри убежища мощное нейтронное поле, эффективность убежища будет сильно зависеть от спектрального состава СПС. Известно, что спектр протонов в ряде зарегистрированных СПС простирался до энергий в несколько ГэВ.

В задачи космической радиобиологии входит изучение биологических эффектов действия излучений разного качества: тяжелых заряженных частиц большого диапазона энергий, в том числе и тяжелых ядер, вплоть до железа, а также нейтронов широчайшего спектра, от тепловой энергии до сотен МэВ, как основных компонентов облучения экипажа внутри корабля [6]. На современных ускорителях выполнен большой объем радиобиологических исследований с протонами различной энергии; в последние годы интенсивно развивается радиобиология тяжелых ионов. Конечно, эти исследования имитируют острое облучение и выполняются на моноэнергетических пучках частиц, так как моделирование на ускорителе хронического облучения биологических объектов полем частиц, имеющим сходные спектрально-угловое распределение и компонентный состав с полем излучения внутри корабля в дальнем космосе, является весьма трудной задачей. Однако с моделированием облучения

космонавтов нейтронным компонентом дело обстоит еще хуже из-за отсутствия источников нейтронов широкого спектра энергий с малой примесью других видов излучения. Радиоизотопные источники нейтронов, реакторы и генераторы нейтронов на основе d-t-реакции производят нейтроны недостаточной энергии. Для получения квазимоноэнергетических нейтронов с энергиями в сотни МэВ на ускорителях используются реакции (p, n) и (d, n) на легких ядрах, или реакции типа spallation для получения преимущественно нейтронного излучения широкого энергетического спектра. В России на протонном синхротроне ПИЯФ работает времяпролетный спектрометр «ГНЕИС», представляющий собой импульсный источник нейтронов в диапазоне энергий от $\sim 10^{-2}$ эВ до ~ 100 МэВ.

Облучение лабораторных животных в поле нейтронов высокой энергии на фазотроне лаборатории ядерных проблем ОИЯИ

В данной работе рассматривается возможность использования пучка фазотрона лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для формирования поля излучения, состоящего преимущественно из нейтронов высокой энергии. Безусловно, имитировать на фазотроне с максимальной энергией протонов 660 МэВ нейтронное поле со спектром, схожим с тем, что будет формироваться внутри КА за счет взаимодействия с ним ГКИ в глубоком космосе, невозможно. Но можно создать нейтронное поле, близкое по спектральному составу нейтронным полям внутри КА при воздействии на него протонов СПС. Такое поле формируется в главном зале фазотрона вблизи углеродного замедлителя медицинского терапевтического пучка протонов [7, 8]. Следует отметить, что радиобиологические эксперименты в этом поле могут осуществляться параллельно с облучениями пациентов и не требуют дополнительных материальных затрат.

В настоящее время основным потребителем времени работы фазотрона является медико-технический комплекс протонной терапии лаборатории ядерных проблем, поэтому существует также возможность организации в этом поле длительного фракционного (квазихронического) облучения лабораторных животных. Это является весьма важной особенностью поля, поскольку в радиобиологических экспериментах на ускорителях типично имитируются острые (разовые и кратковременные) облучения объектов. Редким случаем решения задачи по хроническому облучению с определенным успехом являлся эксперимент на Серпуховском ускорителе протонов 70 ГэВ [9]. В длительном эксперименте мышей облучали за боковой бетонной защитой ускорителя при мощности дозы порядка 0,5 сГр/сут. Основным компонентом излучения утечки из защиты были нейтроны широкого спектра энергии.

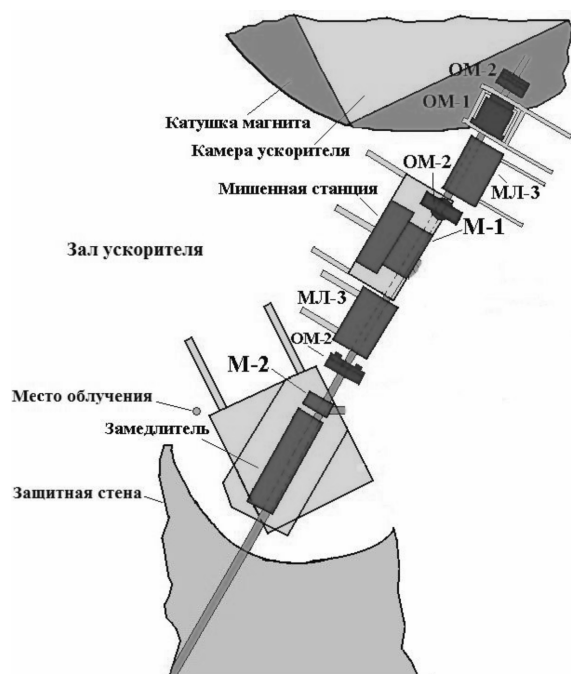


Рис. 1. Размещение оборудования канала вывода пучка протонов на медико-технический комплекс и место облучения лабораторных животных

Было проведено пробное облучение клетки лабораторных животных с размещенными на ней дозиметрами в поле вторичного нейтронного излучения (на фазотроне лаборатории ядерных проблем). Общий план размещения в главном зале фазотрона оборудования канала вывода пучка протонов на медико-технический комплекс показан на рис. 1.

При работе фазотрона на медико-технический комплекс пучок протонов с энергией 660 МэВ проходит через систему магнитных линз, мишенную

станцию (открытую) и попадает в углеродный замедлитель, предназначенный для снижения энергии протонов до 170 МэВ. Графитовый замедлитель плотностью 1,7 г/см³ и толщиной по пучку 104 см является мощным источником вторичного излучения, поэтому он помещен внутрь массивного железного поглотителя. Клетки с облучаемыми лабораторными животными размещались на полу вблизи конца углеродного замедлителя. Компонентный и спектральный составы поля излучения в месте размещения клетки формировались, в основном в результате взаимодействия протонов с углеродным замедлителем, Прямое излучение из камеры ускорителя, обусловленное потерями пучка на последних орбитах и в системе вывода пучка из ускорителя, в место облучения не попадало, но при облучении клетки имелся незначительный вклад от многократно рассеянного в зале нейтронного излучения из ускорителя, а также γ -квантов от наведенной в материалах активности.

Помещение главного зала фазотрона во время его работы является запретной зоной, что затрудняет непосредственное измерение характеристик поля облучения вблизи замедлителя. Поэтому с целью оценки спектрального, компонентного и дозного составов поля были выполнены расчеты с помощью универсальной программы транспорта излучений в веществе методом Монте-Карло GEANT 4 [10].

Конструкция углеродного замедлителя и геометрия облучения животных показаны на рис. 2. Пучок протонов диаметром ~ 2 см тормозится в графитовом цилиндре и затем формируется стальным коллиматором. Замедлитель окружен массивом из чугунных кирпичей внешним размером $159 \times 146 \times 228$ см. Были выполнены расчеты спектров нейтронов, протонов и γ -квантов, усредненных по объему клетки $27 \times 21 \times 14$ см³ и определены значения поглощенных и эффективных доз каждого компонента, нормированные на ток пучка протонов фазотрона 1 мкА.

На рис. 3 представлен энергетический флюенс нейтронов из замедлителя в объеме клетки. Для сравнения на этом же рисунке приведен спектр нейтронов от типичного СПС внутри КА с толщиной стенки из Al 10 г/см² (в отн. ед.) [11]. Безусловно, СПС в значительной степени переменны как по мощности излучения, так и по энергии протонов. Однако СПС с очень «жесткими спектрами», простирающимися в область до 10 ГэВ, редки; обычно энергия солнечных протонов не превышает нескольких сотен МэВ.

Различие спектров на рис 3. в области нейтронов с энергией менее 0,1 МэВ, также является относительным, так как «мягкая» часть нейтронного спектра

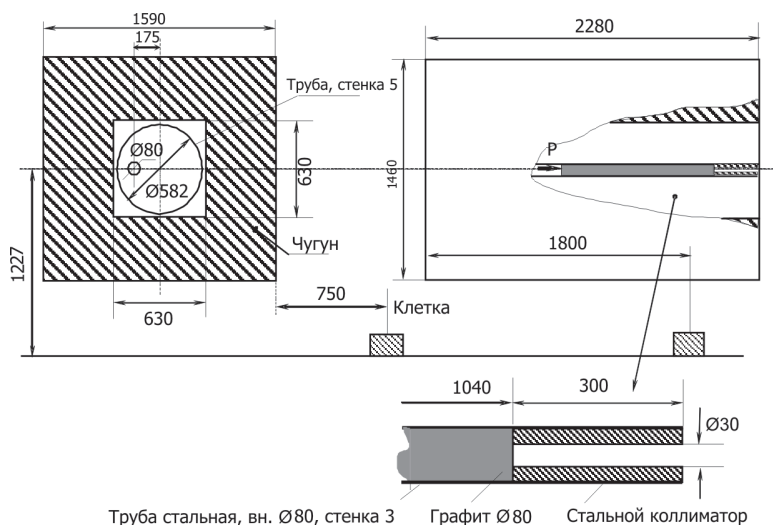


Рис. 2. Конструкция углеродного поглотителя и геометрия облучения животных

Таблица 1

Характеристики поля в месте облучения лабораторных животных вблизи углеродного замедлителя			
Частицы	Мощность флюенса, см ⁻² с ⁻¹	Мощность поглощенной дозы, мГр/ч	Мощность эффективной дозы, мЗв/ч
Нейтроны	1,174·10 ⁷ ± 0,4 %	579,9 ± 2,0 %	4134 ± 2,0 %
Протоны	7,008·10 ³ ± 8,6 %	45,8 ± 16,2 %	118,0 ± 16,2 %
γ-кванты	1,228·10 ⁶ ± 0,8 %	24,1 ± 1,8 %	25,4 ± 1,8 %

Таблица 2

Сравнение показаний радиохромных пленок и расчетных значений поглощенных доз за время облучения животных			
Фракция, №	Время облучения, мин	Результаты пленочной дозиметрии, Гр	Результаты расчетов по программе, Гр
1	20	0,43	0,22
2	40	0,89	0,43
3	60	1,36	0,65

внутри КА будет определяться во многом материалами внутренней начинки КА, спектром СПС и стенкой корабля. Поэтому с хорошей степенью достоверности можно полагать, что спектр нейтронов вблизи углеродного замедлителя имитирует спектр внутри КА от среднестатистического СПС (по крайней мере, в значимом диапазоне энергий от 1 до 500 МэВ).

Значения флюенсов, поглощенных и эффективных доз различных компонентов поля вблизи углеродного замедлителя (усредненных по объему клетки и нормированных на ток выведенного пучка протонов фазотрона 1 мкА), приведены в табл. 1. Видно, что нейтроны широкого спектра энергий (от тепловых до сотен МэВ) являются основным компонентом поля; протонный компонент пренебрежимо мал – 0,06 % по флюенсу, что обусловлено наличием мощной чугунной защиты вокруг углеродного замедлителя. Тем не менее протоны дают вклад в суммарную поглощенную дозу нуклонов 7,3 % при среднем по спектру коэффициенте качества 2,6. Для протонов средний по спектру коэффициент перехода от флюенса к эффективной дозе составил 4,7·10⁻⁹ Зв·см², что соответствует средней энергии протонов примерно 50 МэВ. Средний по спектру коэффициент перехода от флюенса нейтронов к эффективной дозе составил 9,8·10⁻¹¹ Зв·см², что соответствует средней энергии нейтронов 0,2–0,25 МэВ. Вклад γ-квантов в суммарную мощность поглощенной дозы (0,65 Гр/ч) составляет 3,7 %, а в мощность эффективной дозы – 0,6 %. Суммарная мощность эффективной дозы по всем компонентам составляет 4,28 Зв/ч.

При облучении клетки в нейтронном поле вблизи углеродного замедлителя осуществлялся

дозиметрический контроль облучения с помощью радиохромной пленки типа ЕВТ-2, предварительно откалиброванной на терапевтическом протонном пучке со средней энергией 170 МэВ, с точностью 5 %. К оценке поглощенной дозы нейтронов широкого спектра энергии с помощью данной пленки надо относиться с осторожностью, поскольку требуются специальные исследования по применимости пленок в нейтронной дозиметрии. Тем не менее в табл. 2 приведены результаты контроля облучения клетки несколькими фракциями с суммарным временем облучения 20, 40 и 60 мин с помощью

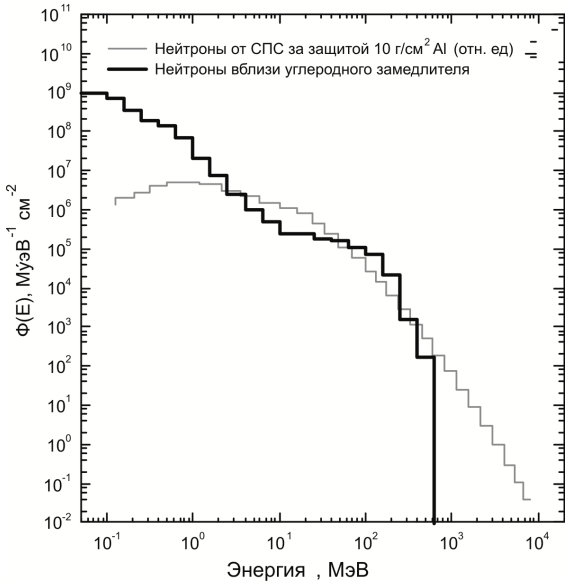


Рис. 3. Сравнение спектра нейтронов вблизи углеродного замедлителя со спектром нейтронов от СПС внутри КА с толщиной стенки из Al 10 г/см²

радиоохромных пленок в сравнении с расчетными величинами.

По показаниям радиоохромных пленок поглощенная доза примерно в 2 раза выше расчетных значений. Помимо неизвестной погрешности использования радиоохромных пленок в поле нейтронов, данный результат обусловлен еще и дополнительным вкладом в дозу рассеянного в зале ускорителя излучения при работе фазотрона и вкладом в показания пленок γ -квантов от наведенной активности в перерывах между облучениями.

Радиобиологические эксперименты в данном нейтронном поле позволят более точно прогнозировать радиационные риски космических полетов вне магнитосферы Земли. С использованием данного поля мы сможем патогенетически обоснованно подобрать и испытать противолучевые средства, пригодные как в случае острого облучения, так и для профилактики ближайших и отдаленных последствий облучения в малых дозах и с низкой мощностью дозы.

На данной модели поля могут быть в определенной мере также решены вопросы физической защиты космонавтов, поскольку известны факты увеличения дозы излучения и радиобиологических эффектов [12, 13] корпускулярного излучения после прохождения через элементы физической защиты КА.

Безусловно, нельзя не учитывать то обстоятельство, что, используя вторичное излучение фазотрона одновременно с облучением пациентов, проходящих курс протонной терапии, мы существенно экономим материальные затраты и получаем возможность хронического фракционного облучения с воспроизводимыми характеристиками.

Особое внимание необходимо будет уделить вопросам радиационной безопасности при работе в зале фазотрона, поскольку работы будут осуществляться в условиях наведенной радиоактивности.

Выводы

1. Разработана модель нейтронного поля, позволяющая проводить облучение биологических объектов в условиях, близких к уровню радиационной ситуации в кабине КА. Данная модель позволяет производить хроническое фракционное облучение в широком спектре мощностей доз.

2. Использование вторичного излучения фазотрона параллельно с облучением пациентов, проходящих курс протонной терапии, дает существенную экономическую выгоду.

Работа частично поддержана программой фундаментальных исследований ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Список литературы

1. Григорьев Ю.Г., Ушаков И.Б., Красавин Е.А. и др. Космическая радиобиология за 55 лет (к 50-летию ГНЦ РФ – ИМБП РАН). М., 2013.
2. Grigoriev Yu.G., Ushakov I.B., Krasavin E.A. et al. Space radiobiology for 55 years (to the 50th anniversary of SSC of Russian Federation – IMBP of Russian Academy of Sciences). Moscow, 2013.
3. Федоренко Б.С. Радиобиологические эффекты корпускулярных излучений: радиационная безопасность космических полетов. М., 2006.
4. Fedorenko B.S. Radiobiological effects of corpuscular radiation: radiation safety of space flights. Moscow, 2006.
5. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Radiation Safety Standards NRB-99/2009. Sanitary rules and norms 2.6.1.2523-09.
6. Norbury J.W., Schimmerling W., Slaba T.C. et al. Galactic cosmic ray simulation at the NASA Space Radiation Laboratory // Life Sci. in Space Res. 2016. V. 8. P. 38–51.
7. Хулапко С.В., Лягушин В.И., Архангельский В.В. и др. Определение дозы и энергетического спектра нейтронов внутри и снаружи тканезквивалентного шарового фантома с использованием пузырьковых детекторов в эксперименте «Матрешка-Р» на российском сегменте МКС // Косм. техника и технологии. 2015. № 2. Т. 9. С. 51–63.
8. Khulapko S.V., Lyagushin V.I., Arkhangelsky V.V. et al. Measurement of neutron dose and energy spectrum inside the tissue-equivalent spherical phantom and on its surface on the Russian segment of the International space station using bubble detectors during «Matryoshka-R» experiment // Kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii. 2015. № 2. V. 9. P. 51–63.
9. Townsend L.W. Implications of the space radiation environment for human exploration in deep space // Radiat. Prot. Dosim. 2005. V. 115. Is. 1–4. P. 44–50.
10. Абазов В.М., Андреев Г.А., Астрахан Б.В. и др. Шестикабинный клиничко-физический комплекс Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ для лучевой терапии пучками протонов, отрицательных пи-мезонов и нейтронов // Сообщение ОИЯИ. 18-90-496. Дубна, 1990.
11. Abazov V.M., Andreev G.A., Astrakhan B.V. et al. Six cabins' clinical-physical complex of JINR Laboratory of Nuclear Problems for radiotherapy beams of protons, negative pimesons and neutrons // Soobshchenie JINR. 18-90-496. Dubna, 1990.
12. Молоканов А.Г. Формирование радиотерапевтического протонного пучка фазотрона ЛЯП ОИЯИ // Вопросы атомной науки и техники. 2008. № 5. С. 146–149.
13. Molokanov A.G. Proton beam for radiation therapy at the JINR Laboratory of Nuclear Problems // Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. 2008. № 5. P. 146–149.
14. Заичкина С.И., Розанова О.М., Ахмадиева А.Х. и др. Изучение генетической нестабильности у потомков мышей, облученных низкоинтенсивным излучением с высокой линейной потерей энергии // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т. 49. № 1. С. 55–59.

Zaichkina S.I., Rozanova O.M., Akhmadieva A.Kh. et al. Genomic instability in the progeny of mice irradiated with low-intensity radiation with high linear energy losses // *Radiacionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2009. V. 49. № 1. P. 55–59.

10. Agostinelli S., Allison J., Amako K. et al. Geant 4 – a simulation toolkit // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Res.* 2003. V. 506. Is. 3. P. 250–303.

11. Кузнецов Н.В. Космические исследования и взаимодействия космической среды с системами и материалами космических аппаратов. [Электронный ресурс] // Электронный учебник НИЯФ МГУ. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/crd/crd3.htm> (дата обращения: 12.08.2016).

Kuznetsov N.V. Space research and space environment interaction with the systems and spacecraft materials. [Electronic resource] // NIYAF State University Electronic textbook. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/crd/crd3.htm>. (reference date: 12.08.2016).

12. Иванов А.А., Молоканов А.Г., Шуршаков В.А. и др. Модификация физических параметров и радиобиологических характеристик протонного пучка элементами радиационной защиты космического корабля // *Авиакосм. и экол. мед.* 2015. Т. 49. № 5. С. 36–42.

Ivanov A.A., Molokanov A.G., Shurshakov V.A. et al. Modification of the proton beam physical parameters and radiobiological characteristics by elements of spacecraft radiation protection // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2015. V. 49. № 5. P. 36–42.

13. Иванов А.А., Булынина Т.М., Молоканов А.Г. и др. Демонстрация возможности негативного эффекта физической защиты при тотальном облучении мышей протонами // Там же. № 4. С. 26–30.

Ivanov A.A., Bulynina T.M., Molokanov A.G. et al. Demonstration of likelihood of the negative effect of physical protection during total proton irradiation of mice // *Ibid.* № 4. P. 26–30.

Поступила 27.10.2016

MODELING ON THE PHASOTRON PROTONS BEAM OF THE NEUTRON FIELDS GENERATED INSIDE SPACECRAFT

Ivanov A.A., Mitsyn G.V., Timoshenko G.N., Bulynina T.M., Krylov A.R., Krasavin E.A.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 20–25

A model of the neutron component of the spacecraft internal radiation fields in the course of a powerful solar proton event was proposed. Field with a small input to the effective dose from protons and photons is generated in the beam of 660 MeV protons on the phasotron at the Joint Institute of Nuclear Researches in Dubna (Russia). The model can be used for experiments with bio-subjects chronically exposed to fractionated irradiation in neutron fields in the interest of spacecrew radiation safety.

Key words: protons, neutrons, phasotron, fractionated irradiation, photon radiation, secondary radiation.

УДК 531.5:629.786.2 +591.471.3

РАЗВИТИЕ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА У ПТЕНЦОВ ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА, РАЗВИВШИХСЯ И ПРОЖИВШИХ ДО 5 СУТОК В УСЛОВИЯХ НЕВЕСОМОСТИ

Гурьева Т.С., Дадашева О.А., Медникова Е.И., Грушина О.А., Филатова А. В., Сычев В.Н.

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

E-mail: gurieva@imbp.ru

В работе представлены результаты сравнительных исследований мышц опорно-двигательного аппарата птенцов, полностью прошедших эмбриональный и ранний постнатальный периоды в условиях невесомости. Гистологические исследования мышечной ткани у птенцов из полетной группы показали наличие изменений в ее структуре; степень выраженности этих изменений зависела от длительности пребывания птенцов в условиях невесомости и от условий их содержания. Так, у птенцов, находившихся в безопорной среде, наблюдается нарастание гистиолейкоцитарной инфильтрации стромы, атрофические и дистрофические изменения мышечных волокон с набуханием и глыбчатым распадом миофибрилл. Совершенно иную картину имела структура мышечной ткани опорно-двигательного аппарата у 4–5-суточных птенцов, находившихся в невесомости в индивидуальных тесных камерах, установленных на центрифуге: мышечные волокна увеличились в длину, а выявленные изменения носили очаговый характер. Можно предположить, что эти изменения могли иметь обратимый характер.

Ключевые слова: невесомость, птенцы японского перепела, мышечная ткань, опорно-двигательный аппарат, гистологические исследования.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 26–29.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-26-29

Общеизвестно, что в условиях невесомости помимо ограничения двигательной активности отсутствует и статическая нагрузка на опорно-двигательный аппарат. Морфологические и гистологические исследования животных, находившихся в условиях невесомости, выявили у них значительные изменения мышечной ткани. Эксперименты, проведенные на биоспутниках серии «Космос», позволили изучить влияние факторов космического полета (КП) на состояние мышечной ткани у различных видов животных. После экспонирования крыс в условиях невесомости на борту биоспутника в течение 19–22 сут были выявлены структурные и метаболические нарушения в различных мышцах. Наибольшие изменения отмечались в структуре камбаловидной, икроножной и двуглавой мышц крыс [1]. Гистологическое

исследование камбаловидной мышцы крыс показало резко выраженное истончение волокон, увеличение в них числа ядер, располагающихся в цепочки. Также было отмечено, что единичные мышечные волокна подвергались дистрофическим изменениям. Эти изменения в мышечных тканях после нахождения животных в условиях невесомости были обратимы. На 25-е сутки пребывания крыс в условиях гравитации достоверных различий в гистологической картине мышечной ткани у полетных и контрольных крыс не выявлено [2].

Исследования, проведенные американскими специалистами в экспериментах на крысах в полете лаборатории «Спейс-Лэб-3», подтвердили результаты, полученные в экспериментах на борту биоспутников, по изменению структуры мышечной ткани конечностей у крыс [3]. Однако все эти исследования проводились на взрослых особях, поэтому особый интерес представляют исследования мышечной ткани у животных, весь цикл развития которых от яйцеклетки до сформировавшегося организма и его первых дней свободной жизни проходил в условиях невесомости.

Эксперименты по изучению влияния условий КП на эмбриональное развитие японского перепела, проведенные в период с 1990 по 1999 г. на орбитальном комплексе (ОК) «Мир», показали возможность нормального осуществления процесса эмбриогенеза в условиях невесомости и получения жизнеспособных птенцов. В связи с тем что развитие животных на Земле происходит в условиях постоянного воздействия гравитационного поля, сила притяжения выступает в данном случае как один из ведущих формообразовательных факторов. Известно, что эмбрионы птиц, которые развиваются вне материнского организма, обладают активными приспособительными ответами, позволяющими реагировать на изменения факторов внешней среды в пределах нормы реакции. Однако факторы внешней среды, выходящие за пределы нормы реакции, вызывают вполне определенные нарушения, которые затрагивают большинство органов и систем [4]. Поэтому эксперименты, проведенные на борту

ОК «Мир», которые впервые позволили получить биологический материал для гистологического исследования состояния мышечной ткани у птенцов, выведенных и проживших 4–5 сут в условиях невесомости, позволяют оценить влияние гравитационного фактора на морфогенез мышечной ткани опорно-двигательного аппарата на всех этапах его формирования.

Целью данного этапа исследований является сравнительное изучение гистологической картины развития мышечной ткани опорно-двигательного аппарата у птенцов японского перепела, развившихся и проживших 4–5 сут в условиях невесомости.

Методика

Объектом исследований являлись птенцы японского перепела (*Coturnix coturnix japonica*), выведенные в невесомости на борту ОК «Мир» в экспериментах «Инкубатор-1М» (1990, 1992) и «Перепел СК-6» (1999). В 2 первых экспериментах вывелось соответственно 8 (23 %) и 5 (17,9 %) птенцов. Выведенные птенцы соответствовали сроку развития и не имели внешних признаков патологии. Они были подвижны, реагировали на свет и звук. В постэмбриональный период птенцы находились в условиях невесомости до 5 сут. Эмбриологический материал был зафиксирован на борту ОК «Мир» в 4 %-ном параформальдегиде на фосфатном буфере (рН = 7,2).

Третий эксперимент отличался от 2 предыдущих тем, что после выведения птенцы были посажены в тесные камеры, установленные в центрифуге. К сожалению, центрифуга на борту станции проработала около 10 ч, но птенцов из индивидуальных камер не вынимали до возвращения живыми на Землю.

У птенцов были выделены дорсальные мышцы бедра и голени. Для гистологических исследований состояния мышечной ткани были использованы группы мышц бедра: полуперепончатая (*m. semimembranosus*), полусухожильная (*m. semiflendinosus*) и стройная (*m. gracilis*), из голени – икроножная (*m. gastrocnemius*).

После обезжизивания в спиртах возрастающей концентрации образцы заливали в парафин. Препараты срезов мышц окрашивали гематоксилином по Караччи с доокрашиванием эозином по методу Маллори [5]. Изучение и фотографирование препаратов проводили на световом уровне с помощью микроскопа Unilus-12 (Япония) и камеры Levenhuk[®] С 800.

Результаты и обсуждение

Известно, что в первые недели после вылупления птенцов в скелетной мускулатуре их задних конечностей происходит интенсивный рост всех мышц

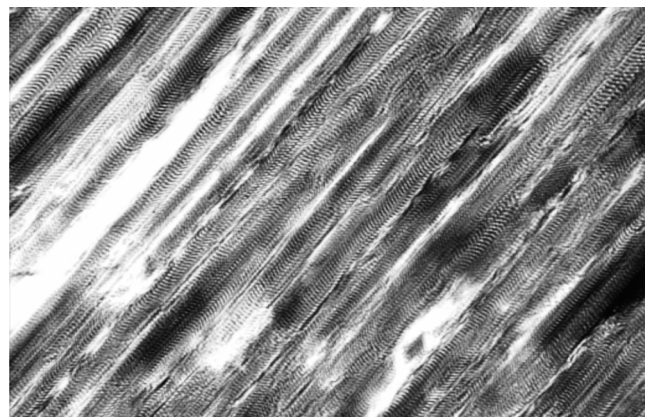


Рис. 1. Гистологическая картина икроножной мышцы 4-суточных птенцов контрольной группы. Здесь и на рис. 2, 4: ув. x 40



Рис. 2. Гистологическая картина икроножной мышцы 4-суточных птенцов полетной группы, безопорная среда. 1 – гистиолейкоцитарная инфильтрация стромы; 2 – дистрофические и атрофические изменения мышечных волокон; 3 – пикноз ядер чувствительных нервных волокон; 4 – отложение пигмента в эндомизии и перимизии

и удлинение мышечных волокон, увеличивается толщина мышечных волокон за счет образования миофибрилл [6].

Сравнительные исследования препаратов мышц опорно-двигательного аппарата у 4–5-суточных птенцов японского перепела выявили различия в их постнатальном развитии между опытной и контрольной группами. У птенцов контрольной группы в мышечных волокнах четко видна поперечная исчерченность: чередование темных и светлых дисков. Ядра темные, овальной формы лежат под сарколеммой. Между волокнами проходят прослойки

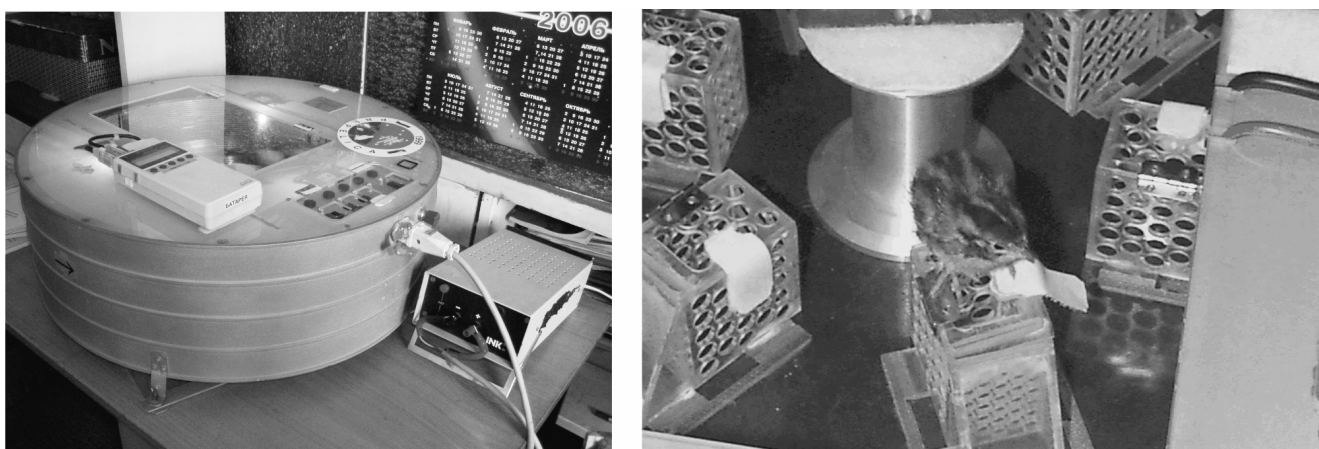


Рис. 3. Центрифуга короткого радиуса 1 g; камеры для содержания птенцов в центрифуге

рыхлой соединительной ткани (эндомизий), состоящей из коллагеновых и эластических волокон, и адвентициальных клеток, лежащих главным образом по ходу кровеносных сосудов. Соединительная ткань, объединяющая пучки 2-го и 3-го порядка (перимизии), постепенно сужается за счет уменьшения межклеточного вещества. В соединительной ткани кроме малодифференцированных клеток лежат фибробласты, макрофаги, ретикулярные и эндотелиальные клетки. В расширенных участках интрафузальных волокон лежат ядра округлой формы со светлой цитоплазмой (рис. 1).

У птенцов полетной группы обнаружены изменения в структуре мышечной ткани, степень

выраженности которых зависит от срока жизни и условий содержания в невесомости. Так у птенцов, проживших в условиях безопорной среды, наблюдается нарастание гистиолейкоцитарной инфильтрации стромы, а также были выявлены атрофическое и дистрофическое изменения мышечных волокон с набуханием и глыбчатым распадом миофибрилл гомогенизацией саркоплазмы, пикнозом или распадом ядер, отложением пигмента в эндомизии и перимизии. Пигмент черного цвета лежит в виде гранул либо образует плотные скопления (рис. 2).

Это объясняется снижением уровня окислительно-восстановительных процессов в клетках. Нервные клетки – это наиболее ранимые клетки, преимущественное поражение которых зависит не только от их метаболизма, но и от функционального состояния. Пикноз ядра характерен для необратимых изменений нервной клетки, а гибель его происходит путем лизиса или рексиса. Все эти изменения говорят о нейротрофическом характере. Известно, что дефицит функциональных нагрузок на опорно-двигательный аппарат, возникший в невесомости, ведет к атрофии мышц, в генезе которой важную роль играет нарушение афферентации, что вызывает изменения функции нейроэндокринных регуляторных систем и обменных процессов в мышцах [7].

Исследования 4–5-суточных птенцов, выведенных в условиях невесомости, но находившихся в индивидуальных тесных камерах, установленных на центрифуге, выявили иную картину в структуре мышечной ткани опорно-двигательного аппарата (рис. 3). Мышечные волокна увеличились в длину, а изменения носили очаговый характер и выражались в набухании мышечных волокон с гомогенизацией саркоплазмы, исчезновении поперечной исчерченности и увеличении промежутка между пучками волокон. В интрафузальных волокнах капсула ядерных сумок расширена, часть пикнотична

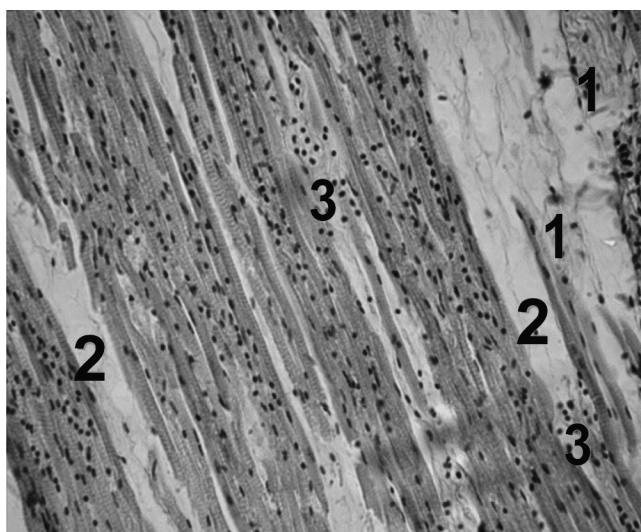


Рис. 4. Гистологическая картина икроножной мышцы 4-суточных птенцов полетной группы, опорная среда.

1 – набухание мышечных волокон с гомогенизацией; 2 – увеличение промежутков между пучками волокон; 3 – в интрафузальных волокнах капсула расширена, ядра пикнотичны

(рис. 4). Такая картина патологических процессов у птенцов, содержащихся частично в опорной среде, скорее всего, вызвана отеком мышечной ткани из-за сильных перегрузок, возникающих на этапе их возвращения на Землю. По-видимому, такие изменения в структуре мышц при адаптации к земной гравитации могли быть обратимыми.

Выводы

1. Птенцы, находившиеся в условиях невесомости в безопорной среде, имели серьезные органические нарушения в мышечной ткани, приводящие к необратимым изменениям в мышцах.
2. Птенцы, находившиеся в условиях невесомости в тесных камерах и частично чувствующие опору, также имели изменения в структуре мышц опорно-двигательного аппарата, но изменения эти носили очаговый характер.

Список литературы

1. Газенко О.Г., Генин А.М., Ильин Е.А. и др. Основные результаты эксперимента с млекопитающими на биоспутнике «Космос-782» // Косм. биология и авиакосм. мед. 1978. Т. 12. № 6. С. 43–49.
Gazenko O.G., Genin A.M., Ilyin E.A. et al. Main results of experiment with mammals on the biosatellite «Kosmos-782» // *Kosmicheskaya biologiya i aviakosmicheskaya meditsina.* 1978. V. 12. № 6. P. 43–49.
2. Ильина-Какуева Е.И., Португалов В.В., Кривенкова Н.П. Влияние факторов космического полета на скелетную мускулатуру крыс // Там же. 1977. Т. 11. № 1. С. 20–25.
Ilyina-Kakueva E.I., Portugalov V.V., Krivenkova N.P. Influence of space flight factors on the skeletal musculature of rats // *Ibid.* 1977. V. 11. № 1. P. 20–25.
3. Doty S., Stiner D., Telford W. The effect of spaceflight on cartilage cell cycle and differentiation // *J. of Gravit. Physiol.* 1999. V. 6. № 1. P. 89–90.
4. Sabo V., Boda K., Guryeva T. et al. The study of postembryonic development of Japanese quail chick under microgravity and load on the orbital station «Mir» // *Folia Veterinaria.* 2001. V. 45. № 1 (Suppl.). P. 9–11.
5. Иванов Ю.В. Морфологические методы исследования в гигиене и токсикологии. М., 1983.

Ivanov Yu.V. Morphological research methods in hygiene and toxicology. Moscow, 1983.

6. Гилберт С. Биология развития. М., 1995. Т. 3. С. 99–106.

Gilbert S. Developmental biology. Moscow, 1995. V. 3. P. 99–106.

7. Григорьев А.И., Носков В.Б., Попова И.А. и др. Влияние длительного космического полета на биохимический статус организма человека // Клин. и лаб. диагностика. 1994. № 1. С. 19–22.

Grigoriev A.I., Noskov V.B., Popova I.A. et al. Effect of a long space flight on the biochemical status of a human body // *Klinicheskaya i laboratornaya diagnostika.* 1994. № 1. P. 19–22.

Поступила 19.10.2016

MUSCULAR TISSUE DEVELOPMENT OF THE LOCOMOTOR APPARATUS OF JAPANESE QUAIL CHICKS HATCHED AND STAYED ALIVE 5 DAYS IN MICROGRAVITY

Gurieva T.S., Dadasheva O.A., Mednikova E.I., Grushina O.A., Filatova A.V., Sychev V.N.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 26–29

The paper presents the results of comparative studies of locomotor muscles from chicks that passed embryogenesis and early postnatal phases in microgravity. Histological assay discovered some structural changes in muscles taken from the space flown group of chicks; the degree of these changes was dependent on length of microgravity and chick' housing conditions. For instance, elevated in histio-leukocyte infiltration in the stroma, atrophy and dystrophy with swelling and block destruction of myofibrils were found in muscles of the chicks developed in the absence of weight-loading. Structure of the locomotor muscles looked absolutely different in the 4-5 -day old chicks mounted on a centrifuge in individual small cages for the period of microgravity. Their muscle fibers elongated and changes were local by character. We can speculate that these changes could be reversible.

Key words: microgravity, Japanese quail chicks, muscular tissue, locomotor apparatus, histological investigations.

УДК 611.08:615.21:599.3/.8

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОПРОТЕКТОРНОГО И АНТИАМНЕСТИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ КОМБИНАЦИЙ МЕЛАТОНИНА С ПРОИЗВОДНЫМИ 3-ГИДРОКСИПИРИДИНА

Яснецов В.В.¹, Карсанова С.К.¹, Яснецов Вик.В.^{1, 2}

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²АО «Всероссийский научный центр по безопасности биологически активных веществ», г. Старая Купавна, Московская область

E-mail: vvy@lsn.ru

В экспериментах на крысах установлено, что комбинация мелатонина (5 мг/кг/сут) и хорошо известного производного 3-гидроксипиридина отечественного лекарственного препарата мексидола (25 мг/кг/сут) на модели ишемического инсульта, вызванного двусторонней перевязкой общих сонных артерий, оказывала выраженное нейропротекторное действие, превосходя в этом отношении свои компоненты. На другой модели ишемии головного мозга у крыс, вызванной гравитационной перегрузкой, комбинации мелатонина (5 мг/кг/сут) с мексидолом (25 мг/кг/сут) или новым производным 3-гидроксипиридина ИБХФ-27 (25 мг/кг/сут) обладали выраженными нейропротекторными свойствами, превосходя свои компоненты. На модели амнезии у мышей, вызванной скополамином, комбинации мелатонина (5 мг/кг) с мексидолом (25 мг/кг) или ИБХФ-27 (25 мг/кг) оказывали выраженное антиамнестическое действие, превосходя свои компоненты. Таким образом, испытанные комбинации мелатонина с мексидолом или ИБХФ-27 оказывают выраженное как нейропротекторное, так и антиамнестическое действие, превосходя свои компоненты.

Ключевые слова: мелатонин, мексидол, новое производное 3-гидроксипиридина ИБХФ-27, комбинации, нейропротекторное и антиамнестическое действие.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 30–34.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-30-34

Как известно, мелатонин (основной гормон шишковидной железы) обладает уникальным спектром биологической активности, в частности, оказывает антиоксидантное, адаптогенное и снотворное действие, тормозит секрецию гонадотропинов, нормализует циркадные ритмы, регулирует цикл сон – бодрствование, суточные изменения локомоторной активности и температуры тела, положительно влияет на интеллектуально-мнестические функции мозга, эмоционально-личностную сферу, снижает стрессовые реакции, регулирует нейроэндокринные функции, проявляет иммуностимулирующие свойства, предупреждает развитие атеросклероза, новообразований и др. [1–5]. На основе

мелатонина созданы лекарственные препараты, например мелахсен, а также его синтетические аналоги, в частности, антидепрессант агомелатин (агонист мелатониновых MT₁- и MT₂-рецепторов и антагонист серотониновых 5-HT_{2C}-рецепторов), агонисты рамелтеон, циркадин и др., которые широко применяют в клинической практике. Основная причина универсальных защитных свойств мелатонина – ограничение окислительного стресса и модуляция любых патологических процессов; при этом он в качестве лекарственного средства малотоксичен, относительно безопасен и его используют в клинике как самостоятельно, так и в комбинации с другими лекарствами [6–9].

Ранее было установлено [10, 11], что сам мелатонин (за счет стимуляции мелатониновых MT₁- и MT₂- и ГАМК_A-рецепторов) и его комбинация с отечественным лекарственным препаратом мексидолом (производное 3-гидроксипиридина – этилметилгидроксипиридина сукцинат – широко применяемое в различных областях медицины) оказывают выраженное вестибулопротекторное действие у крыс.

Продолжая указанные исследования, в данной работе в эксперименте на животных исследовали, обладают ли комбинации мелатонина и производных 3-гидроксипиридина такими ценными фармакологическими свойствами, как нейропротекторные и антиамнестические. При этом нейропротекторное действие изучали на 2 моделях ишемии головного мозга у крыс, а антиамнестическое – на модели амнезии у мышей. В работе, кроме мексидола, использовали новое производное 3-гидроксипиридина ИБХФ-27.

Методика

Ишемию головного мозга (модель ишемического инсульта) у 130 белых нелинейных крыс-самцов массой 220–260 г воспроизводили под общей анестезией диэтиловым эфиром так, как описано нами ранее в работе [12], с учетом рекомендаций авторов работы [13]. У ложнооперированных животных

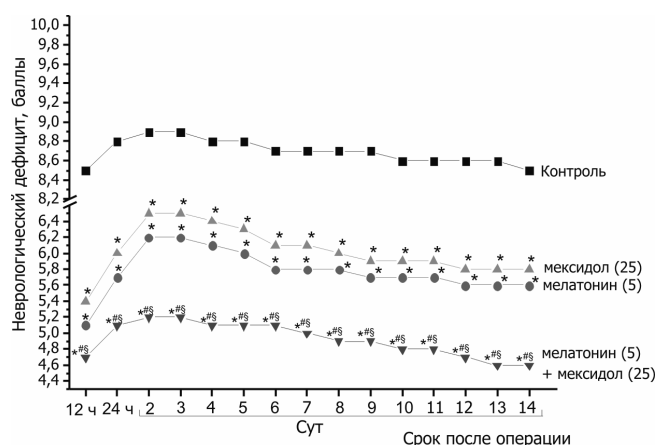


Рисунок. Изменение неврологического дефицита (в баллах, $M \pm m$) у крыс после двусторонней перевязки общих сонных артерий под влиянием мелатонина, мексидола и их комбинации. Дозы веществ даны в скобках в мг/кг/сут. * - $p < 0,05$ – значимость различий по сравнению с контролем; # - $p < 0,05$ – значимость различий одного мелатонина с комбинацией; § - $p < 0,05$ – значимость различий одного мексидола с комбинацией (критерий Стьюдента). Во всех случаях $m = 0,1$

($n = 10$) операция была ограничена этапом доступа к общим сонным артериям; у них неврологический дефицит (НД) отсутствовал. В контрольной группе крысы получали только 0,9 %-ный раствор натрия хлорида (NaCl) внутрибрюшинно (в/б). В подопытных группах животным вводили мелатонин, мексидол и их комбинацию в/б 1 раз в сут в течение 7 сут; в 1-е сутки – через 1 ч после операции. Животных после операции наблюдали в течение 2 нед с учетом выживаемости крыс. НД у животных определяли (слепым методом) по шкале, описанной в работе [14], (в баллах) каждый час в течение 24 ч, а затем 1 раз/сут. Тяжесть состояния определяли по сумме соответствующих баллов.

В другой серии опытов ишемию головного мозга у 157 белых нелинейных крыс-самцов массой 220–270 г вызывали гравитационной радиальной перегрузкой в краниокаудальном направлении, создаваемой с помощью специальной центрифуги диаметром 2 м [13]. Для этого крыс помещали в контейнеры центрифуги в строго краниокаудальном направлении относительно вектора центростремительного ускорения, величина которого составляла 10 g в течение 6 мин. После вращения на центрифуге у животных определяли НД, как описано выше. Фармакологические вещества (мелатонин, мексидол и новое производное 3-гидроксипиридина ИБХФ-27) и их комбинации вводили (до воздействия) в/б 4 раза (1 раз/сут в течение 3 сут и за 45 мин до начала вращения на центрифуге). Крысы контрольной группы получали 0,9 %-ный раствор

NaCl в/б. Более подробно методика описана ранее в работе [15].

Антиамнестическое действие фармакологических веществ и их комбинаций исследовали у 137 белых нелинейных мышей-самцов массой 20–25 г, используя условный рефлекс пассивного избегания (УРПИ) электрокожного раздражения [16]. В качестве амнезирующего воздействия использовали введение скополамина (1 мг/кг в/б). Вещества и их комбинации, а также 0,9 %-ный раствор NaCl (контроль) вводили однократно в/б за 60 мин до регистрации показателей. Проверку сохранения УРПИ производили через 24 ч после в/б инъекции. Более подробно методика описана ранее в работе [17].

В работе использовали мелатонин (Sigma-Aldrich, США), мексидол (ЗАО «Фармасофт», РФ) и ИБХФ-27 (АО «ВНЦ БАВ», РФ).

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием программы BioStat 2009 Professional.

Эксперименты были выполнены с соблюдением национальных и международных требований по содержанию и гуманному обращению с животными.

Результаты и обсуждение

На модели ишемического инсульта было обнаружено, что у крыс контрольной группы НД был наиболее выражен ($8,9 \pm 0,1$ балла) через 2 и 3 сут после двусторонней перевязки общих сонных артерий; при этом в контроле погибло 44 % (14 крыс из 32) животных (рисунок).

Мелатонин в дозе 5 мг/кг/сут значимо ($p < 0,05$) уменьшал летальность крыс до 18 % (погибли 5 животных из 28), а также НД в 1,4–1,7 раза в разные сроки наблюдения (см. рис.). Мексидол в дозе 25 мг/кг/сут также значимо ($p < 0,05$) уменьшал летальность до 20 % (погибли 6 крыс из 30) и выраженность НД в 1,4–1,6 раза.

Комбинация мелатонина (5 мг/кг/сут) с мексидолом (25 мг/кг/сут) оказала выраженное нейропротекторное действие: значимо ($p < 0,05$) снижала летальность животных – до 3 % (погибла 1 крыса из 30) и уменьшала НД в 1,7–1,9 раза в разные сроки наблюдения (см. рис.).

В отношении летальности комбинация мелатонина с мексидолом значимо ($p < 0,05$) превосходила один мексидол в 6,7 раза, но не мелатонин ($p > 0,05$).

По выраженности действия в отношении уменьшения НД комбинация мелатонина с мексидолом значимо ($p < 0,05$) превосходила свои компоненты: мелатонин – в 1,1–1,2 раза, а мексидол – в 1,1–1,3 раза.

Таким образом, на модели ишемического инсульта у крыс комбинация мелатонина с мексидолом оказывает выраженное нейропротекторное

Таблица 1

Влияние мелатонина, производных 3-гидроксипиридина (мексидол и новое соединение ИБХФ-27) и их комбинаций на выраженность НД, вызванного у крыс воздействием гравитационной перегрузки (ускорение 10 g)

Условия опытов и вещество (доза, мг/кг/сут)	Число крыс	НД, баллы
0,9 %-ный раствор NaCl + перегрузка (контроль)	44	8,5 ± 0,1
Мелатонин (5) + перегрузка	18	4,9 ± 0,1*
Мексидол (25) + перегрузка	16	5,7 ± 0,1*
ИБХФ-27 (25) + перегрузка	19	4,4 ± 0,1*
Мелатонин (5) + мексидол (25) + перегрузка	20	3,9 ± 0,1*, #, α
Мелатонин (5) + ИБХФ-27 (25) + перегрузка	25	3,5 ± 0,1*, #, β, §

Примечание. * – $p < 0,05$ – значимость различий по сравнению с контролем; # – $p < 0,05$ – значимость различий одного мелатонина с его комбинациями; α – $p < 0,05$ – значимость различий одного мексидола с соответствующей комбинацией; β – $p < 0,05$ – значимость различий одного ИБХФ-27 с соответствующей комбинацией; § – $p < 0,05$ – значимость различий между комбинациями (критерий Стьюдента).

Таблица 2

Влияние мелатонина, производных 3-гидроксипиридина (мексидол и новое соединение ИБХФ-27) и их комбинаций на амнезию у мышей, вызванную скополамином

Условия опытов и вещество (доза, мг/кг)	Общее число мышей	Число мышей, обучившихся УРПИ, %	Число мышей с амнезией УРПИ через 24 ч после введения скополамина, %
0,9 %-ный раствор NaCl + 0,9 %-ный раствор NaCl (контроль 1)	29	27 (93)	4 (15)
0,9 %-ный раствор NaCl + скополамин (контроль 2)	27	25 (93)	19 (76)°°°
Мелатонин (5) + скополамин	12	11 (92)	6 (55)°
Мексидол (25) + скополамин	15	14 (93)	8 (57)°°
ИБХФ-27 (25) + скополамин	15	14 (93)	5 (36)*
Мелатонин (5) + мексидол (25) + скополамин	19	18 (95)	3 (17)***, #, α
Мелатонин (5) + ИБХФ-27 (25) + скополамин	20	19 (95)	2 (11)***, #

Примечание. Различия статистически значимы по сравнению с контролем 1 и контролем 2 соответственно: ° или * – $p < 0,05$, °° или ** – $p < 0,01$, °°° или *** – $p < 0,001$; # – $p < 0,05$ – значимость различий одного мелатонина с его комбинациями; α – $p < 0,05$ – значимость различий одного мексидола с соответствующей комбинацией (точный метод Фишера).

действие, превосходя в этом отношении свои компоненты.

На другой модели ишемии головного мозга было установлено, что из 54 животных контрольной группы после 6-минутного вращения на центрифуге (ускорение 10 g) погибли 10 крыс (19 %). После вращения на центрифуге у контрольных крыс проявлялся НД в виде вялости, замедленности движений, тремора конечностей, полуптоза/птоза, пареза/паралича одной или нескольких конечностей (табл. 1). Однако через 6 ч после вращения на центрифуге визуально уже не выявлялись признаки НД.

Мелатонин в дозе 5 мг/кг/сут снижал летальность всего до 10 % (гибель 2 животных из 20, $p > 0,05$) и значимо ($p < 0,05$) ослаблял выраженность НД в 1,7 раза (см. табл. 1). Мексидол в дозе 25 мг/кг/сут также уменьшал летальность лишь до 11 % (гибель 2 крыс из 18, $p > 0,05$) и выраженность НД в 1,5 раза ($p < 0,05$). Новое производное 3-гидроксипиридина

ИБХФ-27 (25 мг/кг/сут) оказало значимое ($p < 0,05$) защитное действие, уменьшая летальность до 5 % (погибла 1 крыса из 20) и НД в 1,9 раза.

Комбинации мелатонин (5 мг/кг/сут) + мексидол (25 мг/кг/сут) и мелатонин (5 мг/кг/сут) + ИБХФ-27 (25 мг/кг/сут) оказали выраженное защитное действие: значимо ($p < 0,05$) снижали летальность до 0 % (0 крыс из 20 и 25 животных соответственно) и ослабили выраженность НД в 2,2 и 2,4 раза соответственно.

По выраженности действия в отношении НД комбинация мелатонина и мексидола значимо ($p < 0,05$) превосходила как один мелатонин, так и мексидол в 1,3 и 1,5 раза соответственно. Другая комбинация мелатонина – с ИБХФ-27 – значимо ($p < 0,05$) превосходила свои компоненты: мелатонин в 1,4 раза, а ИБХФ-27 в 1,3 раза. При этом комбинация мелатонин + ИБХФ-27 значимо ($p < 0,05$) превосходила комбинацию мелатонин + мексидол в 1,1 раза.

Следовательно, на указанной модели ишемии головного мозга комбинации мелатонина с мексидолом или ИБХФ-27 оказывают выраженное нейропротекторное действие, превосходя свои компоненты.

На модели амнезии у мышей, вызванной скополамином, было обнаружено, что через 24 ч после его введения у большинства животных (76 %, $p < 0,001$) наблюдалась ретроградная амнезия УРПИ (табл. 2). Мелатонин в дозе 5 мг/кг и мексидол в дозе 25 мг/кг существенно не влияли на амнезию УРПИ, а новое производное 3-гидроксипиридина ИБХФ-27 (25 мг/кг) значительно ($p < 0,05$) ослабляло амнестический эффект в 2,1 раза.

Комбинация мелатонина (5 мг/кг) и мексидола (25 мг/кг) почти полностью предупреждала развитие амнезии УРПИ, а другая комбинация – мелатонин (5 мг/кг) + ИБХФ-27 (25 мг/кг) – полностью предупреждала ее развитие (табл. 2).

По выраженности антиамнестического действия комбинация мелатонина и мексидола значительно ($p < 0,05$) превосходила как один мелатонин, так и мексидол – в 3,2 и 3,4 раза соответственно. Комбинация мелатонина и ИБХФ-27 значительно ($p < 0,05$) превосходила один мелатонин в 5 раз.

Таким образом, комбинации мелатонина с мексидолом или ИБХФ-27 оказывают выраженное антиамнестическое действие, превосходя в этом отношении свои компоненты.

Полученные экспериментальные результаты довольно хорошо согласуются с данными литературы. Так, в эксперименте с использованием нескольких других моделей и иных фармакологических веществ была показана способность последних усиливать нейропротекторное и антиамнестическое действие мелатонина. Например, при использовании мелатонина в качестве нейропротектора он усиливал защитное действие мексидола (противопаркинсоническое средство, являющееся неконкурентным антагонистом NMDA-рецепторного комплекса) на модели фокальной церебральной ишемии у мышей и мелоксикама (нестероидное противовоспалительное средство – ингибитор циклооксигеназы-1 и -2) при окклюзии средней мозговой артерии у крыс [18, 19]. Также установлено, что мелатонин способен усиливать действие ноотропа пирацетама и растительных препаратов биллобила и женьшеня, увеличивая латентный период в тесте УРПИ у крыс [20].

Из вышесказанного можно заключить, что комбинации мелатонина с мексидолом или новым производным 3-гидроксипиридина ИБХФ-27 оказывают выраженное как нейропротекторное, так и антиамнестическое действие, превосходя свои компоненты.

Выводы

1. На модели ишемического инсульта у крыс, вызванного двусторонней перевязкой общих сонных

артерий, комбинация мелатонина (5 мг/кг/сут) и мексидола (25 мг/кг/сут) оказывает выраженное нейропротекторное действие, превосходя в этом отношении свои компоненты.

2. На модели ишемии головного мозга у крыс, вызванной гравитационной перегрузкой, комбинации мелатонина (5 мг/кг/сут) с мексидолом (25 мг/кг/сут) или новым производным 3-гидроксипиридина ИБХФ-27 (25 мг/кг/сут) обладают выраженными нейропротекторными свойствами, превосходя свои компоненты.

3. На модели амнезии у мышей, вызванной скополамином, комбинации мелатонина (5 мг/кг) с мексидолом (25 мг/кг) или ИБХФ-27 (25 мг/кг) оказывают выраженное антиамнестическое действие, превосходя свои компоненты.

Список литературы

1. Арушанян Э.Б. Роль ренин-ангиотензиновой системы в кардиоваскулярных эффектах мелатонина // Эксперим. и клин. фармакология. 2015. Т. 78. № 3. С. 40–43.
2. Arushanyan E.B. Role of rennin-angiotensin system in cardiovascular effects of melatonin // Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya. 2015. V. 78. № 3. P. 40–43.
3. Brigo F, Igwe S.C., Del Felice A. Melatonin as add-on treatment for epilepsy // Cochrane Database Syst. Rev. 2016. № 8. CD006967.
4. Herrera-Arozamena C., Martí-Marí O., Estrada M. et al. Recent advances in neurogenic small molecules as innovative treatments for neurodegenerative diseases // Molecules. 2016. V. 21. № 9. pii: E1165.
5. Montiel M., Bonilla E., Valero N. et al. Melatonin decreases brain apoptosis, oxidative stress, and CD200 expression and increased survival rate in mice infected by Venezuelan equine encephalitis virus // Antivir. Chem. Chemother. 2015. V. 24. № 3–4. P. 99–108.
6. Reiter R.J., Mayo J.C., Tan D.X. et al. Melatonin as an antioxidant: under promises but over delivers // J. Pineal Res. 2016. Aug 8. DOI: 10.1111/jpi.12360.
7. Арушанян Э.Б. Ограничение окислительного стресса как основная причина универсальных защитных свойств мелатонина // Эксперим. и клин. фармакология. 2012. Т. 75. № 5. С. 44–49.
8. Arushanyan E.B. Limitation of oxidative stress as the main factor of the universal protective properties of melatonin // Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya. 2012. V. 75. № 5. P. 44–49.
9. Арушанян Э.Б., Щетинин Е.В. Мелатонин как универсальный модулятор любых патологических процессов // Патол. физиология и эксперим. терапия. 2016. Т. 60. № 1. С. 79–88.
10. Arushanyan E.B. Shchetinin E.V. Melatonin as universal modulator of any pathological processes // Patologicheskaya fiziologiya i eksperimentalnaya terapiya. 2016. V. 60. № 1. P. 79–88.

8. Emet M., Ozcan H., Ozel L. et al. A review of melatonin, its receptors and drugs // Eurasian J. Med. 2016. V. 48. № 2. P. 135–41.

9. Opie L.H., Lecour S. Melatonin has multiorgan effects // Eur. Heart J. Cardiovasc. Pharmacother. 2016. V. 2. № 4. P. 258–265.

10. Яснецов В.В., Мотин В.Г., Карсанова С.К. и др. Исследование вестибулопротекторных свойств мелатонинергических средств // Авиакосм. и экол. мед. 2014. Т. 48. № 2. С. 31–34.

Yasnetsov V.V., Motin V.G., Karsanova S.K. et al. Investigation into the vestibular protective properties of melatoninergic agents // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2014. V. 48. № 2. P. 31–34.

11. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Яснецов Вик.В. Новый подход к изысканию вестибулопротекторов // Там же. 2015. Т. 49. № 1. С. 5–12.

Yasnetsov V.V., Karsanova S.K., Yasnetsov Vik.V. A new approach to the search for vestibuloprotectors // Ibid. 2015. V. 49. № 1. P. 5–12.

12. Яснецов В.В., Просви́рова Е.П., Цублова Е.Г. и др. Сравнительное исследование противогипоксического, нейропротекторного и обезболивающего действия сукцинатсодержащих препаратов // Там же. 2012. Т. 46. № 6. С. 41–45.

Yasnetsov V.V., Prosvirova E.P., Tsublova E.G. et al. Comparative studies of antihypoxic, neuroprotective and analgesic action of succinate-containing drugs // Ibid. 2012. V. 46. № 6. P. 41–45.

13. Мирзоян Р.С., Плотников М.Б., Ганьшина Т.С. и др. Методические рекомендации по доклиническому изучению лекарственных средств для лечения нарушений мозгового кровообращения и мигрени // Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Ч. 1. М., 2012. С. 478–485.

Mirzoyan R.S., Plotnikov M.B., Ganshina T.S. et al. Guidelines for preclinical study of drugs for treatment of cerebral circulation disorders and migraine // Guide for conducting preclinical studies of drugs. P.1. Moscow, 2012. P. 478–485.

14. McGraw C.P., Pashayan A.G., Wendel O.T. Cerebral infarction in the Mongolian gerbil exacerbated by phenoxybenzamine treatment // Stroke. 1976. V. 7. № 5. P. 485–488.

15. Яснецов Вик.В., Воронина Т.А. Действие семакса и мексидола на моделях ишемии мозга у крыс // Эксперим. и клин. фармакология. 2009. Т. 72. № 1. С. 68–70.

Yasnetsov Vic.V., Voronina T.A. Effect of semax and mexidol on brain ischemia models in rats // Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya. 2009. V. 72. № 1. P. 68–70.

16. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Ч. 1. М., 2012.

Guide for conducting preclinical studies of drugs. P. 1. Moscow, 2012.

17. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Иванов Ю.В. и др. Исследование противогипоксического и антиамнестиче-

ского действия мексидола у животных // Авиакосм. и экол. мед. 2009. Т. 43. № 6. С. 31–36.

Yasnetsov V.V., Karsanova S.K., Ivanov Yu.V. et al. Evaluation of antihypoxic and anti-amnestic effects of mexidol in animals // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2009. V. 43. № 6. P. 31–36.

18. Kilic U., Yilmaz B., Reiter R.J. et al. Effects of memantine and melatonin on signal transduction pathways vascular leakage and brain injury after focal cerebral ischemia in mice // Neurosci. 2013. № 237. P. 268–276.

19. Joshi N., Biswas J., Nath C., Singh S. Promising role of melatonin as neuroprotectant in neurodegenerative pathology // Mol. Neurobiol. 2015. V. 52. № 1. P. 330–340.

20. Бейер Э.В., Хажбиев А.А., Арушанян Э.Б. Влияние мелатонина на поведенческую активность некоторых ноотропных средств // Эксперим. и клин. фармакология. 2013. Т. 76. № 10. С. 3–5.

Beier E.V., Khazhbiev A.A., Arushanyan E.B. Effect of melatonin on the behavioral activity of cognitive enhancers // Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya. 2013. V. 76. № 10. P. 3–5.

Поступила 23.09.2016

STUDIES OF THE NEUROPROTECTIVE AND ANTI-AMNESTIC EFFECTIVENESS OF THE COMBINATION OF MELATONIN WITH 3-HYDROXYPYRIDINE DERIVATIVES

Yasnetsov V.V., Karsanova S.K.,
Yasnetsov Vik.V.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 30–34

Experiments with rats showed that the combination of melatonin (5 mg/kg/d) and Russian medicament mexidol, a 3-hydroxypyridine derivative (25 mg/kg/d), excelled its components in the neuroprotective effect on ischemic stroke modeled by bilateral ligation of common carotid arteries. In another model of the brain ischemia, i.e. the gravitational g-load, the combination of melatonin (5 mg/kg/d) with mexidol (25 mg/kg/d) or new 3-HOP derivative IBKhF-27 (25 mg/kg/d) demonstrated a neuroprotective effect that was stronger than of separate components. In the model of scopalamin-induced amnesia the combinations of melatonin (5 mg/kg/d) with mexidol (25 mg/kg/d) or IBKhF-27 (25 mg/kg/d) produced an anti-amnestic effect in mice that was stronger than of individual components. Therefore, the neuroprotective and anti-amnestic effects of melatonin combined with mexidol or IBKhF-27 are stronger than of any of these medicaments alone.

Key words: melatonin, mexidol, new 3-hydroxypyridine derivative IBKhF-27, combinations, neuroprotective and anti-amnestic effect.

УДК 579.65+632.953.1

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО ДЕЗИНФЕКЦИОННОГО СРЕДСТВА, ПОДАВЛЯЮЩЕГО ВСЕ СПЕКТР МИКРООРГАНИЗМОВ, КОНТАМИНИРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ КОСМОДРОМА БАЙКОНУР

Дешевая Е.А.¹, Хамидуллина Н.М.², Новикова Н.Д.¹, Поликарпов А.Н.¹, Гуридов А.А.¹, Орлов О.И.¹

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», г. Химки, Московская область

E-mail: Deshevaya@imbp.ru

В работе показаны поэтапные исследования, проведенные при выборе эффективного дезинфекционного средства, подавляющего широкий спектр бактерий и грибов, обнаруженных на поверхностях чистых помещений технологического комплекса Байконур. В результате проведенных исследований выбрано и рекомендовано для проведения мероприятий по обеззараживанию поверхностей помещений комплекса средство Экор производства фирмы АО НПО «Новодез».

Ключевые слова: микроорганизмы, дезинфекционное средство, технологический комплекс Байконур.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 35–40.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-35-40

Соглашением между Федеральным космическим агентством РФ и Европейским космическим агентством были определены положения по сотрудничеству в исследовании Марса робототехническими средствами путем реализации проекта «ЭкзоМарс», в котором важную роль играет осуществление программы планетарной защиты.

В соответствии со статьей IX Договора «О принципах деятельности по исследованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела» (Лондон/Вашингтон, 27 января 1967 г.), в применении к внеземным экспедициям необходимо предохранять исследуемые планеты и Землю от биологического загрязнения, иначе – осуществлять планетарную защиту. В связи с этим, Комитет по космическим исследованиям (COSPAR) разработал классификацию межпланетных экспедиций, установил требования по планетарной защите для всех участников соответствующих проектов и разработал рекомендации по их выполнению [1]. Краеугольным камнем политики планетарной защиты (планетарного карантина) является защита планет от земного микробиологического загрязнения, а также защита земных условий от возможного биологического загрязнения, исходящего от внеземных образцов или от возвращаемых зондов или систем.

Проект «ЭкзоМарс» включает в себя 2 межпланетные миссии – «ЭкзоМарс-2016» и «ЭкзоМарс-2018». Данная статья посвящена исследованиям, проведенным в рамках подготовки к старту космического аппарата (КА) «ЭкзоМарс-2016», успешный пуск которого состоялся 14 марта 2016 г. При реализации миссии «ЭкзоМарс-2016» роль российской стороны заключалась в предотвращении перезагрязнения (повторного загрязнения) европейского КА на космодроме Байконур в процессе подготовки к старту, что предполагало соблюдение определенных заданных требований по микробиологической чистоте поверхностей и сооружений технологического комплекса (ТК), а именно: бионагрузка поверхностей чистых помещений, в которых проводится заключительная сборка, должна быть не более 10000 колониеобразующих единиц КОЕ/м². и не более 1000 бактериальных спор/м². Проведенная первичная оценка биоконтаминации поверхностей технологического комплекса (ТК) Байконур показала, что в отдельных зонах численность микроорганизмов превышала 10⁶ КОЕ/м². Для выполнения требований по микробиологической чистоте была разработана программа мероприятий, основным положением которой являлось снижение уровня микробной нагрузки поверхностей помещений ТК, в том числе, с помощью использования эффективного дезинфицирующего средства.

Перед исследованиями был проведен анализ дезинфицирующих средств, используемых в России.

Основные действующие вещества, входящие в их состав – это галогенсодержащие, альдегидсодержащие и кислородсодержащие препараты, четвертичные аммониевые соединения (ЧАС), гуанидины, спирты и др. Современное дезинфицирующее средство представляет собой композицию на основе сбалансированной формулы, включающей одно или несколько активно действующих веществ в соотношениях, позволяющих добиться максимального синергизма в отношении наиболее устойчивых микроорганизмов, а также функциональные добавки, целенаправленно изменяющие их свойства.

У каждого из химических дезинфектантов есть определенный спектр антимикробной активности, который является одной из важнейших характеристик дезинфицирующего средства. Сочетание нескольких химических агентов позволяет расширить спектр антимикробного действия препарата и сократить время обработки поверхности.

В последнее время широкое применение получили комплексные дезинфицирующие средства, в состав которых могут входить различные по составу химические соединения.

Для проведения первичного отбора дезинфекционных средств, разрешенных к применению в России, на основании инструкций по их применению, разработанных производителем, был сделан анализ их показателей, в котором учитывали следующие факторы:

- микробиологическую эффективность – средство должно обладать антимикробной активностью в отношении грамотрицательных и грамположительных бактерий, спорообразующих бактерий, а также плесневых грибов;
- безопасность применения, отсутствие запаха, малая токсичность, желательное отсутствие кожно-раздражающего действия;
- совместимость с обрабатываемыми материалами (отсутствие негативного воздействия на обрабатываемые предметы: рабочий раствор должен иметь нейтральный или близкий к нему pH);
- степень устойчивости к органической нагрузке;
- отсутствие воспламеняемости и взрывоопасности;
- простота в приготовлении, применении, удалении;
- хорошая растворимость в воде;
- активность в наименьших концентрациях;
- стабильность при хранении, то есть иметь срок хранения в невскрытой упаковке не менее 5 лет, срок годности рабочих растворов должен быть не менее 14 сут;
- средство должно быть предназначено для дезинфекции поверхностей помещений, поверхностей приборов.

При отборе средств (для проведения оценки их эффективности) внимание обращалось также на то, что рабочие растворы должны содержать минимальную концентрацию исходного средства.

Кроме комбинированных препаратов (например, смесь гуанидина и ЧАС) российского производства и 2 средств производства Германии, для первичных исследований были выбраны также средства с активным хлором, которые, по данным изготовителя дезинфекционных средств, относятся к сильно действующим и широко применяемым средствам. Выбор средств с содержанием хлора был связан с предложением европейских коллег использовать

средство, содержащее активный хлор, для обеззараживания поверхностей в чистой палатке, поставленной европейской стороной на ТК для работ с марсианским посадочным модулем.

Методика

С целью выбора дезинфекционного средства, которое предполагалось в дальнейшем использовать для проведения уборки на ТК Байконур, рассматривались только препараты, у которых в инструкциях по применению было показано, что они обладают всеми вышеперечисленными свойствами. Однако для окончательного выбора дезинфекционного средства необходимо было провести оценку его эффективности в отношении конкретных штаммов микроорганизмов, характерных для места использования данного препарата. В связи с этим, несмотря на то, что производитель проверял активность средства в отношении коллекционных штаммов, показанную в инструкции по применению, в работе проводилась оценка его антимикробной активности в отношении бактерий и грибов, выделенных с поверхностей чистых помещений ТК Байконур.

На основании проведенного анализа для первичного тестирования дезинфекционных средств были выбраны следующие средства и их рабочие концентрации: Хлоргекседин – 0,5%; Ди-хлор – 0,2 %; Дезэфект-Форварт – 2 %; Дезактив-хлор – 0,2 %; Магоз-дез – 5 %; Диабак – 2 %; Экор – 0,4 %; Эвалайн 4Д – 0,5 %; Велтогран – 2 %; Велтолет – 5 %; Терралин ПР – 1 %; Перфектан ТБ – 1 %; Бигуанид Флехе Н – 1 %; Септустин – 0,15 %; Сентосан – 2 %.

На 1-м этапе оценку антимикробной активности испытуемого средства проводили, используя полуколичественный диско-диффузионный метод [2]. Указанный метод основан на диффузии в плотную питательную среду испытуемого антимикробного препарата.

Метод заключался в однократной обработке стандартных дисков диаметром 5 мм растворами испытуемого антимикробного препарата. Диски накладывали на поверхность плотной питательной среды, предварительно засеянной одним из тест-микроорганизмов. В качестве питательной среды использовали трипказо-соевый агар для бактерий и картофельно-декстрозный агар для грибов.

Чашки Петри с культурами тест-микроорганизмов и дисками, обработанными разными средствами, помещали в термостат на 24 ч при температуре 37 °С для выращивания бактерий и на 5 сут при 28 °С – для выращивания грибов.

После истечения указанного срока производили учет результатов исследований путем измерения диаметра зоны задержки роста тест-микроорганизмов в мм вокруг вышеуказанных дисков.

В качестве тест-культур для этих исследований использовали бактерии и грибы банка штаммов, выделенных с поверхностей сооружений ТК Байконур микроорганизмов следующих видов:

– бактерии: *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pantoea agglomerans*, *Rhodococcus sp.*, *Micrococcus luteus*, *Comamonas acidovorans*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus auricularis*;

– грибы: *Asperillus versicolor*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus foetidus*, *Aureobasidium pullulans*, *Chaetomium globosum*, *Paecilomyces puntonii*, *Penicillium chrysogenum*, *Penicillium cyclopium*, *Penicillium expansum*, *Penicillium frequentans*, *Penicillium granulatum*, *Penicillium implicatum*, *Penicillium viridicatum*, *Ulocladium botrytis*, *Ulocladium chartarum*.

На 2-м этапе проводились исследования, подтверждающие антимикробную активность выбранных средств по методу, предложенному производителем. С этой целью создали ассоциацию бактерий и грибов.

Для приготовления взвеси каждой тест-культуры спорообразующих бактерий использовали суточную культуру, выращенную на плотной питательной среде (трипказо-соевый агар) при температуре 37 °С. Затем, для стимулирования спорообразования у бактерий рода *Bacillus*, готовили суспензию каждой отдельной культуры в физиологическом растворе и рассевали ее на поверхность разлитого в стерильные чашки Петри картофельного агара в объеме 0,2–0,5 мл на чашку. Инкубирование посевов производили в течение 48 ч при температуре 37 °С в термостате. По истечении 48-часовой инкубации чашки Петри с посевами вынимали из термостата и дополнительно выдерживали при комнатной температуре (20–22 °С) в присутствии естественного источника света в течение 5 сут.

В дальнейшем проводили контрольное исследование тест-культур бактерий, выращенных на картофельном агаре. Взвесь (смыв) каждой тест-культуры бактерии готовили в стерильном физиологическом растворе, используя эталонный стеклянный стандарт мутности на 10 единиц, что соответствует количеству микробных клеток 1 млрд/мл. Затем серией последовательных разведений в стерильном физиологическом растворе добивались концентрации взвеси каждого тест-микроорганизма, равной 10⁶ КОЕ/мл.

Для стандартизации тест-культур микромицетов штаммы выращивали в чашках Петри со средой Чапека и подтверждали видовую идентичность на основании анализа их культуральных и морфологических свойств, а затем высевали на скошенный агар (среда Чапека). Для приготовления взвеси (суспензии) спор грибов для заражения поверхности чашки Петри использовали тест-культуры грибов,

выращенные на среде Чапека при 28 °С, имеющие возраст от 14 до 28 сут, считая с момента пересева.

Суспензию спор грибов готовили в концентрации 10⁶ КОЕ/мл. Для этого в колбу (пробирку), содержащую 10 мл стерильного физиологического раствора, переносили споры гриба из пробирки с чистой культурой путем захвата спор бактериологической петлей.

Определение количества спор в суспензии осуществляли методом подсчета с использованием счетной камеры Горяева. Приготовленные суспензии спор грибов параллельно подвергали контролю для оценки их жизнеспособности.

Заражение поверхности квадратных чашек Петри осуществляли путем равномерного нанесения приготовленной взвеси спор бактерий и грибов, смешанных в равных частях, на их поверхность с помощью пипетки из расчета 10⁵–10⁶ КОЕ/см².

Затем чашки с нанесенными на их поверхность микробными клетками обрабатывали рабочими растворами дезинфицирующих средств. В исследованиях подтверждался рекомендованный производителем режим обработки. До и после проведения дезинфекционной обработки с поверхности чашек, зараженных ассоциацией бактерий и грибов, отбирались микробиологические пробы методом смыва. Далее проводили посев на питательные среды и определяли эффективность действия средства при 3-кратной повторности.

Результаты и обсуждение

На 1-м этапе исследований определялась антимикробная активность средств в отношении штаммов микроорганизмов, выделенных с поверхностей сооружений ТК Байконур при отборе проб в период активной работы в помещениях комплекса.

В табл. 1 представлены данные оценки антимикробной активности дезинфицирующих средств в отношении микроорганизмов, выделенных из разных зон помещений ТК Байконур.

Как видно из представленных данных, все средства с активным хлором не вызывали задержку роста грибов видов *Aspergillus niger* и *Aspergillus foetidus*. Рост споровых бактерий и грибов рода *Ulocladium* не подавлялся действием средств Дихлор и Дезактив-хлор.

Средство Мегаз-дез не вызывало задержку роста споровой бактерии *Bacillus licheniformis*. *A. niger* и *A. foetidus* были устойчивы к действию средства Эвалайн 4Д. Средства производителя Велт (Велтогран и Велтолет) практически не задерживали рост *Aspergillus niger*. Средство Перфектан ТБ не подавляло рост *Aspergillus versicolor*. Выявлена слабая антимикробная активность средств Септустин и Септосан в отношении плесневых грибов рода *Aspergillus* и пенициллов видов *P. implicatum* и

Таблица 1

Оценка антимикробной активности дезинфицирующих средств (зона задержки роста культуры в мм)

Дез. средства Видовой состав микроорганизмов	Хлорсегседин – 0,5%	Ди-хлор – 0,2 %	Дезфект-Форварт – 2,0 %	Дезактив-хлор – 0,2 %	Магоз-дез – 5 %	Диабак – 2 %	Экор – 0,4 %	Эвалайн 4Д – 0,5 %	Велторган – 2 %	Велтолет – 2 %	Терралин ПР – 1 %	Перфектан ТБ – 1 %	Бигуанид Флехе Н – 1 %	Септустин – 0,15 %	Септосан – 2 %
<i>Aspergillus versicolor</i>	20	10	12	10	27	14	16	14	15	17	14	0	14	0	0
<i>A. flavus</i>	10	10	9	9	14	12	14	8	9	16	16	12	16	0	0
<i>A. niger</i>	0	0	8	0	10	13	12	0	7	7	12	10	14	0	0
<i>A. foetidus</i>	0	0	0	0	12	12	12	0	8	10	11	11	13	0	0
<i>Aureobasidium pullulans</i>	30	20	22	25	35	35	35	35	22	25	25	21	25	25	20
<i>Ghaetomium globosum</i>	25	26	25	22	25	27	25	28	24	20	20	20	22	15	17
<i>Paecilomyces puntonii</i>	22	35	12	35	27	25	22	14	11	16	20	13	21	10	12
<i>Penicillium chrysogenum</i>	17	20	20	28	20	15	22	18	10	15	20	20	20	15	13
<i>P. cyclopium</i>	12	14	12	15	13	13	16	12	9	16	20	10	15	15	9
<i>P. expansum</i>	10	10	19	10	17	15	28	20	10	18	22	25	21	14	12
<i>P. frequentans</i>	8	25	11	20	12	12	10	10	9	12	13	19	19	0	10
<i>P. granulatum</i>	15	12	15	12	25	20	20	20	15	15	20	19	22	15	11
<i>P. implicatum</i>	20	12	12	13	26	20	30	24	12	19	18	10	18	0	0
<i>P. viridicatum</i>	10	10	12	10	10	16	18	9	12	18	14	9	15	0	11
<i>Ulocladium botrytis</i>	11	0	15	0	35	30	30	25	11	20	20	22	20	0	12
<i>Ul. chartarum</i>	17	0	15	0	35	20	30	25	15	30	20	11	20	8	13

Неспорообразующие бактерии

<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9	27	8	32	10	8	9	8	7	15	0	0	10	11	-
<i>Pantotea agglomerans</i>	15	25	13	27	14	15	16	15	7	14	26	25	28	26	-
<i>Rhodococcus spp.</i>	15	25	12	24	16	23	20	15	10	12	25	28	25	28	-
<i>Micrococcus luteus</i>	15	20	16	22	25	20	23	22	12	17	25	29	28	29	-
<i>Comamonas acidovorans</i>	15	28	19	28	26	28	27	25	15	26	28	29	18	20	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	14	25	14	22	17	15	18	15	12	16	24	24	26	24	-
<i>Staphylococcus auricularis</i>	20	30	20	22	22	20	20	24	12	12	26	28	29	20	-

Спорообразующие бактерии

<i>Bacillus subtilis</i>	13	0	15	0	15	19	19	15	12	12	22	20	25	13	-
<i>Bacillus licheniformis</i>	12	0	0	0	0	19	20	19	11	13	20	24	24	9	-

Таблица 2

Эффективность выбранных дезинфекционных средств

Средство	Исходная численность микроорганизмов на чашке до дезинфекции, КОЕ/см ²	Численность микроорганизмов после рекомендованной обработки, КОЕ/см ²	Эффективность, %
Диабак	1,6·10 ⁶	2,0·10 ¹	99,99
Экор	2,6·10 ⁶	0	100
Бигуанид Флехе Н	4,3·10 ⁶	0	100
Терралин ПР	3,9·10 ⁶	4,4·10 ²	99,99

P. viridicatum, а также микромицета вида *Ulocladium botrytis*.

Рост бактерии вида *Pseudomonas aeruginosa* не подавлялся средством Терралин ПР, но в отношении всех остальных бактерий и грибов была выявлена высокая антимикробная активность этого средства.

Таким образом, в результате проведенных первичных исследований были определены дезинфекционные средства, обладающие выраженными антимикробными свойствами в отношении наиболее широкого спектра бактерий и грибов, выделенных из разных зон ТК, а именно:

- Экор (АО НПО «Новодез», Россия), концентрация – 0,4 %;
- Бигуанид Флехе Н (Д-р Шумахер Гмбх, Германия), концентрация – 1 %;
- в качестве запасных средств: Диабак (ООО «ИНТЕРСЭН-плюс», Россия), концентрация – 2 %, и Терралин ПР (Шюльке и Майр Гмбх, Германия), концентрация – 1 %.

На 2-м этапе работ проводились исследования, подтверждающие тот факт, что данные средства способны обеззараживать 99,99 % микроорганизмов при обработке поверхности в режиме дезинфекционной обработки объектов по методам, предложенным производителями. Основные рекомендации производителей сводились к следующему:

- для средства Экор при концентрации рабочего раствора 0,4 %: время обеззараживания – 60 мин, способ обеззараживания – 2-кратное протирание;
- для средства Диабак при концентрации рабочего раствора 2 %: время обеззараживания – 30 мин, способ обеззараживания – 2-кратное протирание;
- для средств Бигуанид Флехе Н и Терралин ПР при концентрации рабочего раствора 1 %: время обеззараживания 10 мин, способ обеззараживания – 2-кратное протирание.

Оценку эффективности действия средства определяли по снижению численности жизнеспособных клеток микроорганизмов на чашках после проведения рекомендованных производителем режимов обработки.

В табл. 2 представлены данные об эффективности действия исследованных дезинфекционных средств в отношении выбранных микроорганизмов.

Как следует из табл. 2, все исследованные препараты обладали значительной антимикробной активностью. После 2-кратной обработки поверхности чашек средством Диабак сохранили жизнеспособность единичные пенициллы, а средством Терралин ПР – споровые бактерии. 100 % эффективность антимикробного действия была выявлена при обработке поверхностей чашек средствами Экор (Россия) и Бигуанид Флехе Н (Германия). Преимущество было отдано российскому средству Экор производства АО НПО «Новодез» (Москва), так как его эффективность была максимально высока при меньшем расходе (меньшей концентрации). Более того, важнейшим условием отбора дезсредства для применения на Байконуре для обработки, в том числе поверхностей технологического оборудования, было нейтральное pH, что характерно для средства Экор. Кроме того, поскольку работы по снижению уровня микробной нагрузки предполагалось выполнять на ТК Байконур, то в силу возможных проблем с транспортировкой, таможенными ограничениями и т.п. применение российского средства было полностью оправдано.

Выводы

1. Подтверждена необходимость использования штаммов микроорганизмов, выделенных с поверхностей ТК Байконур, для выбора наиболее эффективного дезинфекционного средства для обеззараживания сооружений ТК при выполнении требований по планетарной защите.

2. При проверке антибактериальных и антифунгальных свойств, заявленных производителями в инструкциях по применению дезинфекционных средств, было установлено, что штаммы микроорганизмов, выделенные с поверхностей чистых помещений сооружения ТК Байконур, устойчивы к действию большинства исследованных средств. Однако только у 4 из них заявленная рабочая концентрация обладала активностью в отношении всех тест-культур микроорганизмов.

3. Для проведения дезинфекционной обработки в помещениях ТК при выполнении требований по планетарной защите миссии «ЭкзоМарс-2016» рекомендовано дезинфекционное средство Экор (производитель АО НПО «Новодез», Москва), концентрация рабочего раствора – 0,4 %, время обеззараживания – 60 мин, способ обеззараживания – 2-кратное протирание.

Работа выполнена в рамках контракта № 15-12-860.

Список литературы

1. COSPAR planetary protection policy (20 October 2002; as amended to 24 March 2011). Approved by the Bureau and Council, World Space Council. Houston, Texas, USA.

2. *Лабинская А.С., Волина Е.Г.* Общая и санитарная микробиология. М., 2008.

Labinskaya A.S., Volina E.G. General and sanitary microbiology. Moscow, 2008.

Поступила 13.07.2016

CHOICE OF AN EFFECTIVE DISINFECTANT SUPPRESSING THE WHOLE SPECTRUM OF MICROORGANISMS CONTAMINATING SURFACES IN COSMODROME BAIKONUR ROOMS

**Deshevaya E.A., Khamidullina N.M.,
Novikova N.D., Polikarpov A.N., Guridov A.A.,
Orlov O.I.**

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 35–40

The paper describes the stepped investigations aimed to identify an effective disinfectant capable to suppress the broad spectrum of bacteria and fungi detected on surfaces in clean rooms of the Baikonur technological complex. As a result, disinfectant EKOR (Novodez, Russia) was chosen and recommended for decontamination of clean room surfaces.

Key words: microorganisms, disinfectant, Baikonur technological complex.

КЛИНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 616-001.11:616.281-001+612.841.1

СОСТОЯНИЕ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ В БУЛЬБАРНОМ ОТДЕЛЕ КОНЪЮНКТИВЫ У ПОСТРАДАВШИХ С АКУБАРОТРАВМОЙ СЛУХОВОЙ СИСТЕМЫ

Глазников Л.А.¹, Буйнов Л.Г.², Нигмедзянов Р.А.³, Сыроежкин Ф.А.¹, Сорокина Л.А.²

¹Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

²Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

³Казанский приволжский федеральный университет

E-mail: buynoff@yandex.ru

Наличие анатомической и функциональной связи сосудов глаза и мозга позволяет использовать показатели кровоснабжения бульбарного отдела конъюнктивы для оценки микрогемодинамики головного мозга. Для оценки микроциркуляции в бульбарном отделе конъюнктивы после акубарометрического воздействия было обследовано 87 человек, которые были разделены на 3 группы: со снижением слуха I степени (1-я группа), II степени (2-я группа) и лица контрольной группы (3-я группа). Биомикроскопию сосудов поверхностного слоя бульбарной конъюнктивы проводили с помощью щелевой лампы. Определяли сосудистые и внутрисосудистые изменения с расчетом парциальных индексов: индекс сосудистых изменений (ИСИ), внутрисосудистых изменений (ИВИ), периваскулярных изменений (ИПИ) и общий конъюнктивный индекс (ОКИ).

У обследуемых 1-й и 2-й групп выявлены значительные изменения микроциркуляции по сравнению с контрольной группой, что характеризовалось повышением у них парциальных и общих конъюнктивных индексов. Так, у пострадавших со снижением слуха II степени среднее значение ИСИ на стороне с повреждением слуха составляло 11,5 балла, на стороне без повреждения слуха – 8,5 балла; ИВИ – 8,0 и 5,75 балла соответственно; ИПИ – 1,0 и 0,75 балла. ОКИ у этой группы лиц равнялся 20,5 балла на стороне с повреждением слуха и 15,0 балла – на стороне без повреждения слуха.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что акубаротравма сопровождается не только снижением слуха, но и ухудшает состояние микроциркуляции у пострадавших.

Ключевые слова: акубаротравма, слуховая система, микроциркуляция, конъюнктива, тугоухость, взрывная травма.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 41–46.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-41-46

Тенденция развития человечества в настоящее время характеризуется расцветом научно-технического прогресса. Это обстоятельство способствует появлению широкого спектра новых профессий и специалистов, чья деятельность связана с неблагоприятным воздействием различных факторов, чрезмерная интенсивность воздействия которых может изменять самочувствие и функциональное состояние, негативно влиять на качество профессиональной деятельности и безопасность жизнедеятельности. Одним из факторов, способных оказывать повреждающее воздействие на организм человека, является меняющееся барометрическое давление жидкой или газообразной среды. Чрезмерное изменение барометрического давления приводит к возникновению баротравм – физическому повреждению различных органов и тканей, в числе которых баротравмы уха и глаза относятся к наиболее часто встречающимся. Перечень специалистов, среди которых эта патология наблюдается, в настоящее время достаточно широк и продолжает увеличиваться. Это и военнослужащие, использующие в своей деятельности различные подводные и воздушные средства передвижения, и лица, чья деятельность связана с выраженным акубаротравматическим воздействием, а также представители различных специальностей (подрывники, водолазы, парашютисты и др.), спортсмены (прыгуны в воду, дайверы, боксеры, стрелки и т.п.) [1].

Частота травм ЛОР-органов по опыту Великой Отечественной войны 1941–1945 гг. составляет 17,0 % [2]. В современных локальных войнах подобные травмы, характеризуются низкой частотой изолированных повреждений (29,0 %) и преобладанием контузий и травм сочетанного характера (от 71,0 до 83,4 %) от всех повреждений ЛОР-органов, преимущественно различные сочетания травм ЛОР-органов, глаз и челюстно-лицевой области [3–6].

Таблица

Индексы состояния микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы у лиц с акубаротравматическим повреждением слухового анализатора

Тяжесть повреждения слуховой системы	Сторона бульбарного отдела конъюнктивы	Индексы состояния микроциркуляции			
		ИСИ	ИВИ	ИПИ	ОКИ
I степень (1-я группа)	Со стороны поврежденного уха	11,50 ± 1,72	8,00 ± 0,94	1,00 ± 0,24	20,50 ± 2,30
	Со стороны противоположного уха	8,50 ± 0,93	5,75 ± 0,48	0,75 ± 0,05	15,00 ± 1,62
	Среднее значение	10,00 ± 1,30**	6,80 ± 0,71**	0,87 ± 0,15*	17,75 ± 1,96**
II степень (2-я группа)	Со стороны поврежденного уха	12,60 ± 1,34	12,00 ± 1,14	1,59 ± 0,23	26,19 ± 3,28
	Со стороны противоположного уха	10,41 ± 1,16	9,12 ± 0,83	1,12 ± 0,15	20,65 ± 2,37
	Среднее значение	11,51 ± 1,25**	10,56 ± 0,99**	1,35 ± 0,19**	23,42 ± 2,83**
Контроль (3-я группа)	Среднее значение	4,35 ± 0,39	2,30 ± 0,19	0,54 ± 0,03	7,19 ± 0,53

Примечание. Достоверность различий по сравнению с контролем: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

Статистические данные относительно акубарометрических травм слуховой системы в мирное время противоречивы, однако оценка величины итогового ущерба свидетельствует о высоких финансово-экономических потерях, связанных с утратой работо- и боеспособности военных специалистов летно-подъемного состава дальней, военно-транспортной и армейской авиации [7, 8]. Это объясняется не только высокой стоимостью материально-технического обеспечения их деятельности, но и тем обстоятельством, что после подобных травм дальнейшая профессиональная деятельность таких специалистов резко ограничена, в отличие от представителей других профессий.

В этой связи целесообразна коррекция отдельных элементов профилактики и лечения последствий акубарометрических травм, проведения слуховой и вестибулярной реабилитации с последующей социальной адаптацией соответствующих специалистов [9, 10].

Одним из специфических признаков патогенеза взрывных травм является изменение показателей микроциркуляции крови [11]. Наличие анатомической и функциональной связи сосудов глаза и мозга позволяет использовать показатели кровоснабжения бульбарного отдела конъюнктивы для оценки микрогемодинамики головного мозга [12]. Несмотря на актуальность изучения этого параметра в раннем периоде травмы, работы, посвященные дифференциальной диагностике и прогнозу тяжести поражения на основе оценки микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы, ограничены несколькими исследованиями. Так, имеются указания об изменении сосудов глазного дна, лимба роговицы и гидродинамики глаза под влиянием акутравмы [13–15].

Методика

С целью оценки микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы после акубарометрического

воздействия было обследовано 103 человека в возрасте 19–36 лет с односторонним понижением слуха, которые проходили лечение в клиниках Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова с 1998 по 2013 г. На этапе отбора из исследования были исключены пострадавшие с сочетанной травмой глазного яблока, а также лица, обследование которых было затруднено вследствие тяжести общего состояния. Всего в исследовании участвовало 87 человек, которые были разделены на 3 группы. Первую группу составили 38 человек со снижением слуха I степени, 2-ю группу – 31 человек со снижением слуха II степени. Третью группу (контроль) составили 18 человек – лица, получившие механическую травму невзрывного генеза других областей.

Учитывая важность микроциркуляции в патогенезе осложнений акубаротравм, оценку этого показателя осуществляли сразу после травмы (1–5-е сутки) и на фоне проводимой терапии. Из существующих доступных методов клинического исследования микроциркуляции наиболее перспективной является биомикроскопия сосудов бульбарной конъюнктивы. Этот метод некоторые авторы рассматривают как «окно» в систему микроциркуляции всего организма [12, 13]. Биомикроскопию сосудов поверхностного слоя бульбарной конъюнктивы проводили с помощью щелевой лампы ЩЛ-56 в обычном и зеленом свете при 18-, 35-, 60-кратном увеличении с последующей их микрометрией, с помощью специальной линейки, встроенной в окуляр лампы, и микрофотографированием. В качестве объекта исследования был использован внутренний сегмент конъюнктивы глазного яблока [16, 17].

При проведении конъюнктивальной биомикроскопии вначале определяли сосудистые изменения, к которым относят такие патологические признаки, как неравномерность калибра, наличие аневризм, извитости микрососудов, сосудистых клубочков, артериоловеноулярных анастомозов. Артериоловеноулярные соотношения и количество

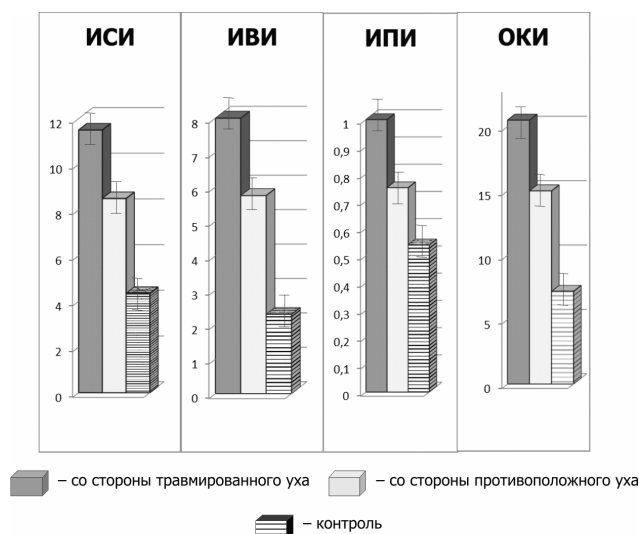


Рис. 1. Сравнительная оценка индексов состояния микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы у лиц с акубаротравмой слуховой системы I степени на стороне поражения и на противоположной стороне.

Здесь и на рис. 2: ИСИ – индекс сосудистых изменений; ИВИ – индекс внутрисосудистых изменений; ИПИ – индекс периваскулярных изменений; ОКИ – общий конъюнктивальный индекс

функционирующих капилляров относятся к измеряемым критериям сосудистых изменений. После оценки морфологического состояния стенок и формы микрососудов переходили к определению внутрисосудистых изменений, в частности, изменений скорости кровотока и наличия внутрисосудистой агрегации эритроцитов. Эти показатели в ряде случаев являются первыми проявлениями, свидетельствующими о развитии сосудистых и периваскулярных нарушений. Определяли следующие периваскулярные изменения: наличие липоидных и пигментных пятен, микрокровоизлияний, степень прозрачности конъюнктивы.

Помимо качественной оценки состояния микроциркуляции в сосудах бульбарной конъюнктивы применяли также количественный анализ наблюдаемых патологических изменений посредством применения балльной системы. Каждый патологический признак нарушения микроциркуляции (сосудистый, внутрисосудистый, периваскулярный) оценивали в зависимости от степени выраженности наблюдаемых изменений: 1 балл – слабо выраженный признак, 2 балла – средней выраженности, 3 балла – значительно выраженный. Это позволило подсчитать так называемые парциальные индексы: индекс сосудистых изменений (ИСИ), внутрисосудистых изменений (ИВИ), периваскулярных изменений (ИПИ). Суммируя парциальные индексы, подсчитывали общий конъюнктивальный индекс (ОКИ). Данная система качественно-количественной

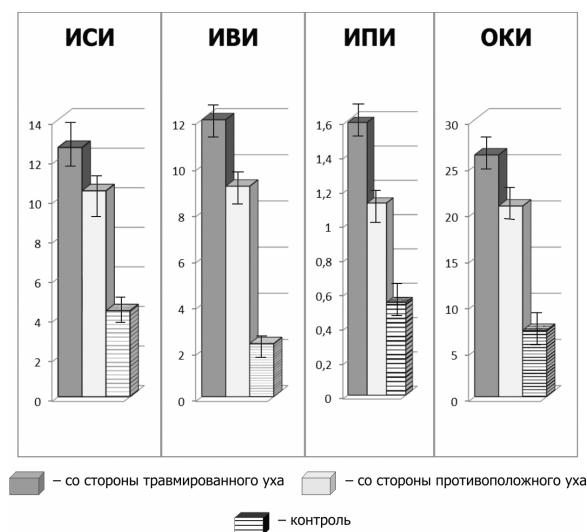


Рис. 2. Сравнительная оценка индексов состояния МЦ бульбарного отдела конъюнктивы у лиц с акубаротравмой слуховой системы II степени на стороне поражения и на противоположной стороне

оценки патологических признаков при проведении конъюнктивальной биомикроскопии позволила отразить динамику изменений микроциркуляции в процессе лечения или прогрессирования заболевания, а также оценить тяжесть патологического процесса.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования системы микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы у пострадавших со снижением слуха I и II степени тяжести представлены в таблице.

Как видно из представленных данных, у пострадавших 1-й и 2-й групп имелись значительные изменения микроциркуляции по сравнению с контрольной группой, что подтверждается повышением у них как парциальных индексов, так и ОКИ (рис. 1, 2). Эту закономерность наблюдали не только со стороны поврежденного уха, но и с противоположной стороны. Причиной этому является наличие нарушений, возможно, во всей системе микроциркуляции головы у пострадавших с акубаротравмой слуховой системы.

В обеих группах нарушения микроциркуляции в сосудах конъюнктивы на стороне повреждения слуха были более выраженными по сравнению с противоположной (см. табл.). Обнаружены изменения морфологии микрососудов, скорости кровотока по ним, агрегатного состояния эритроцитов.

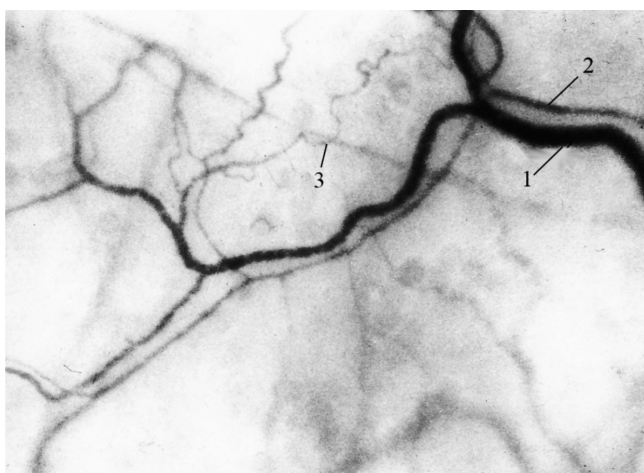


Рис. 3. Картина микрососудистого русла бульбарной конъюнктивы у лиц контрольной группы.

Артериолы прямолинейны, сопровождаются параллельно идущими венулами. Венулы имеют равномерный диаметр, небольшую извитость.

Здесь и на рис. 4: 1 – венула; 2 – артериола; 3 – капилляр



Рис. 4. Картина микрососудистого русла бульбарной конъюнктивы у лиц с акубаротравмой на поврежденной стороне.

Выраженная дилатация венул (в некоторых участках вплоть до атонии), неравномерность их калибра; выраженный спазм артериол; отек конъюнктивы (из-за которого не видны капилляры)

Следствием этого являлось нарушение проницаемости капилляров, сопровождавшееся изменением величин парциальных конъюнктивальных индексов. Так, у пострадавших со снижением слуха II степени среднее значение ИСИ на стороне с повреждением слуха составляло 11,5 балла, на стороне без повреждения слуха – 8,5 балла, ИВИ – 8,0 и 5,75 балла соответственно, ИПИ – 1,0 и 0,75 балла. ОКИ у этой группы лиц равнялся 20,5 балла на стороне с повреждением слуха и 15,0 балла – на стороне без повреждения слуха.

По сравнению с контрольной группой (рис. 3) у пострадавших 2-й группы сосудистые изменения на стороне с повреждением слуха проявлялись неравномерностью калибра венул (58 %), аневризмами капилляров и артериол (50 %), извитостью венул и капилляров (100 %). Характерным для них было проявление спастикоатонического состояния микрососудов, что подтверждалось уменьшением артериоловенулярных соотношений от 1:6 до 1:7 (при норме 1:2 и 1:3). Эта картина была типичной для всех пострадавших этой группы на стороне с повреждением слуха (рис. 4). Внутрисосудистые нарушения были выраженными и стойкими. Они проявлялись замедлением скорости кровотока как в венулах, так и в капиллярах и артериолах. В некоторых микрососудах отмечалось ретроградное движение крови и даже ее кратковременная остановка.

У большинства пострадавших с повреждением слуха выявили различную степень внутрисосудистой агрегации эритроцитов. Так, 1-ю степень агрегации эритроцитов (агрегация в венулах) наблюдали у

всех пострадавших на стороне с повреждением слуха; агрегация эритроцитов 2-й степени (в венулах и капиллярах) обнаружена также у 100 % пострадавших; агрегация эритроцитов 3-й степени (в венулах, капиллярах и артериолах) отмечалась у 78 % пострадавших. В итоге ИВИ на стороне с повреждением слуха достоверно был значительно выше, чем аналогичный индекс на неповрежденной стороне (8,0 и 5,75 балла соответственно). Периваскулярные изменения на поврежденной стороне также были более выраженными по сравнению с непораженной стороной. Чаще наблюдали такие изменения, как периваскулярные отеки, реже – микрокровоизлияния. ИПИ на поврежденной стороне был равен 1,0 балла, а на здоровой – 0,75 балла.

Суммирование всех парциальных индексов показало, что общий конъюнктивальный индекс на стороне с повреждением слуха значительно больше (20,5 балла) по сравнению с ОКИ на стороне, где отсутствует поражение слуха, – 15,0 балла. У пострадавших со снижением слуха I степени отмечали такую же закономерность, но при меньшей степени выраженности в отношении нарушения микроциркуляции на стороне, где выявлено повреждение слуха, и на стороне, где выявлено его отсутствие. Сосудистые нарушения в этой группе на стороне с повреждением слуха сопровождались аналогичными патологическими признаками, как и у пострадавших со средней степенью взрывной травмы (неравномерность калибра венул, аневризмы капилляров и артериол, извитость венул и капилляров). На поврежденной стороне отмечено такое

же спастико-атоническое состояние микрососудов. ИСИ на поврежденной стороне у данной группы лиц равнялся 12,6 балла, а на здоровой – 10,41 балла. Внутрисосудистые нарушения на поврежденной стороне также были более выраженными по сравнению со здоровой, на что указывает ИВИ, равный 12,0 балла на поврежденной стороне и 9,12 балла – на здоровой. Комплекс патологических признаков был таким же, как и во 2-й группе пострадавших (замедление кровотока, ретроградное его движение, вплоть до остановки кровотока в отдельных микрососудах, различная степень агрегации эритроцитов). Периваскулярные нарушения у этой группы пострадавших с повреждением слуха также были значительно выражены по сравнению со здоровой стороной, на что указывает величина ИПИ (1,59 балла на пораженной и 1,12 балла на здоровой).

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что акубаротравма не только сопровождается снижением слуха, но и ухудшает состояние микроциркуляции у пострадавших. Так, среди объективных показателей морфологических нарушений в микрососудах выявлены неравномерность калибра, аневризмы, извитость, а также расстройство их тонуса (чаще всего спастикоатоническое), замедление скорости кровотока, появление различной степени внутрисосудистой агрегации эритроцитов, нарушение проницаемости капилляров и мутный фон конъюнктивы. Полученные результаты свидетельствуют о том, что акубаротравма обуславливает появление изменений в микроциркуляции и играет существенную роль в нарушении функции слуха. В связи с этим представляется целесообразным проведение конъюнктивальной биомикроскопии глазного яблока обоих глаз всем пострадавшим с акубаротравмой и нарушением слуха как на стороне поврежденного уха, так и на стороне, где слух не изменен. Это позволит объективно оценить микроциркуляцию на стороне поврежденного уха и установить тяжесть нарушений, а также необходимость коррекции применяемых схем и методов лечения.

Выводы

1. Изменение микроциркуляции крови в бульбарном отделе конъюнктивы при акубаротравме опосредованно характеризует степень нарушений кровообращения в сосудистой полоске внутреннего уха и центральных звеньях звукопроводящих путей слуховой системы. Индексы сосудистых изменений бульбарного отдела конъюнктивы более 11,5 балла, внутрисосудистых – более 8 баллов, периваскулярных – более 1 балла и общего конъюнктивального – более 20 баллов являются прогностически неблагоприятными показателями и могут служить критериями оценки тяжести акубаротравматического

поражения звуковоспринимающей части слуховой системы (тугоухости II и более степени).

2. Метод исследований микроциркуляции сосудов в бульбарном отделе конъюнктивы глаза позволяет оценить адаптационные возможности слухового анализатора в экстремальных условиях. При отборе специалистов для работы в условиях повышенных звуковых перегрузок метод оценки микроциркуляции бульбарного отдела конъюнктивы может быть одним из показателей с высоким уровнем достоверности оценки физиологических возможностей слухового анализатора.

Список литературы

1. Митрофанов В.В., Пашинин А.Н., Бабиак В.И. Физические факторы среды и внутреннее ухо. СПб., 2003.
Mitrofanov V.V., Pashchinin A.N., Babiyak V.I. Physical factors of the environment and the inner ear. St. Petersburg, 2003.
2. Захаров Ю.М. и др. Перспективы использования современных информационных технологий в обработке медицинской информации о раненых и больных на основании опыта Великой Отечественной войны и боевых действий в Афганистане // Вестник Рос. воен.-мед. акад. 2015. № 2. С. 210–216.
Zaharov Yu.M. et al. Prospects of use modern information technologies in processing medical information about the injured and the sick on the basis the experience the Great Patriotic War and combat operations in Afghanistan // *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii.* 2015. № 2. P. 210–216.
3. Oleksiak M. et al. Audiological issues and hearing loss among Veterans with mild traumatic brain injury. // *J. Rehabil. Res. Dev.* 2012. V. 49. № 7. P. 995–1004.
4. Миронов В.Г., Григорьев С.Г., Евдокимов В.И., Гаврилов Е.К. Анализ боевых повреждений ЛОР-органов у военнослужащих при проведении контртеррористической операции на Северном Кавказе (1999–2002 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2015. № 2. С. 61–67.
Mironov V.G., Grigor'ev S.G., Evdokimov V.I., Gavrilov E.K. Analysis of battle damage of ENT in the military in counterterrorism operations in the North Caucasus (1999–2002) // *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2015. № 2. P. 61–67.
5. Миронов В.Г., Паневин П.А., Коровин П.А., Антонов М.В. Величина и структура санитарных потерь ЛОР-профиля в современных локальных конфликтах // Вестник оториноларингологии. 2012. № 4. С. 48–50.
Mironov V.G., Panevin P.A., Korovin P.A., Antonov M.V. Size and structure of sanitary losses in ENT profile in today's local conflicts // *Vestnik otorinolaringologii.* 2012. № 4. P. 48–50.
6. Чиж И.М. и др. Опыт медицинского обеспечения войск во внутреннем вооруженном конфликте 1999–2002 гг. Ростов-на-Дону, 2014.

Chizh I.M. et al. Experience of medical support of troops in an internal armed conflict in 1999–2002. Rostov-na-Donu, 2014.

7. Lew H.L. et al. Auditory dysfunction in traumatic brain injury // J. Rehabil. Res. Dev. 2007. V. 44. № 7. P. 921–928.

8. Fausti S.A. et al. Auditory and vestibular dysfunction associated with blast-related traumatic brain injury // Ibid. 2009. V. 46. № 6. P. 797.

9. Глазников Л.А. и др. Медицинская помощь при травмах ЛОР-органов в условиях чрезвычайных ситуаций // Victims in emergency situations. Management, trauma and PTSD, pharmacology, rehabilitation, innovations. Under the editorship R.A. Nigmedzyanov, L.A. Glaznikov. N.Y., P. 260–320.

Glaznikov L.A. et al. Medical care for ENT-injuries in emergency situations // Victims in emergency situations. Management, trauma and PTSD, pharmacology, rehabilitation, innovations. Under the editorship R.A. Nigmedzyanov, L.A. Glaznikov. N.Y., P. 260–320.

10. Сыроежкин Ф.А., Морозова М.В. Слуховая реабилитация пострадавших с последствиями черепно-мозговых травм, сочетанных с травмами уха // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2016. № 3. С. 25–33.

Syroezhkin F.A., Morozova M.V. Auditory rehabilitation of patients with consequences of traumatic brain injury combined with injuries of the ear // Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh. 2016. № 3. P. 25–33.

11. Военно-полевая хирургия локальных войн и вооруженных конфликтов: Руководство / Е.К. Гуманенко, И.М. Самохина, ред. М., 2011.

Military field surgery in local wars and armed conflicts: Manual / E.K. Gumanenko, I.M. Samokhina, eds. Moscow, 2011.

12. Орлов В.М. Источники кровоснабжения конъюнктивы глазного яблока человека // Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. 1979. Т. 77. № 11. С. 21–26.

Orlov V.M. Sources of blood supply of the conjunctiva of the eyeball of human // Arkhiv anatomii, gistologii i embriologii. 1979. V. 77. № 11. P. 21–26.

13. Kunitomo N. Microcirculation of human conjunctiva // Nihon. Ganka Gakkai Zasshi. 1972. V. 76. № 10. P. 1344–1376.

14. Lew H.L. et al. Auditory and visual impairments in patients with blast-related traumatic brain injury: Effect of dual sensory impairment on Functional Independence Measure // J. Rehabil. Res. Dev. 2009. V. 46. № 6. P. 819–826.

15. Alam M. et al. Ocular injuries in blast victims // J. Pak. Med. Assoc. 2012. V. 62. № 2. P. 138–142.

16. Иванов В.С., Крылов В.Е., Алексеев А.Г. Способ диагностики стороны преимущественного поражения

головного мозга при черепно-мозговой травме: Патент на изобретение RUS 2022522. 1994.

Ivanov V.S., Krylov E.V., Alekseev A.G. Method of diagnosing the predominant side of brain lesions in traumatic brain injury: Patent for invention RUS 2022522. 1994.

17. Сарапульцев П.А. Трельская Н.Ю. Способ диагностики состояния микроциркуляторного русла: Патент на изобретение RUS 2311115. 2005.

Sarapul'tsev P.A., Trel'skaya N.Yu. Method for diagnosing the state of microcirculation: Patent for invention RUS 2311115. 2005.

Поступила 29.11.2016

MICROCIRCULATION OF BLOOD IN THE BULBAR CONJUNCTIVA IN PATIENTS WITH AUDITORY SYSTEM ACUBAROTRAUMAS

Glaznikov L.A., Buynov L.G., Nigmedzianov R.A., Syroezhkin F.A., Sorokina L.A.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 41–46.

The anatomical and functional connectivity of ocular and brain vessels makes it possible to use indices of the bulbar conjunctiva blood supply to assess dynamics of microcirculation in the brain. Microcirculation in the bulbar conjunctiva was assessed in 87 people divided into 3 groups: with hearing loss of category 1 (group 1) and category II (group 2) and control (group 3). The slit-lamp biomicroscopy had the aim to find vascular and intravascular changes and calculate partial indices of vascular changes (VCI), intravascular changes (IVC), perivascular changes (PVC) and the total conjunctiva index (TCI).

Significant deviations in microcirculation diagnosed in groups 1 and 2 but not in the control group included increases of partial and total conjunctiva indices. For instance, for post-acubarotrauma patients (category II hearing loss) mean VCI on the afflicted side rated 11.5 and 8.5 on the normally hearing side; IVC – 8.0 and 5.75, respectively; PVC – 1.0 and 0.75, respectively. In this group, TCI was equal to 20.5 on the affected side and 15.0 on the healthy side.

These results evidence that acubarotrauma causes not only loss of hearing but also impairs microcirculation of blood.

Key words: acubarotrauma, hearing system, microcirculation, conjunctiva, bradyacusia, explosive trauma.

УДК

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПОЛОЖЕНИИ ЛЕЖА НА ВНУТРИГЛАЗНОЕ ДАВЛЕНИЕ

Макаров И.А.^{1, 2}, Воронков Ю.И.¹

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

²Научный центр неврологии, Москва

E-mail: imak-ncn@mail.ru

Обследовано 19 молодых людей в возрасте от 18 до 30 лет, занимающихся пауэрлифтингом. Силовые упражнения (отжимы штанги определенного веса) выполняли в положении лежа в 2 режимах – при нормальном дыхании и на фоне задержки дыхания с натуживанием. Во время, до и после упражнений проводилась офтальмоскопия, лазерная сканирующая офтальмоскопия, измерение внутриглазного давления пневмотонометром. После жимов штанги у всех обследуемых регистрировали подъемы внутриглазного давления, в 3 случаях офтальмотонус превышал нормальные значения. Показатели офтальмотонуса зависели от предшествующей физической подготовки и были ниже у хорошо тренированных обследуемых. При офтальмоскопии физически неподготовленных обследуемых наблюдали увеличение диаметра вен сетчатки, исчезновение спонтанного венного пульса в головке диска зрительного нерва у 4 обследуемых, увеличение гиперемии соска зрительного нерва.

Основанием для проведения исследований явились случаи развития неблагоприятных изменений в органе зрения человека в длительных космических полетах.

Ключевые слова: пауэрлифтинг, ортостатическое положение, маневр Вальсальвы, внутриглазное давление, внутричерепное давление.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 47–51.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-47-51

Известно, что в условиях невесомости при недостаточном объеме в отсутствие физических нагрузок космонавты и астронавты быстро теряют мышечную и костную массу. В этой связи физическим упражнениям в условиях космического полета уделяется большое внимание. Не так давно разработана сравнительно новая система резистивных физических упражнений ARED, используемая, в основном на американском сегменте Международной космической станции (МКС) для профилактики гипокинезии и сохранения физической работоспособности. Исследования специалистов NASA свидетельствуют о том, что при выполнении физических упражнений на тренажере ARED помимо сохранения достаточной мышечной массы у астронавтов не

происходит значимой потери костной массы, чем достигается профилактика остеопороза [1–3].

Известно, что при выполнении некоторых физических упражнений, связанных с поднятием тяжелого веса, спортсмены нередко задерживают дыхание и натуживаются, как это происходит при маневре Вальсальвы. Это сопровождается приливом крови к голове и снижением венозного оттока. Все это, как правило, приводит к повышению внутричерепного давления и ухудшению кровоснабжения центральной нервной системы и органа зрения. При этом нередко спортсмены отмечают головокружение, быстропроходящее потемнение в глазах, а иногда и кратковременную потерю сознания [3–5].

В зарубежной литературе имеются многочисленные публикации о том, что в условиях длительной невесомости в органе зрения возникает ряд изменений, связанных, по-видимому, с внутричерепной гипертензией, которая в свою очередь является результатом перераспределения крови по направлению к голове. Эти изменения в органе зрения получили название VIIP-синдрома [5, 6]. Несмотря на то что причиной развития этого синдрома считается внутричерепная гипертензия, клиническая картина в органе зрения выявляется не у всех членов экипажа МКС. Следовательно, патогенез этого состояния остается неясным. Не исключено, что развитие VIIP-синдрома может быть связано, в том числе, с влиянием тяжелой физической нагрузки, которую выполняют члены экипажа, используя резистивные упражнения на фоне задержки дыхания и натуживания [1, 5]. Целью работы являлась экспериментальная проверка этого предположения.

Методика

Под наблюдением находилось 19 молодых людей в возрасте от 18 до 30 лет (в среднем 21,8 года), занимающихся ежедневно в фитнес-клубе. Для участия в исследовании отбирались здоровые лица после прохождения соответствующего обследования и консультаций клинических специалистов (терапевта, невролога, кардиолога, эндокринолога, отоларинголога,

офтальмолога). Офтальмологическое обследование включало определение остроты зрения каждого глаза по таблицам Головина – Сивцева с и без очковой коррекции, а также с диафрагмой 1,5 мм на расстоянии 5 м. Проводили исследование бинокулярного зрения. Определяли движения глазных яблок, конвергенцию, прямые и содружественные реакции зрачков на свет. Состояние глаз оценивали методами биомикроскопии на щелевой лампе, непрямой офтальмоскопии и методом лазерной конфокальной офтальмоскопии на аппарате HRT (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Germany). Внутриглазное давление (ВГД) измеряли с помощью пневмотонометра Reichert, поле зрения и возможное наличие скотом и светочувствительность сетчатки определяли с помощью автоматического периметра Tomey в режиме скрининг-теста.

В исследование не включали лиц, у которых были обнаружены отклонения в рефракции глаза (миопия больше 1,5 диоптрии, гиперметропия больше 1,0 диоптрии на одном из глаз), ВГД выше, чем 21 мм рт. ст. Не включали в исследование также лиц, применяющих какие-либо пероральные препараты или местно в виде глазных капель. Любые жалобы или симптомы в отношении органа зрения или наличие даже незначительных изменений в органе зрения (покраснение, жалобы на зуд, жжение) являлись причиной для исключения из исследований.

Моделирование условий для перераспределения крови по направлению к голове и кратковременного венозного застоя в головном мозге создавали путем тяжелой физической нагрузки в положении лежа, на фоне кратковременной задержки дыхания и натуживания. В качестве физической нагрузки применяли поднятие (так называемый жим) руками штанги определенного веса в положении лежа, используя для фиксации штанги специальные приспособления для пауэрлифтинга. Штанга состояла из металлического грифа (рукоятки) весом 7 кг и длиной 1,2 м, а также дополнительных приспособлений, так называемых блинов разного веса, которые нанизывались на гриф до фиксирующего элемента и затягивались снаружи гайкой большого диаметра. Индивидуальный вес поднимаемой штанги определяли следующим образом. Ежедневно в течение 1 нед каждый обследуемый отжимал максимальный вес штанги, который ему удавалось поднять с первого раза. От среднего значения максимального веса отнимали 20 %, оставшийся вес и являлся тем весом, который применялся в данном исследовании. Все исследования проводили в одно и то же время дня. В начале исследования осматривали глазное дно с помощью светового офтальмоскопа и лазерного сканирующего гейдельбергского офтальмоскопа. Перед началом упражнений в положении сидя проводили измерение ВГД бесконтактным пневмотонометром.

Для выполнения упражнений обследуемый занимал удобное положение лежа на спине на специальной скамье с фиксацией ног таким образом, чтобы гриф штанги приходился на условную линию, соответствующую нижнему уровню грудных мышц. При этом гриф штанги фиксировался в специальном тренажере над грудью спортсмена. В течение 5 мин обследуемый лежал неподвижно и равномерно дышал. В конце этого времени проводили 3-кратное измерение ВГД пневмотонометром. Затем обследуемый выполнял жим штанги определенного веса 4 раза (1-е упражнение) в течение 15–20 с. В 1-й серии упражнения выполнялись по общепринятой в пауэрлифтинге рекомендованной тренером методике. Перед жимом штанги обследуемый делал вдох, а при жиме – выдох, затем при опускании штанги снова вдох. После 4-го жима проводили 3-кратное измерение ВГД, затрачивая на обследование около 2–4 мин. Затем 4-кратные жимы повторяли снова (2-е упражнение) и после последнего жима измеряли ВГД и проводили офтальмоскопический осмотр глазного дна. Таким образом, всего выполняли 2 упражнения, каждое по 4 жима штанги. Продолжительность всех упражнений вместе с измерением ВГД и офтальмоскопией составила 6–10 мин.

Во 2-й серии упражнений, наоборот, во время жима обследуемому предлагали сделать глубокий вдох, затем задержать дыхание на 3–5 с со штангой на вытянутых руках, а после опускания штанги сделать выдох. Таким способом, добивались при задержке дыхания и удержании веса штанги на вытянутых руках дополнительного натуживания, как это происходит при выполнении маневра Вальсальвы. После 4-го жима проводили 3-кратное измерение ВГД (1-е упражнение). Затем 4-кратные жимы повторяли снова (2-е упражнение) и после последнего жима, как и в 1-й серии упражнений, измеряли ВГД и проводили офтальмоскопический осмотр глазного дна. Общая продолжительность упражнения с измерениями была такой же, как в 1-й серии.

Все обследуемые были распределены по 2 группам в зависимости от степени физической подготовки. Первая группа состояла из 11 молодых людей, условно названных физически неподготовленными для пауэрлифтинга, 2-я группа состояла из 8 спортсменов, занимающихся пауэрлифтингом не менее 1 года.

Общий вес спортсменов колебался от 68 до 95 кг (в среднем $81,4 \pm 9,3$ кг) при росте от 176 до 189 см. Так как физическая подготовка у всех была разная, различия в весе, который они поднимали, тоже были весьма значительными: от 27 до 87 кг (в среднем $51,7 \pm 7,8$). В 1-й группе вес штанги изменялся от 27 до 47 кг. Во 2-й группе обследуемых вес штанги был в пределах 57–87 кг.

Результаты и обсуждение

В данной работе приведены результаты исследований ВГД и офтальмоскопии для глазного яблока. При офтальмоскопии, проведенной перед началом исследований, на глазном дне не выявляли каких-либо изменений, и только у лиц, которые постоянно выполняли силовые физические упражнения дома или в тренировочном зале, отмечали увеличение диаметра вен. Исходное ВГД у всех обследуемых было в среднем $11,3 \pm 3,6$ мм рт. ст. (колебания ВГД были от 8 до 15 мм рт. ст.). В положении лежа в течение 5 мин перед выполнением силовых упражнений у всех обследуемых ВГД составляло в среднем $10,6 \pm 3,0$ мм рт. ст. (от 7 до 14).

После выполнения 1-й серии упражнений по общепринятой для пауэрлифтинга методике ВГД немного повысилось и составило в среднем $13,6 \pm 2,7$ мм рт. ст., $p < 0,01$ (колебания от 9 до 17 мм рт. ст.). Во 2-й серии упражнений с натуживанием и задержкой дыхания после 1-го упражнения с 4 отжиманиями штанги отмечали более высокие показатели ВГД, и в среднем они составили $18,2 \pm 5,1$ мм рт. ст., $p < 0,01$ (от 14 до 29). При этом у 11 обследуемых ВГД повысилось больше, чем на 5 мм рт. ст. (5–9), в то время как у 3 из них ВГД повысилось на 11, 13 и 17 мм рт.ст. Динамика ВГД в 1-й и 2-й сериях упражнений показана на рис. 1.

Прослеживается корреляция между физической тренированностью и изменениями ВГД при поднятии штанги. У лиц с менее развитой мускулатурой, повышенным индексом массы тела и отсутствием тренировки или опыта физической подготовки колебания ВГД при поднятии тяжестей в условиях натуживания и задержки дыхания были более значительными, вне зависимости от веса штанги (рис. 2). Так, в 1-й группе, включавшей физически неподготовленных лиц, ВГД после выполнения 1-го упражнения повысилось до $21,8 \pm 5,5$ мм рт. ст., $p < 0,01$, а после 2-го упражнения – до $22,4 \pm 5,9$ мм рт. ст., $p < 0,01$, в то время, как у физически подготовленных обследуемых (2-я группа) ВГД повысилось до $17,2 \pm 5,5$ мм рт. ст., $p < 0,01$ и $17,0 \pm 4,7$ мм рт. ст., $p < 0,01$ соответственно. Другими словами, ВГД у обследуемых обеих групп после 2-го упражнения не отличалось от того, что было зафиксировано после 1-го упражнения. Однако различия между группами обследуемых были существенными.

После завершения выполнения всех упражнений в течение 5-минутного отдыха ВГД снизилось в среднем до $12,5 \pm 3,1$ мм рт. ст., $p < 0,01$, но в 1-й группе значения ВГД были выше ($14,3 \pm 2,8$ мм рт. ст.), $p < 0,01$.

При офтальмоскопическом осмотре после 1-й серии упражнений у всех обследуемых не отмечали каких-либо изменений на глазном дне по сравнению с осмотром до выполнения упражнений. После

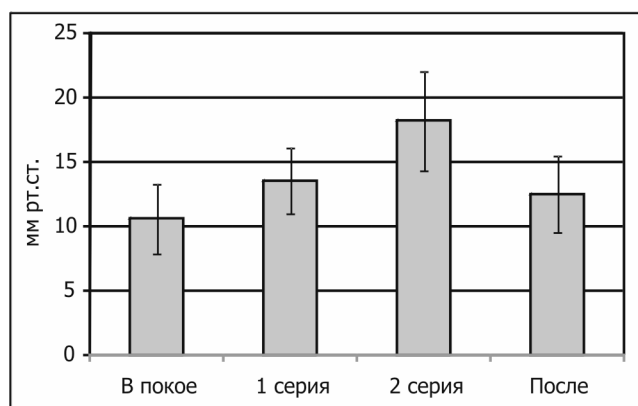


Рис. 1. Динамика ВГД обследуемых в зависимости от вида пауэрлифтинга: в 1-й серии – классические упражнения, во 2-й серии – упражнения с натуживанием и задержкой дыхания

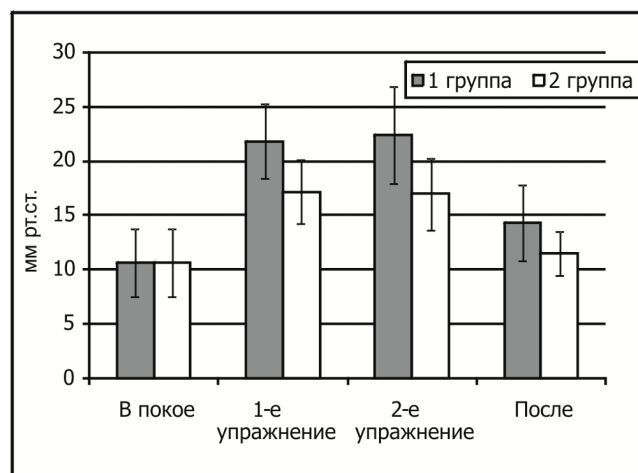


Рис. 2. Динамика ВГД обследуемых во 2-й серии упражнений (с натуживанием и задержкой дыхания) в зависимости от физической подготовки спортсмена

выполнения 2-й серии упражнений у 11 обследуемых 1-й группы и 2 обследуемых 2-й группы отмечали увеличение диаметра вен, их большее кровенаполнение, из них у 4 (30,8 %) – увеличение гиперемии соска зрительного нерва по сравнению с осмотром до силовых упражнений. Также у 4 обследуемых наблюдали исчезновение спонтанного венозного пульса центральной вены сетчатки в области диска зрительного нерва.

В проведенном исследовании с поднятием штанги определенного веса в положении лежа показано, что у всех обследуемых после физической нагрузки в той или иной степени повышается ВГД. Известно, что любая физическая нагрузка, связанная с поднятием тяжестей, приводит к повышению артериального давления (АД), которое при высоких значениях

может негативно сказаться на мозговом кровообращении [7]. Процесс саморегуляции мозгового кровообращения включает в себя ряд физиологических механизмов, которые позволяют защищать мозг от чрезмерной перфузии во время изменений кровяного давления [7, 8]. Эти механизмы активируются в течение 3–5 с в ответ на изменение АД и поддерживают мозговое кровообращение на необходимом уровне при колебании систолического давления от 70 до 150 мм рт. ст. [9]. Кроме повышения АД, в ходе выполнения физических упражнений, связанных с поднятием тяжестей, происходит резкое повышение внутригрудного и центрального венозного давления, что препятствует венозному оттоку из головного мозга по яремной венозной системе, приводя к снижению церебрального перфузионного давления и повышению внутричерепного давления [6]. Известно, что одним из офтальмологических симптомов повышенного венозного застоя и внутричерепного давления является исчезновение спонтанного венозного пульса центральной вены сетчатки в области диска зрительного нерва, что наблюдалось нами у некоторых обследуемых после длительной физической нагрузки с одновременной задержкой дыхания и натуживанием, что имитировало маневр Вальсальвы.

Авторы работы [4] установили, что при выполнении пробы Вальсальвы и поднятии тяжестей в положении лежа снижается скорость мозгового кровотока на 35 %. Это может сопровождаться головокружением, а в ряде случаев приводить к кратковременной потере сознания из-за урежения частоты сердечных сокращений, уменьшения сердечного выброса и уменьшения венозного возврата и как следствие снижения мозгового кровообращения. Помимо задержки дыхания и натуживания при удержании штанги на вытянутых руках, напряженные в таких случаях мышцы шеи и плеч дополнительно могут блокировать венозный возврат по яремной венозной системе к сердцу в связи с сжатием вен напряженными мышцами. Уменьшение венозного возврата по яремной вене и повышение давления в венозной сосудистой системе головного мозга неминуемо приводит к расширению и полнокровию вен, глазного дна, что мы и наблюдали у обследуемых, выполнявших упражнения по поднятию штанги в положении лежа, особенно при задержке дыхания на вдохе. У некоторых обследуемых, которые не были хорошо физически развиты, венозный застой распространялся и на сосуды зрительного нерва, в ряде случаев при офтальмоскопии глазного дна наблюдалась гиперемия диска зрительного нерва.

Известно, что при выполнении маневра Вальсальвы за счет увеличения давления в яремной и глазной венозных системах повышается также давление и в эписклеральных венах и венозных

синусах в трабекулярной сети глаза. Это неминуемо приводит к снижению градиента давления в трабекуле между венозными синусами и внутриглазной жидкостью, что сказывается на ее оттоке, приводя к внутриглазной гипертензии. По-видимому, по этой причине у всех обследуемых было зафиксировано повышение ВГД, и в некоторых случаях оно было выше нормальных показателей офтальмотонуса. По данным литературы, кроме повышения ВГД [4, 11–13], при выполнении физических упражнений в условиях, близких к маневру Вальсальвы, может наблюдаться отек хориоидеи, а также появление скотом в поле зрения [9, 13, 15].

Напротив, при выполнении силовых упражнений без задержки дыхания и натуживания не отмечено столь существенного повышения ВГД, особенно в группе тренированных спортсменов. Во всех случаях ВГД у этой группы обследуемых не превышало нормальных показателей офтальмотонуса. При офтальмоскопическом осмотре не наблюдали также увеличения просвета и полнокровия вен сетчатки.

Выводы

Выполнение силовых упражнений в положении лежа сопровождается повышением ВГД и застойными явлениями на глазном дне. Изменения были более выражены у обследуемых, находившихся в худшей физической форме и менее тренированных. Исследования свидетельствуют о неблагоприятном воздействии на орган зрения прежде всего физических упражнений на фоне задержки дыхания и натуживания, как при маневре Вальсальвы. Не исключено, что в условиях космического полета физические упражнения, сопряженные с задержкой дыхания и натуживанием, могут быть причиной возникновения у экипажей некоторых изменений в органе зрения и развития клинической картины VIIP-синдрома.

Список литературы

1. Deng C., Wang P., Zhang X., Wang Y. Short-term, daily exposure to cold temperature may be an efficient way to prevent muscle atrophy and bone loss in a microgravity environment // *Life Sci. Space Res.* 2015. № 5. P. 1–5.
2. Jones J.A., Pietrzyk R.A., Whitson P.A. Musculoskeletal response to space flight // *Principles of clinical medicine for space flight* / M.R. Barratt, S.L. Pool, eds. 2008. N.Y., P. 293–307.
3. Loehr J.A., Lee S.M., English K.L. et al. Musculoskeletal adaptations to training with the advanced resistive exercise device // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2011. V. 43. № 1. P. 146–156.
4. Mills P.E., Hooper D.W., Chang P.L., Wolf R. Effects of Valsalva's manoeuvre on intraocular pressure // *Can. J. Ophthalmol.* 1994. V. 79. P. 2973–2976.

5. Mousavi S.R., Fehlner A., Streitberger K.-J. et al. Measurement of in vivo cerebral volumetric strain induced by the Valsalva maneuver // J. Biomech. 2014. V. 47. № 7. P. 1652–1657.

6. Богомолов В.В., Кузьмин М.П., Даниличев С.Н. К вопросу о внутричерепной гипертензии у астронавтов в условиях длительной невесомости // Авиакосм. и экол. мед. 2015. Т.49. № 4. С. 54–58.

Bogomolov V.V., Kuzmin M.P., Danilichev S.N. On the intracranial hypertension in astronauts during long-term microgravity // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2015. V.49. № 4. P. 54–58.

7. Lin Y.L., Po H.L., Hsu H.Y. et al. Transcranial Doppler studies on cerebral autoregulation suggest prolonged cerebral vasoconstriction in a subgroup of patients with orthostatic intolerance // Ultrasound in Medicine and Biology. 2011. V. 37. № 10. P. 1554–1560.

8. Talman W.T., Dragon D.N., Lin L.H. Baroreflex influences on cerebrovascular autoregulation // Autonomic Neurosci. 2015. V. 192. № 11. P. 28.

9. Powers W.J., Zazulia A.R. Cerebral metabolism and blood flow // Encyclopedia of the Neurological Sciences (2nd ed.). 2014. N.Y., P. 683–684.

10. Brody S., Erb C., Veit R., Rau H. Intraocular pressure changes: the influence of psychological stress and the Valsalva maneuver // Biolog. Psychol. 1999. V. 51. № 1. P. 43–57.

11. Lavery W.J., Kiel J.W. Effects of head down tilt on episcleral venous pressure in a rabbit model // Exp. Eye Res. 2013. V. 111. P. 88–94.

12. Vieira G.M., Oliveira H.B., Tavares D. et al. Intraocular pressure variation during weight lifting // Arch. Ophthalmol. 2006. V. 124. № 10. P. 1251–1254.

13. Falcão M., Vieira M., Brito P. et al. Spectral-domain optical coherence tomography of the choroid during Valsalva maneuver // Am. J. Ophthalmol. 2012. V. 154. № 4. P. 687–692.

14. Gurwood A.S. Effects of weight lifting on pressure // Optometry. 2007. V. 78. № 2. P. 51–52.

15. Peters N., Holtmannspötter M., Büttner U. Valsalva-maneuver induced recurrent transient bilateral visual loss // Clin. Neurol. and Neurosurg. 2011. V. 113. № 2. P. 150–152.

Поступила 28.06.2016

EFFECT OF PHYSICAL LOADS IN SUPINE POSITION ON INTRAOCULAR PRESSURE

Makarov I.A., Voronkov Yu.I.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 47–51

Test-subjects were 19 young powerlifting people aged from 18 to 30 years. Strength training, i.e. the jerk in the supine position was performed either breathing in the usual way or holding breath simultaneously with straining. Ophthalmoscopy, laser scanning ophthalmoscopy and intraocular pressure measurements using a pneumatic tonometer were conducted before, during and after training. After jerks, intraocular pressure elevation was observed in all test-subjects; in three test-subjects the ophthalmic tone overpassed normal values. The ophthalmic tone was fitness-dependent and lower in well-trained subjects. Ophthalmoscopy of physically unfit subjects discovered increases in retinal vein diameters, disappearance of spontaneous venous pulsation in the optic disk in four subjects, and exaggerated hyperemia of the optic papilla.

The incentive for the investigation was documented unfavorable changes in the human visual organ in long-duration space missions.

Key words: powerlifting, orthostatic position, Valsalva maneuver, intraocular pressure, intracranial pressure.

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 613.6.02+613.62+613.67

СТРАТЕГИЯ-2020: МЕДИЦИНСКИЙ АСПЕКТ. ЭКИПАЖИ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

**Мызников И.Л.¹, Милошевский А.В.², Бурцев Н.Н.³, Устименко Л.И.⁴, Аскерко Н.В.¹,
Маточкина А.А.^{3, 4}**

¹ГосНИИ прикладных проблем, Санкт-Петербург

²«1469 Военно-морской клинический госпиталь» Минобороны России, г. Североморск

³Медицинская служба Северного флота, г. Североморск

⁴Отдел (военно-врачебной экспертизы, Североморск) филиала № 1 ФГКУ «Главный центр военно-врачебной экспертизы» Минобороны РФ, г. Североморск

E-mail: myznikov@nm.ru

Изучены материалы установленной ежегодной отчетной документации медицинской службы соединений кораблей (годовой отчет и объяснительная записка по итогам медицинского обеспечения) на массиве наблюдений (подводники экипажей дизельных подводных лодок $\approx 4,5$ тыс.; подводники экипажей атомных подводных лодок $\approx 20,5$ тыс.), отчетные материалы штатной военно-врачебной комиссии флота (отчет и объяснительная записка о результатах работы штатной военно-врачебной комиссии) за 2007–2015 гг. и материалы рабочего совещания от 18 июня 2008 г. по реализации медицинского раздела «Стратегии социального развития Вооруженных сил Российской Федерации на период до 2020 года».

Авторы предлагают новшества в систему распределения военнослужащих по группам здоровья. В статье указано на необходимость многофакторного сопряженного моделирования изучаемых процессов для повышения эффективности долгосрочных прогнозов.

При анализе многолетней статистической отчетности установлено, что травматизм как причина дает около половины случаев небоевой летальности у подводников.

Число лиц, состоящих под диспансерным динамическим наблюдением по различным нозологическим причинам на конец отчетного года, на соединениях дизельных подводных лодок может составлять от 2 до 4 % численности, а на соединениях атомных подводных лодок – от 7 до 12 %.

Ключевые слова: морская медицина, Вооруженные силы, социально-гигиенический мониторинг, Европейский Север, состояние здоровья, травматизм, летальность.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2017. Т. 51. № 2. С. 52–57.

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-52-57

В рамках реформы Вооруженных сил (ВС) Российской Федерации (РФ) был принят документ Минобороны России (МО), раскрывающий основные направления социального развития ВС, некоторые

из них были направлены на сохранение жизни и укрепление здоровья военнослужащих [1, 2]. Этот приказ МО РФ ввел в действие принятое решением Коллегии Министерства обороны РФ от 28 марта 2008 г. «Стратегию социального развития Вооруженных сил Российской Федерации на период до 2020 года» (далее – Стратегия-2020).

На примере планов Стратегии-2020 проанализированы некоторые принятые в этой программе индикаторы, позволяющие оценить тенденции в динамике показателей состояния здоровья членов экипажей подводных лодок, базирующихся на Европейском Севере, а также эффективность долгосрочного прогноза, сделанного в 2008 г., в интересах поэтапного контроля за реализацией этой программы.

Изучены материалы установленной ежегодной отчетной документации медицинской службы по форме 3-мед (годовой отчет и объяснительная записка по итогам медицинского обеспечения) на массиве наблюдений ($n_{\text{дпл}} \approx 4,5$ тыс.; $n_{\text{пла}} \approx 20,5$ тыс.), отчетные материалы штатной военно-врачебной комиссии по форме 5-мед (отчет и объяснительная записка о результатах работы штатной военно-врачебной комиссии) за 2007–2015 гг. и материалы рабочего совещания ГВМУ МО РФ 18 июня 2008 г. по реализации медицинского раздела Стратегии-2020 с прогнозируемой динамикой заданных индикаторов в период выполнения программы (информация, полученная при личном общении, 18.06.2008 г.) на момент его проведения.

Группы здоровья военнослужащих, проходивших военную службу по контракту, были сформированы в соответствии с приложением № 13 к Руководству... [3, 4].

К I группе состояния здоровья («здоровые») относят лиц, проходящих службу по контракту, не имеющих заболеваний или имеющих некоторые проявления перенесенных заболеваний, травм,

Таблица 1

Динамика основных индикаторов здоровья в экипажах подводных лодок

Группа здоровья	Категория	Год наблюдения									Целевой на 2020 г.
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
I	ПЛА	78,05	74,72	75,46	73,12	74,13	70,02	64,88	67,93	64,53	≥ 90,0
	ДПЛ	78,5	80,5	80,8	85,3	85,3	83,9	77,9	71,2	75,79	≥ 90,0
II	ПЛА	15,69	18,8	18,85	21,91	22,38	26,5	34,25	30,33	34,61	≤ 5,0
	ДПЛ	12,2	10,2	9,5	8,5	8,0	12,8	17,7	23,8	17,86	≤ 5,0
III	ПЛА	6,26	6,48	5,69	4,97	3,49	3,48	0,87	1,74	0,86	≤ 5,0
	ДПЛ	9,3	9,3	9,7	6,2	6,7	3,3	4,4	5,0	6,35	≤ 5,0
КЗ	ПЛА	60,88	56,71	57,94	55,46	57,31	52,47	47,71	50,77	47,33	≥ 55,97
	ДПЛ	60,02	62,5	62,68	70,55	70,26	70,27	61,58	53,21	58,05	≥ 55,97
Целевой КЗ (по спрогнозированным данным)		58,24	58,58	58,10	57,66	57,57	57,88	57,42	57,44	57,28	≥ 55,97

оперативных вмешательств без расстройства функций органов и систем и не влияющих на способность выполнять общие, должностные и специальные обязанности военнослужащих.

Во II группу состояния здоровья («практически здоровые») включают военнослужащих с хроническим течением заболеваний без нарушения функций органов и систем, имеющих проявления их последствий, периодические обострения, не ограничивающие способность выполнять общие, должностные и специальные обязанности военнослужащих. К этой группе относят также военнослужащих, имеющих риск возникновения различных заболеваний, а также подвергающихся воздействию профессиональных вредных факторов военного труда.

В III группу состояния здоровья («имеющие хронические заболевания») включают военнослужащих, которые имеют хронические заболевания с умеренными нарушениями функций органов и систем, периодическими обострениями, снижением способности выполнять общие, должностные и специальные обязанности военнослужащих, требующие периодического амбулаторного и стационарного лечения, а также временного диспансерного динамического наблюдения за ними в процессе боевой подготовки, на службе и в быту.

Рассчитывали в качестве интегрального показателя «коэффициент здоровья» (КЗ) [5]:

$$КЗ = A \cdot 100 / (A + 2 \cdot B + 3 \cdot V),$$

где А – доля лиц с I группой здоровья; В – доля лиц со II группой здоровья; V – доля лиц с III группой здоровья; 2, 3 – коэффициенты. Уровень заболеваемости рассчитан в промилле на 1000 человек.

Тенденции динамики во временных рядах исследованы в экспоненциальной, линейной, логарифмической, полиномиальных (до 6-й степени) и степенной моделях аппроксимации. Учитывалось,

что при значениях коэффициента детерминации (R^2), характеризующего долю влияния изучаемого факторного признака менее 0,6, резко снижается точность прогноза.

Для классификации заболеваний применена Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10).

Следует отметить, что военнослужащие плавсостава ВМФ на различных этапах учебно-боевой деятельности испытывают на себе не только неблагоприятное воздействие заполярного климата Европейского Севера, но и факторов обитаемости корабля, действие которых может усугубляться напряженностью несения службы, длительным отрывом от мест постоянного базирования, непрерывной герметизацией в длительном морском походе [6, 7].

Анализ результатов углубленного медицинского обследования военнослужащих показал, что в период реформы ВС РФ в кризисные (в макроэкономическом смысле) для государства годы произошло изменение состояния здоровья военнослужащих, проходивших службу в войсках и на флоте. С 2007 по 2015 г. КЗ в экипажах дизельных подводных лодок (ДПЛ) был на уровне 63,2 (усл. ед.) (среднее значение $A_v = 63,24$, среднее квадратическое отклонение $\sigma = 6,06$, коэффициент вариации $C_v = 9,58$, максимальное значение в наблюдаемый период $\max = 70,55$ (2010), минимальное значение в наблюдаемый период $\min = 53,21$ (2014)). В экипажах атомных подводных лодок (ПЛА): $A_v = 54,06$, $\sigma = 4,74$, $C_v = 8,78$, $\max = 60,88$ (2007), $\min = 47,33$ (2015). Динамика численности групп здоровья и КЗ представлена в табл. 1. Основной вклад в изменения КЗ внесли II и III группы. Соответственно II и III группы здоровья на ДПЛ: $A_v = 13,40$ ($C_v = 39,76$) и $A_v = 6,69$ ($C_v = 34,48$); на ПЛА: $A_v = 24,81$ ($C_v = 28,05$) и $A_v = 3,76$ ($C_v = 59,34$). Численность этих групп сильно варьировала в 2007–2015 гг.

Таблица 2

Предложения по систематизации состояния здоровья военнослужащих

Приказ Минобороны 2011 г. № 800 (группы здоровья военнослужащих, проходящих службу по контракту)		Предлагаемое распределение с сохранением принятых в документах понятий		Предложения по ведению статистической отчетной документации формы 3-мед	Планирование нуждающихся в проведении диспансерного динамического наблюдения и профилактических мероприятий
I	«Здоровые»	I	«Здоровые»		«Здоровые» ДДН – в соответствии с пп. 2, 41, 43, 46 приказа МО РФ 2011 г. № 800
II	«Практически здоровые»	IIa	«здоровые», имеющие риск возникновения различных заболеваний, а также подвергающиеся воздействию профессиональных вредных факторов военного труда	I группа («здоровые») (численность группы здоровья IIa вычитается из численности группы II и суммируется к группе I)	ДДН – в соответствии с пп. 2, 41, 43, 46, 47 приказа МО РФ 2011 г. № 800; лечебно-оздоровительные мероприятия – в соответствии с пп. 47, 48 приказа МО РФ 2011 г. № 800
		IIб	«Практически здоровые»	II группа («практически здоровые») (из численности группы II вычитается численность группы здоровья IIa)	
III	«Имеющие хронические заболевания»	III	«Имеющие хронические заболевания»	III группа («имеющие хронические заболевания»)	

В числе индикаторов эффективности реализации Стратегии-2020 предусматривалось сокращение к 2020 г. военнослужащих со II и III группами здоровья до 5 % в каждой группе. Был рассчитан КЗ «целевой» по материалам прогноза ежегодной динамики структуры распределения по группам здоровья на весь период исполнения программы, как это было спрогнозировано в 2008 г.

При аппроксимации временного ряда динамики I группы здоровья (полином 6-й степени, далее – п. 6-й ст.) для ДПЛ был получен положительный прогноз с вероятностью 98,67 %; для ПЛА – с вероятностью 89,85 % (п. 4-й ст.) положительный прогноз, а с вероятностью 95,78 % (п. 6-й ст.) – отрицательный. Во II группе здоровья в экипажах ДПЛ с вероятностью 99,33 % (п.6-й ст.) имеется направленность динамики на снижение доли лиц, в нее входящих, а с вероятностью 70,36 % (п. 2-й ст.) – увеличение. На ПЛА также возможны 2 варианта развития событий: как рост числа лиц во II группе здоровья – 96,93 % (п. 6-й ст.), так и его снижение – 93,08 % (п. 4-й ст.). Разнонаправленный прогноз был получен и по тренду численности лиц с III группой здоровья. На ДПЛ с вероятностью 89,79 % (п. 6-й ст.) – рост, а с вероятностью 89,75 % (п. 5-й ст.) – снижение. На ПЛА можно ожидать тренд, направленный как на рост численности III группы здоровья с вероятностью 96,27 %

(п. 6-й ст.), так и ее снижение – 95,18 % (п. 3-й ст.), а также достигнутый уровень может и стабилизироваться – 95,23 % (п. 4-й ст.).

Рост числа статистически учтенных подводников во II группе здоровья произошел по ряду причин. С одной стороны, сохраняется недостаточная первичная профилактика преимущественно на личностном уровне в среде военнослужащих, обусловленная слабым вниманием к своему состоянию здоровья, поздняя диагностика ранних стадий заболеваний, приобретающих хроническое течение. Возросла и учебно-боевая подготовка сил флота, повысившая физические и эмоциональные нагрузки на организм моряков. С другой стороны, выполнение требований приказа Минобороны РФ 2011 г. № 800 [3]. Ведь ко II группе здоровья относят также здоровых «военнослужащих, имеющих риск возникновения различных заболеваний, а также подвергающихся воздействию профессиональных вредных факторов военного труда» [4]. Это требует отдельного внимания.

Все подводники допускаются к исполнению своих военно-профессиональных обязанностей по результатам военно-врачебной экспертизы, они освидетельствуются как лица с дополнительными требованиями к состоянию здоровья по причине особых условий их военно-профессиональной деятельности, сопряженной с воздействием на их организм различных неблагоприятных факторов военного

Таблица 3

Структура первичной заболеваемости и ДДН в экипажах подводников по сумме наблюдений в 2013–2015 гг.

Класс по МКБ-10	ДПЛ		ПЛА		Оба класса ПЛ	
	первичные	состоит под ДДН	первичные	состоит под ДДН	первичные	состоит под ДДН
I	2,5	-	4,8	0,4	3,6	0,6
II	-	-	0,4	1,7	0,8	1,9
III	-	-	-	0,1	-	0,1
IV	0,3	2,2	3,8	11,3	2,8	7,2
V	0,3	-	0,2	0,6	0,1	0,2
VI	-	-	2,0	5,4	2,2	5,3
VII	1,1	-	3,4	1,6	4,8	2,9
VIII	1,4	-	4,7	0,4	3,8	0,4
IX	3,9	37,0	4,8	10,9	6,7	12,2
X	48,7	8,7	38,5	15,6	36,8	18,9
XI	4,2	13,0	8,9	17,5	8,4	15,6
XII	6,7	-	6,6	0,6	6,7	0,9
XIII	18,8	-	8,3	21,7	11,2	18,5
XIV	4,8	6,5	2,9	3,2	3,1	4,3
XV	-	-	-	-	-	-
XVI	-	-	-	-	-	-
XVII	0,3	-	-	-	-	-
XVIII	4,2	28,3	2,3	6,4	3,0	7,6
XIX	2,8	4,3	8,4	2,6	6,0	3,4
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

труда. Вследствие выполнения требований приказа МО РФ [3] логичным становится распределение численности экипажей ПЛ преимущественно во II группе здоровья. В I группу здоровья войдут только те подводники, кто имеет остаточные явления после перенесенных острых заболеваний, травм, оперативных вмешательств без расстройства функций органов и систем и не влияющих на способность выполнять общие, должностные и специальные обязанности военнослужащих. Здоровые подводники по действующему документу должны быть отнесены ко II группе здоровья, так как подлежат диспансерному динамическому наблюдению (ДДН) из-за того, что подвергаются воздействию профессиональных вредных факторов военного труда. Исходя из этого, строго применив критерии классификации, мы должны отнести здоровых людей, контактирующих с профессиональными вредностями по роду службы, во II группу здоровья («практически здоровые»), что по отчетной документации не прослеживается.

Сложившееся распределение военнослужащих по группам здоровья требует частичного редактирования порядка их распределения. Это позволит единообразно толковать результаты врачебных наблюдений в структуре групп здоровья, сохранит преемственность отчетной документации в ретроспективе, а также позволит более рационально планировать лечебно-профилактические мероприятия. Вторую группу здоровья, не корректируя критерии ее формирования, предлагаем разделить на 2 группы: IIa и IIб (табл. 2). Содержательной частью группы здоровья IIa и станет тот самый контингент

здоровых военнослужащих, имеющих риск возникновения различных заболеваний, вследствие того, что они систематически подвергаются воздействию профессиональных вредных факторов военного труда. Остальная численность статистической II группы здоровья войдет в группу IIб.

Помимо вышеперечисленного, определенную ясность следует внести и в понятие «риск возникновения различных заболеваний». Имеется ли в виду наличие факторов риска, которые являются предикторами известных нозологических форм, или речь идет о выявленных отклонениях в состоянии здоровья (класс XVIII «симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках», R00-R99), установленных фактах обращения за медицинской помощью (класс XXI «факторы, влияющие на состояние здоровья населения и обращаемость в учреждения здравоохранения», Z21-Z22)?

Мы проанализировали усредненные трехгодичные результаты по итогам 2013–2015 гг. в экипажах ПЛА и ДПЛ (табл. 3). По сравнению с полученными нами ранее данными за 2006–2011 гг. [8], можно утверждать что уровень заболеваемости несколько снизился в последние 3 года.

В структуре первичной заболеваемости у подводников (см. табл. 3) ведущим является X класс («болезни органов дыхания»), на 2-м месте – XIII класс («болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани»), на 3-м месте – XI класс («болезни органов пищеварения»). В экипажах ДПЛ также

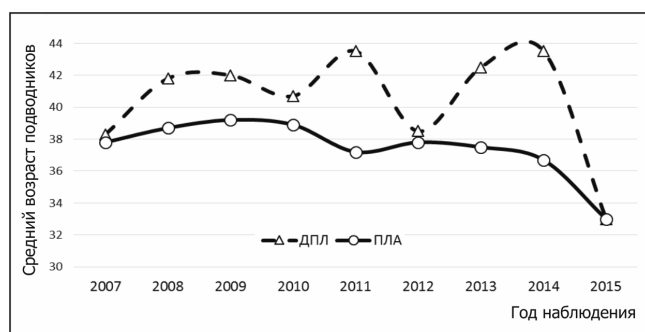


Рис. 1. Динамика величины среднего возраста офицеров, признанных по состоянию здоровья не годными к службе в плавсоставе на подводных лодках

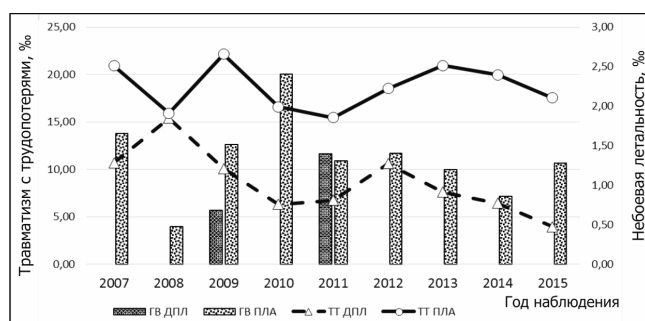


Рис. 2. Динамика уровня травматизма с трудовыми потерями (ТТ, левая вертикальная ось) и небоевой летальности военнослужащих (ГВ, правая вертикальная ось)

доминирует X класс, затем следуют XIII и XII классы («болезни кожи и подкожной клетчатки»). В экипажах ПЛА: X класс, затем XI, XIX («травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин») и XIII классы.

Число лиц, состоящих под диспансерным динамическим наблюдением по различным нозологическим причинам на конец отчетного года, на соединениях ДПЛ может составлять от 2 до 4 % численности, а на соединениях ПЛА – от 7 до 12 %. Структура распределения случаев ДДН у подводников представлена в табл. 3.

Из рис. 1 видно, что для решения проблемы продления профессионального долголетия военнослужащих предстоит самая кропотливая работа, так как за истекший период достичь устойчивой положительной динамики исполнения требований Стратегии-2020 и продлить профессиональное долголетие не удалось.

При аппроксимации полиномиальными моделями тренда динамики среднего возраста офицеров из когорты признанных по результатам углубленного обследования с последующим освидетельствованием негодными к службе в плавсоставе на подводных лодках (см. рис. 1) установлено, что тенденция имеет

неблагоприятную динамику, возраст может снизиться, на ДПЛ (п. 6-й ст.) – с вероятностью 88,01 %, на ПЛА (п. 6-й ст.) – с вероятностью 98,36 %. Причем на подводных лодках по результатам 2015 г. средний возраст изменения категории годности к службе в плавсоставе у подводников составил 33 года (max = 38 лет; min = 26 лет). Эта тенденция может быть объяснена как отражением реальных изменений в состоянии здоровья населения России, которое стало следствием затянувшегося периода перманентных кризисов в экономике и соответствующим уровнем жизни [9], влияющим на формирование образа жизни молодежи, так и повышением напряженности боевой подготовки сил флота, что нельзя исключать. Следствием этого становится факт поиска причин для списания молодых офицеров и мичманов, которые пройдя службу в плавсоставе в Заполярье более 10 лет, уже приобретают право на определенный набор социальных льгот.

Существенный вклад в уровень травматизма с трудовыми потерями у подводников вносят случаи получения травм во внеслужебное время. Их доля в наблюдаемый период в среднем составляет около 57,5 % (max = 81,5 % в 2008 г.; min = 36,4 % в 2011 г.). Здесь уместно заметить, что 2010 и 2011 г. стали временем наиболее интенсивной оптимизации (сокращения) штатов при проведении реформы Вооруженных сил, что сказалось и на повышении дисциплины военнослужащими как на службе, так и во внеслужебное время.

Аппроксимация динамики уровня травм с трудовыми потерями в экипажах ДПЛ (п. 6-й ст.) с вероятностью 95,4 % демонстрирует ее направленность на снижение, а на ПЛА (п. 6-й ст.) с вероятностью 86,61 %, наоборот, – на ее увеличение (рис. 2).

В структуре гибели военнослужащих (ГВ, небоевая летальность), проходящих службу по контракту, травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин составили, по нашим данным, 47,7 % случаев; болезни системы кровообращения (IX класс) – 28,5 % и новообразования (II класс) – 13,8 % (см. рис. 2). При такой структуре летальности есть существенные резервы для ее снижения, в первую очередь, за счет снижения числа травм, а также за счет повышения эффективности диспансеризации (IX и II классы).

Выводы

1. Ретроспективный анализ состояния здоровья подводников на Европейском Севере демонстрирует преимущественно положительные тенденции в реализации планов Стратегии-2020. При этом травматизм является причиной, которая дает около половины случаев небоевой летальности у подводников.
2. Некоторые учитываемые статистические показатели требуют оптимизации и структурирования,

чтобы иметь единообразное толкование, а следовательно, и единый подход к систематизации учитываемых статистических показателей отчетности. Для эффективности долгосрочных прогнозов необходимо совершенствовать многофакторное сопряженное моделирование изучаемых процессов.

3. Необходимо совершенствовать материально-техническую и диагностическую базы лечебно-профилактических организаций Минобороны в отдаленных гарнизонах флота, ее территориальную оптимизацию с учетом доступности специализированного этапа оказания медицинской лечебно-диагностической помощи.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (дата обращения: 15.05.2016).

Presidential Decree dated May 12 2009. № 537 «On National Security Strategy of the Russian Federation until 2020». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (reference date: 15.05.2016).

2. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 28 апреля 2008 г. № 241 «О создании комиссии Министерства Обороны Российской Федерации по реализации стратегии социального развития Вооруженных сил Российской Федерации». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (дата обращения: 15.05.2016).

The order of the Minister of Defense of Russian Federation dated April 28, 2008 № 241 «On the establishment of a Commission of the Ministry of Defense of the Russian Federation to implement the social development strategy of the Russian Armed Forces». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (reference date: 05.15.2016).

3. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 18 июня 2011 г. № 800 «Об утверждении Руководства по диспансеризации военнослужащих в Вооруженных Силах Российской Федерации». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (дата обращения: 15.05.2016).

The order of the Minister of Defense of Russian Federation dated 18 June 2011 № 800 «On Approval of the Guidelines for military personnel medical examination in the Armed Forces of the Russian Federation». Web: <http://www.consultant.ru> // КонсультантПлюс on-line (reference date: 15/05/2016).

4. Руководство по медицинскому обеспечению Вооруженных Сил Российской Федерации в мирное время. М., 2002.

The guide to a medical support of Armed Forces of the Russian Federation in peacetime. Moscow, 2002.

5. Мызников И.Л. «Коэффициент здоровья» как инструмент сравнительной оценки качества здоровья в воинских коллективах // Здоровье. Мед. экология. Наука. 2012. № 1–2 (47–48). С. 202.

Myznikov I.L. «The coefficient of health» as a tool to compare the quality of health in military units // Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka. 2012. № 1–2 (47–48). P. 202.

6. Довгуша В.В., Мызников И.Л., Шалабодов С.А., Бумай О.К. Медико-физиологические особенности боевой подготовки экипажей атомной подводной лодки // Воен.-мед. журн. 2009. № 10. С. 46–53.

Dovgusha V.V., Myznikov I.L., Shalabodov S.A., Bumay O.K. Medical-physiological peculiarities of combat training of nuclear-power submarine crews // Voenno-meditsinskiy zhurnal. 2009. № 10. P. 46–53.

7. Довгуша В.В., Мызников И.Л. Отдых на этапах учебно-боевой деятельности подводников: Пос. для врачей ВМФ. 2-е изд., перераб. и доп. СПб., 2010.

Rest on the stage of submariners' training and combat activities: A manual for Navy physicians. 2nd ed. St. Petersburg, 2010.

8. Мызников И.Л., Бурцев Н.Н., Милошевский А.В. и др. Состояние здоровья, заболеваемость и травматизм у моряков в экипажах подводной лодки // Морской мед. журн. 2016. № 1. С. 4–12.

Myznikov I.L., Burtsev N.N., Miloshevskiy A.V. et al. State of health, Incidence and traumatism at seamen in crews submarine // Morskoy meditsinskiy zhurnal. 2016. № 1. P. 4–12.

9. Левашов В.К. Тридцать лет реформ и кризисов // Вестн. РАН. 2016. Т. 86. № 1. С. 66–72.

Levashov V.K. Thirty years of reforms and crises // Vestnik RAN. 2016. V. 86. № 1. P. 66–72.

Поступила 15.08.2016

STRATEGY-2020: MEDICAL ASPECT. SUBMARINE CREWS

**Myznikov I.L., Miloshevsky A.V., Burtsev N.N.,
Ustimenko L.I., Askerko N.V., Matochkina A.A.**

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2017. V. 51. № 2. P. 52–57

The authors reviewed data array on crews of diesel submarine ($n \approx 4,5000$) and atomic submarines ($n \approx 20,5000$) from the annual reports of a naval formation Medical Service and Medical Board for the period from 2007 to 2015, and the chapter Medicine in the Social Strategy of the Russian Federation Military Force for the time period till 2020.

According to the authors, a new approach should be applied to the military personnel health rating. The paper emphasizes the importance of multifactor modeling for more precise long-range forecasting.

On the analysis of statistics in the reports, injuries are the cause of almost 50% of noncombatant deaths of submariners.

An overall number of crew members of diesel and atomic submarines entitled to the outpatient observation for clinical reasons can amount to 2–4 % and 7–12 % per a year respectively.

Key words: medicine, military force, social and hygienic monitoring, European North, health state, injury rate, lethality.

УДК

ВКЛАД ВРАЧА-КОСМОНАВТА-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ В.В. ПОЛЯКОВА В КОСМИЧЕСКУЮ МЕДИЦИНУ (К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Орлов О.И., Белаковский М.С., Пономарева И.П.

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

E-mail: info@imbp.ru

DOI: 10.21687/0233-528X-2017-51-2-58-63



Поляков Валерий Владимирович –
летчик-космонавт СССР,
Герой Советского Союза, Герой России

Поляков Валерий Владимирович (родился 27 апреля 1942 г в г. Туле) – летчик-космонавт СССР, Герой Советского Союза и Герой России, космонавт-инструктор 1-й категории, 66-й космонавт СССР и России, 210-й космонавт мира.

В 1959 г. Валерий Поляков окончил школу № 4 г. Тулы и поступил в 1-й Московский медицинский институт им. И.М. Сеченова. Накануне предварительного распределения будущих врачей в начале 1965 г. Б.Б. Егоров – первый в мире врач-космонавт, выступая в родном институте, призвал медиков осваивать новую науку – космическую биологию и медицину и приглашал в Институт медико-биологических проблем (ИМБП). Эта встреча сыграла важную роль в выборе профессионального жизненного пути В.В. Полякова. Однако этот выбор удалось

реализовать не сразу. После окончания института он прошел обучение в клинической ординатуре Института медицинской паразитологии и тропической медицины, а затем работал старшим референтом Всесоюзного НИИ социальной гигиены и организации здравоохранения им. Н.А. Семашко. С 1967 по 1971 г. являлся старшим инспектором Третьего Главного управления при Минздраве СССР. В 1971 г. по рекомендации профессора Н.Н. Гуровского, одного из основателей отечественной космической медицины, был принят в аспирантуру ИМБП. В 1972 г. зачислен космонавтом-исследователем в отряд космонавтов.

В 1976 г. защитил диссертацию, стал кандидатом медицинских наук, командиром отряда космонавтов-исследователей ИМБП и занимал эту должность до 1988 г. Путь Валерия Владимировича в космос продолжался долгие 16 лет. В этот период в статусе врача-космонавта-исследователя он неоднократно проходил подготовку в составе дублирующих экипажей, принимал непосредственное участие в работах по медицинскому обеспечению длительных космических полетов, непрерывно повышал квалификацию врача. Участвуя в медицинских исследованиях, моделирующих эффекты невесомости, В.В. Поляков получил ценный опыт о влиянии факторов космического полета на организм человека.

Первый космический полет (КП) В.В. Поляков совершил с 29 августа 1988 по 27 апреля 1989 г. в качестве первого космонавта-исследователя ТПК «Союз ТМ-6» вместе с В.А. Ляховым и А. Ахадом Момандом по программе экспедиции посещения № 3 (ЭП-3) к экипажу основной экспедиции № 3 (ЭО-3): В.Г. Титов и М.Х. Манаров. Продолжал работу со следующей экспедицией ЭО-4 вместе с А.А. Волковым, С.К. Крикалевым и Ж.-Л. Кретьеном (Франция), которые прилетели на смену ЭО-3. Длительность полета составила 240 сут 23 ч.

В период ЭО-3, выполняя медико-биологические эксперименты, Валерий Владимирович принимал непосредственное участие в медицинском контроле и подготовке экипажа ЭО-3 к возвращению с



С.К. Крикалев измеряет пульс у В.В. Полякова во время проведения эксперимента на борту ОС «Мир». 1989 г.



Врач-космонавт В.В. Поляков производит в космосе забор крови у астронавта ЕКА U. Merbold 1994 г.



В.В. Поляков беседует с испытелем-добровольцем С.Н. Рязанским, находящимся в эксперименте. 2002 г.



Дружеская беседа: первый космонавт США J. Glenn и врач-космонавт В.В.Поляков

орбиты после рекордного по длительности в тот период полета. Как врач-космонавт он понимал важность этого полета, уделял космонавтам В.Г. Титову и М.Х. Манарову и их тренировкам особое внимание, оказал существенную помощь в реализации 1-го в мире годового КП.

В течение этого полета им была выполнена большая программа медико-биологических исследований по совершенствованию системы стабилизации здоровья и работоспособности космонавтов в длительном КП, отработаны новые методы и средства профилактики неблагоприятного воздействия невесомости на организм человека. Удалось дополнить штатную бортовую систему профилактических тренировок для сохранения физической работоспособности в течение всего длительного полета, эффективно использовать «пережимные» манжеты для оптимизации гемодинамики в условиях невесомости, приблизив ее к условиям земного притяжения, ввести вестибулярные тренировки при подготовке к спуску орбиты и возвращению на Землю и многое другое.

В 1988 г. в практике советских пилотируемых полетов была реализована совместная (СССР – НРБ) программа психофизиологических исследований, одним из элементов которых являлся «Сон-К». Проведение экспериментов по проблеме сна – это результат работы коллектива болгарских ученых-специалистов Института мозга (г. София), специалистов ИМБП в содружестве с профессором Московской медицинской академии им. И.М. Сеченова А.М. Вейном и его сотрудниками, НПО «Энергия», Центра подготовки космонавтов, и, конечно, космонавтов, участников исследования. Изучение динамики фазовой структуры сна на различных этапах коротких КП было проведено с участием космонавта-исследователя гражданина Болгарии А. Александрова и гражданина Афганистана – А. Моманда, а затем в длительном полете российского врача-космонавта В.В. Полякова. Исследования показали, что воздействие факторов КП не вызвали грубых нарушений структуры сна, были выявлены все фазы и стадии сна при относительной сохранности его циклической организации. Сон при действии факторов среды обитания отражал индивидуальное своеобразие адаптационных возможностей космонавта, что проявлялось в динамике качественных и количественных изменений фаз «медленного» и «быстрого» сна в зависимости от длительности пребывания на орбите.

Второй космический полет Валерий Владимирович Поляков совершил с 8 января 1994 г. по 22 марта 1995 г., работал в составе 15-й, 16-й и 17-й основных экспедиций на ОС «Мир» (437 сут 17 ч 58 мин) – абсолютный рекорд продолжительности работы в космосе за один полет. Программа полета В.В. Полякова предусматривала выполнение медико-биологических исследований на завершающем этапе

ЭО-14 (В.В. Циблиев и А.А. Серебров), в 179-суточном космическом полете ЭО-15 (В.М. Афанасьев и Ю.В. Усачёв), в 125-суточном КП ЭО-16 (Ю.И. Маленченко и Т.М. Мусабаев), в 169-суточном КП ЭО-17 (А.С. Викторенко и Е.В. Кондакова), а также при выполнении месячного полета астронавта Европейского космического агентства У. Мербольда. Последние дни своего полета В.В. Поляков выполнял работы на орбите совместно с экипажем ЭО-18 (В.Н. Дежуров, Г.М. Стрекалов и астронавт США Н. Тагард).

К предстоящему в 1994 г. полету Валерий Владимирович готовился в ЦПК им. Ю.А. Гагарина и в ИМБП с января 1993 г. Он принимал активное участие в разработке научной программы своего полета, уделяя основное внимание исследованиям и экспериментам, направленным на стабилизацию здоровья и работоспособности экипажей в длительных полетах, совершенствованию системы профилактики и медицинского контроля.

При составлении этой программы исследования группировались по следующим направлениям: сердечно-сосудистая система, биохимические и иммунологические, нейросенсорные и психофизиологические исследования. Участие врача-космонавта предполагалось не только в научной национальной программе, но и в международных проектах. Важное место отводилось исследованиям, проводимым с участием женщины-космонавта Е.В. Кондаковой.

Как член экипажа В.В. Поляков принимал участие в полетных операциях, в работе с грузовыми кораблями, в медицинском обеспечении внекорабельной деятельности (в ЭО-16), в проведении ряда технических и ремонтно-восстановительных работ и обслуживании медицинской аппаратуры, бортовых тренажерных средств и систем жизнеобеспечения ОС «Мир».

В течение этого полета В.В. Поляковым выполнена обширная программа, включающая около 1000 медицинских исследований и экспериментов, в том числе по программе медицинского контроля и наблюдения (321); научных медико-биологических экспериментов (629).

Были проведены исследования:

- сердечно-сосудистой системы – 269;
- дыхательной системы – 12;
- желудочно-кишечного тракта – 7;
- психоневрологические исследования и исследования двигательной сферы – 255;
- иммунологические, гематологические, биохимические исследования – 140;
- антропометрические исследования – 102;
- санитарно-гигиенические исследования – 27.

В полете были использованы уникальные комплексы медицинской бортовой аппаратуры, выполнены программы нейрофизиологических экспериментов и метаболических исследований, результаты

которых являлись основой для совершенствования системы защиты здоровья человека в КП.

Получены принципиально новые данные о функциональной активности лимфоцитов человека в длительном полете, изменению гематологических показателей, состоянию жидких сред организма, динамике нервно-психических процессов и психической работоспособности, биоритмологической активности организма. Были расширены программы исследований сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Главными итогами выполнения программы сверхдлительного полета врача явились:

- доказательство возможности сохранения здоровья и работоспособности космонавта в столь длительном полете;

- совершенствование системы медицинского обеспечения длительных КП;

- повышение медицинской безопасности основных экипажей, работающих на длительно функционирующем орбитальном комплексе, сохранение высоких резервов организма у членов экипажей, а также обеспечение необходимых санитарно-гигиенических условий на комплексе «Мир».

Впервые в практике космической медицины в столь длительном полете выполнены программы международных нейрофизиологических экспериментов: «Монимир», «Микровиб», «Мотомир», «Оптоверт», YOG и метаболических исследований («Бодифлюидс», «Гомеостаз», «Диурез», «Рефлотрон» и др.), результаты которых являются основой для совершенствования системы защиты здоровья человека в КП. В выполнении совместных программ принимали участие специалисты Австрии, Германии, Франции, США и др. стран.

Получены принципиально новые данные о функциональной активности лимфоцитов человека в длительном полете (эксперимент «Ликом»), изменении гематологических показателей (эксперименты «Микровзор», «Эритроцит»), состоянии жидких сред организма (эксперимент «Ликвор»), динамике нервно-психических процессов и психической работоспособности (эксперименты PSY, «Когимир»), биоритмологической активности организма (эксперименты «Ритм», «Салива», «Сон»).

Накопленные в ходе реализации программы данные позволили расширить передачу используемых медицинских средств и методов для их последующего земного применения в здравоохранении и экологической медицине.

По воспоминаниям Валерия Владимировича случались и нештатные ситуации. Во время 2-го полета произошла авария энергоблока. Практически одновременно отказали все системы жизнеобеспечения. Люди в замкнутом пространстве оказались лишены вентиляции, горячей пищи, в крошечной тьме, полностью изолированными от мира – радиосвязь с Землей тоже прервалась. На борту вместе

с В.В. Поляковым оставались Е.В. Кондакова и А.С. Викторенко. Космонавты не потеряли присутствия духа, не поддались панике и занимались восстановительными работами. Только к концу 4-х суток энергоснабжение удалось полностью восстановить. После аварии никаких отклонений в состоянии космонавтов не было обнаружено, что является лучшим доказательством эффективности системы медицинской отбора и подготовки космонавтов.

В том же полете на станции «Мир» произошел пожар – от кислородной шашки загорелся фильтр из угольной ткани, вслед за ним воздуховод. В насыщенном кислородом пространстве могло мгновенно произойти воспламенение. В.В. Поляков, защитившись нагрузочным костюмом, прикрыл горящий твердотопливный генератор кислорода. Костюм весь оплавился, а космонавт получил лишь легкие ожоги.

По мнению Валерия Владимировича, в космическом полете, длящемся свыше 6 месяцев, в составе экипажа обязательно должен быть врач. Чем полет продолжительней, тем больше вероятность каких-то ситуаций, требующих квалифицированной медицинской помощи.

Сегодня несоизмеримо расширились возможности медицинского контроля за человеком в космосе, и оказания ему в полете лечебной помощи. У Ю.А. Гагарина на борту была лишь элементарная аптечка. На станции «Мир» – комплекс электрофизиологической аппаратуры, позволявший осуществлять наблюдения за состоянием сердечно-сосудистой системы, гемодинамики, за нагрузками космонавтов. На Земле медицинская группа Центра управления полетом регулирует и контролирует исследования, орбитальные станции оснащены набором медикаментов почти на все случаи жизни.

В 2000 г. В.В. Поляков, уже дважды Герой (СССР и России), принимал участие в международном эксперименте SFINCSS, проводимом в ИМБП, в ходе которого осуществлялась имитация полета международного экипажа на космической станции для изучения взаимодействия групп людей разных национальностей.

В.В. Поляков автор более 50 публикаций в отечественных и зарубежных изданиях, посвященных проблемам космической биологии и медицины, вопросам медицинского обеспечения КП, а также результатам научных исследований и экспериментов, полученных в длительных КП. Он уделяет большое внимание научно-просветительской деятельности: выступает по телевидению, дает интервью в СМИ, принимает активное участие в работе со школьниками, студентами.

В.В. Поляков – член Международной Ассоциации исследователей космоса, действительный член Международной академии астронавтики и Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.

Награды: Почетное звание «Летчик-космонавт СССР», Золотая Звезда Героя Советского Союза, Золотая Звезда Героя Российской Федерации, орден Ленина, медаль «За заслуги в освоении космоса»; орден Почетного Легиона (Франция); орден Республики Казахстан «Парасат» («Благородство»); Герой Республики Афганистан, кавалер ордена «Солнце Свободы»; две медали де Лаво; премия принца Астурийского (Испания); почетные награды Росавиакосмоса, Российского фонда культуры, Федерации космонавтики РФ и др.

Пользуясь случаем, хотим от имени сотрудников ИМБП выразить Валерию Владимировичу сердечную благодарность за его большой вклад в космическую

медицину и космонавтику в целом. Желаем доброго здоровья и много лет счастливой жизни.

CONTRIBUTION OF DOCTOR, COSMONAUT, SCIENTIST V.V. POLYAKOV TO SPACE MEDICINE (ON THE OCCASION OF HIS 75TH BIRTHDAY)

Orlov O.I., Belakovskiy M.S., Ponomareva I.P.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia).
2017. V. 51. № 2. P. 58–63

К 20-ЛЕТИЮ «КОСМИЧЕСКОГО АЛЬМАНАХА»

Институтом медико-биологических проблем (ИМБП), ныне это Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических РАН (ГНЦ РФ – ИМБП РАН) на протяжении 20 лет регулярно издается «Космический альманах» в виде историко-художественного приложения к журналу «Авиакосмическая и экологическая медицина».

Решение об издании «Космического альманаха» было принято на совместном заседании редакционной коллегии и редакционного совета журнала в январе 1996 г. после длительного обсуждения и изучения имевшихся неопубликованных материалов по истории авиакосмической медицины и космической биологии. На этом же заседании были утверждены основные рубрики Альманаха и содержание первого выпуска. К настоящему времени издано 17 выпусков альманаха.

Таким образом, журнал «Авиакосмическая и экологическая медицина» стал первым и единственным в мире журналом, имеющим свое, регулярно выпускаемое историко-художественное приложение. Причем авторами его публикаций стали не журналисты, писатели или свидетели важнейших событий в области авиакосмической медицины биологии и космической биологии, а непосредственные участники и руководители этих событий.

Составителем и редактором «Космического альманаха» стал Ветеран космонавтики России, член Союза писателей России, Валентин Вениаминович Круговых. Историко-научным и консультантом «Космического альманаха», начиная с его первого выпуска до последних дней своей жизни был патриарх космической биологии и медицины, третий директор ИМБП академик Олег Георгиевич Газенко, обладавший широчайшим кругозором и энциклопедическими знаниями. Он подсказывал интересные темы для новых выпусков альманахов, рекомендовал авторов, обладавших эксклюзивными знаниями из истории авиакосмической медицины и космической биологии, сам писал исторические очерки, ставшие теперь классическими. Светлой памяти О.Г. Газенко посвящен 12-й выпуск «Космического альманаха», который лег в основу двухтомного издания, посвященного жизни и деятельности этого удивительного человека.

Те читатели, которые ознакомились со всеми выпусками «Космического альманаха», не могли не заметить, что в каждом из них заложена какая-нибудь «изюминка». Не стал исключением 17-й выпуск «Космического альманаха» (2015). Такой публикацией в нем явился очерк «Гибель Ю.А. Гагарина – новые факты и выводы» бывшего директора Летно-испытательского института им. Громова (ЛИИ) А.Д. Миронова, работающего в

нем с 1941 г. по настоящее время, члена летной подкомиссии Правительственной комиссии по расследованию гибели Ю.А. Гагарина и В.С. Серёгина, а ныне главного научного сотрудника ЛИИ и его коллеги генерал-майора авиации А.А. Польского, бывшего в 1968 г. членом экспертной группы, созданной ВПК страны для расследования летного происшествия. В 18-м выпуске «Космического альманаха» (2017) такой «изюминкой» является очерк о новых гранях режима труда и отдыха, сна и биоритмов (Круговых В.В., Конюхов Ф.Ф. «В погоне за собственной душой. Новые грани экстремальной медицины»).

Благодаря выпуску «Космического альманаха» достоянием человечества стал огромный пласт воспоминаний целой плеяды выдающихся деятелей науки и техники в области авиакосмической медицины и космической биологии. Без этого издания им было бы просто негде опубликовать свои мемуары. Для некоторых авторов «Космический альманах» стал единственным изданием, в котором они оставили свои воспоминания.

В выпусках альманаха нашли отражение история создания ракет Р-7, космического корабля «Восток», скафандра первого космонавта Земли. С документальной точностью описаны последние дни, часы и минуты Ю.А. Гагарина перед историческим стартом и первые часы после его приземления; роль и характеры многих ныне широко известных людей, подготовивших и осуществивших это эпохальное событие. Достоинством выпусков «Космического альманаха» является публикация в них большого количества подлинных документов и фотографий, многие из которых опубликованы впервые.

В выпусках «Космического альманаха» освещены также подготовка к полету в космос первого живого существа собаки Лайки и значение этого полета для дальнейшего развития космонавтики; полет Белки и Стрелки с их возвращением на Землю, после которого стал возможен полет первого человека в космическое пространство; основные этапы, программы медико-биологических исследований в космосе и в модельных наземных экспериментах.

Помимо авиакосмических, на страницах «Космического альманаха» представлены смежные проблемы – история морской, гипербарической, экологической медицины.

Авторы воспоминаний излагают историю с учетом событий, происходящих в нашей стране, дают им эстетическую и нравственную оценку.

Регулярно в альманахе предоставляется слово участникам Великой Отечественной войны. Не стал исключением и 2015 г., в котором наша страна и народы стран, входивших в антигитлеровскую

коалицию, отмечали 70-летие победы в Великой Отечественной войне. Авторы этого раздела хорошо знакомы всем как основоположники авиакосмической медицины и космической биологии и их важнейших направлений. На страницах альманаха некоторые из них предстают не только как военные врачи, но и по совместительству воздушные стрелки Б.С. Алякринский, А.М. Генин) и даже офицеры танковой дивизии (Б.М. Федоров).

По большому счету, у всех авторов Альманаха целью их литературного труда было желание оставить потомкам не только яркие свидетельства того, «как это было», но и передать чувство гордости ветеранов космонавтики за свершенные дела, горести за трагически потерянные человеческие жизни в ходе космических полетов и наземных экспериментов, а также веру в то, что их труд ляжет в основу общего устремления человечества, угаданного К.Э. Циолковским, – выйти за пределы Солнечной системы.

Желаю авторам «Космического альманаха» долгого здоровья, новых ярких воспоминаний, воскрешающих наше героическое прошлое, и светлых радостей при встрече с этим прошлым на страницах своих мемуаров.

*Составитель и редактор
«Космического альманаха»
В.В. Круговых*

ON 20TH ANNIVERSARY OF «SPACE ALMANAC»

Krugovykh V.V.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia).
2017. V. 51. № 2. P. 64–65

Редколлегия журнала сердечно поздравляет
с юбилейными датами ведущих специалистов
в области космической медицины и биологии,
сотрудников ИМБП:

Дудукина Александра Владимировича

Журавлеву Ольгу Александровну

Иванову Ольгу Алексеевну

Кантамирову Марину Никодимовну

Кутину Ирину Владиславовну

Ничипорук Игоря Александровича

Орлова Владимира Николаевича

Синяка Юрия Емельяновича

Сурикову Светлану Юрьевну

Добрые вам пожелания и плодотворного сотрудничества
с нашим журналом!