

АВИАКОСМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

AVIAKOSMICHESKAYA I EKOLOGICHESKAYA MEDITSINA

НАУЧНЫЙ ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC PERIODIC JOURNAL

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Орлов О.И., д.м.н., член-корреспондент 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
Давыдов Б.И., д.м.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
Носков В.Б., д.м.н.
Синяк Ю.Е., к.х.н., д.т.н., профессор
Сорокин О.Г., к.м.н.
Усов В.М., д.м.н., профессор
Хоменко М.Н., д.м.н., профессор
Шипов А.А., д.б.н. – ответственный секретарь
Родионова Н.В., д.б.н., профессор (Украина)
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)

2016 Т. 50 № 2

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, 2016
© State Research Center RF – Institute of Biomedical Problems Russian Academy of Sciences, 2016

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
(отв. секретарь) тел.: 8 (499) 195-20-93, эл. почта: shipov3838@mail.ru

Сдано в набор 30.03.2016.
Подписано в печать 18.04.2016.
Формат 60 × 84 1/8.
Гарнитура Times.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 8,37.
Тираж 250 экз.
Заказ № 95.

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

Содержание

Обзоры

Меденков А.А., Нестерович Т.Б. Актуальные проблемы авиационной медицины (по материалам зарубежных исследований) **5**

Экспериментальные и общетеоретические исследования

Ушаков И.Б., Воронков Ю.И., Бухтияров И.В., Тихонова Г.И., Горчакова Т.Ю. Ретроспективный анализ состояния здоровья космонавтов после участия в космических полетах **14**

Праскурничий Е.А., Книга В.В., Быстрова А.Г., Юстова В.Д. Авиамедицинские аспекты управления факторами риска для безопасности полетов **21**

Буйлов С.П., Воронков Ю.И., Степанова Г.П., Филатова Л.М. Прогностическое значение некоторых факторов сердечно-сосудистого риска у космонавтов **28**

Хайруллина Р.Р., Бубеев Ю.А. Оценка состояния системы кровообращения у пилотов авиации палубного базирования в период дальнего морского похода **31**

Иванов И.В., Чулаевский А.О., Бурмистров В.И. Совершенствование контроля состояния летного состава при подготовке на авиационных пилотажных тренажерах **37**

Салтыкова М.М., Кузьмин И.В., Журавлева О.А. Влияние кратковременного охлаждения в воздушной криосауне при температуре -70 °С на температуру тела и липидный профиль здоровых лиц **42**

Хулапко С.В., Лягушин В.И., Архангельский В.В., Шуршаков В.А., Николаев И.В., Семкова И. (Semkova J.), Смит М. (Smith M.), Машрафи Р. (Machrafi R.) Сравнение эквивалентной дозы от заряженных частиц и нейтронов внутри шарового тканезквивалентного фантома на борту Российского сегмента Международной космической станции **47**

Contents

Reviews

Medenkov A.A., Nesterovich T.B. Vital problems of aviation medicine (found in international research papers) **5**

Experimental and Theoretical Investigations

Ushakov I.B., Voronkov Yu.I., Bukhtiyarov I.V., Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu. Retrospective health assessment of cosmonauts after participation in space flights **14**

Praskurnichiy E.A., Kniga V.V., Bystrova A.G., Yustova V.D. Aeromedical aspects of controlling factors of risk to flight safety **21**

Builov S.P., Voronkov Yu.I., Stepanova G.P., Filatova L.M. Prognostic value of some cardiovascular risk factors in cosmonauts **28**

Khairullina R.R., Bubeev Yu.A. Evaluation of the blood circulation system in pilots of deck aircrafts in the period of long-distance mission **31**

Ivanov I.V., Chulaevsky A.O., Burmistrov V.I. Improvement of flying personnel monitoring in the course of flight simulator training **37**

Saltykova M.M., Kuzmin I.V., Zhuravleva O.A. Effect of short-timed cooling at -70 °C in an air cryogenic sauna on body temperature and lipid profile of healthy people **42**

Khulapko S.V., Lyagushin V.I., Arkhanguelsky V.V., Shurshakov V.A., Nikolaev I.V., Semkova J., Smith M., Machrafi R. Comparison of dose equivalents from charged particles and neutrons inside the spherical tissue-equivalent phantom on the Russian segment of the International space station **47**

Смирнов С.К., Ильин В.К., Усанова Н.А., Орлов О.И. Влияние профилактического приема пребиотика Эубикора на состояние микрофлоры в эксперименте с изоляцией

53

Smirnov S.K., Ilyin V.K., Usanova N.A., Orlov O.I. Effect of prophylactic consumption of prebiotic Eubikor on microflora in an experiment with isolation

Кузнецова П.Г., Гущин В.И., Виноходова А.Г., Чекалина А.И., Швед Д.М. Межличностное взаимодействие в условиях высокой автономности при моделировании межпланетного полета (эксперимент «Марс-500»)

57

Kuznetsova P.G., Gushchin V.I., Vinokhodova A.G., Chekalina A.I., Shved D.M. Interpersonal interaction in the condition of high autonomy simulating a space exploration mission («Mars-500» experiment)

Яснецов В.В., Цублова Е.Г., Яснецов Вик.В., Карсанова С.К. Действие нового соединения с вестибулопротекторной активностью на центральные нейроны

64

Yasnetsov V.V., Tsublova E.G., Yasnetsov Vik.V., Karsanova S.K. Action of a new compound with a vestibuloprotective activity on central neurons

Краткие сообщения

Brief Communications

Буйнов Л.Г., Благинин А.А., Котов О.В., Сорокина Л.А. Влияние курсового применения электротранквилизации центральной нервной системы на статокINETическую устойчивость человека

69

Buynov L.G., Blaginin A.A., Kotov O.V., Sorokina L.A. Effect of the course electrical tranquilization of the central nervous system on the statokinetic stability of the human

ОБЗОРЫ

УДК 613.693

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Меденков А.А., Нестерович Т.Б.

Московский авиационный институт

E-mail: nesterovicht@gmail.com

Представлен обзор публикаций по актуальным направлениям авиамедицинских исследований за рубежом. Обобщена и проанализирована тематика докладов на международных конференциях и съездах по проблемам авиакосмической медицины. Сформулированы основные проблемы экспериментальных и аналитических исследований, проводимых для повышения работоспособности и профессиональной надежности летного состава. Показаны отличия в содержании и направленности отечественных и зарубежных авиамедицинских исследований. Обращено внимание на расширение объема и содержания экспериментальных исследований особенностей деятельности летчика в интересах повышения его функциональной готовности и эффективности деятельности. Представлены направления перспективных исследований в интересах повышения безопасности полетов и боеготовности летчика за счет учета его психофизиологических характеристик и психосоматического состояния.

Ключевые слова: авиационная медицина, безопасность полетов, работоспособность летчика, функциональное состояние, факторы полета, медицинское освидетельствование, пространственная ориентировка, пилотажные перегрузки.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 5–13.

Обеспечение безопасности полетов предполагает эффективное использование инновационного потенциала авиакосмической медицины как основы учета психофизиологических возможностей и характеристик человека в авиации для повышения профессиональной надежности летчика и продления профессионального долголетия. Особый интерес представляют подходы к обеспечению профессиональной надежности летного состава за рубежом.

Эти авиамедицинские исследования в основном направлены на изучение влияния различных факторов на отдельные функции и состояние организма, оценку здоровья и работоспособности летного состава. Рекомендации касаются медико-психологического освидетельствования и поддержания работоспособного состояния летчика и нивелирования

воздействия факторов полета средствами защиты, тренировкой или отбором. В последние годы направленность исследований авиационной медицины непосредственно связана с изучением показателей профессиональной деятельности летчика. Например, исследуется структура восприятия летчиком информации и оценки им обстановки в условиях полета. Изучаются распределение внимания и его особенности при выполнении полетного задания в зависимости от уровня подготовки летчика и условий полета на малой высоте с большой скоростью [1]. Разрабатываются требования к цветовому кодированию информации на планшетах, используемых в качестве средства отображения полетной информации [2]. Неслучайно с 2015 г. издаваемый Ассоциацией авиакосмической медицины журнал «Авиакосмическая и экологическая медицина» получил новое название «Авиакосмическая медицина и работоспособность человека» («Aerospace Medicine and Human Performance»).

Выявлен ряд тенденций в расширении авиакосмических методологических и экспериментальных исследований. Направленность их вытекает из усложнения летного труда, повышающего требования к функциональному состоянию летчиков и их работоспособности в полете. Выявление факторов, влияющих на функциональное состояние и работоспособность летного состава, проводится по результатам оценки состояния летчиков до и после полетов, анализа полетной информации и статистических данных, а также постановки и проведения специальных наземных и летных экспериментов. Эти исследования нацелены на выявление проблем и факторов, требующих учета на этапе эксплуатации техники для компенсации отбором, тренировкой и регламентацией действий в экстремальных ситуациях.

Большое внимание уделяется обеспечению пространственной ориентировки летчика, имеющему первостепенное значение в предупреждении авиационных инцидентов и катастроф. Нарушение пространственной ориентировки считается «убийцей» летчика. Анализ случаев дезориентировки летчиков

в полете показал, что они составляют 16 % в структуре серьезных аварий и 27 % в случаях с трагическим исходом [3]. В 2002–2011 гг. 31 % катастроф вертолетов в авиации США был связан с нарушением пространственной ориентировки экипажа [4], а в военной авиации в целом эта причина отмечается в 25–33 % авиакатастроф. Большое внимание уделяется психофизиологической структуре и механизмам пространственной ориентировки летчика. Ведутся экспериментальные исследования по обоснованию системы предупреждения летчика о возникновении опасных ситуаций в полете для принятия своевременных решений. Выяснилось, что летчики реагируют на предупреждающие сигналы в зависимости от установки и индивидуальных особенностей [5]. Проводятся исследования пространственной ориентировки летчика в полете с учетом его индивидуально-психологических особенностей, оперирования пространственными образами и визуального мышления. И эти особенности учитываются при проведении тренировок и выработке индивидуальных рекомендаций летчику о действиях при срабатывании сигнализации о возникновении опасной ситуации в полете. Немаловажное значение имеет формирование навыков пространственной ориентировки на земле, в процессе тренажерной подготовки. Разрабатываются методы обучения, основанные на выявлении алгоритмов пространственной ориентировки летчика и их целенаправленной корректировке для выработки необходимых навыков. Обучение летчиков пространственной ориентировке и решение навигационно-пилотажных задач входит в программы их летной подготовки [6]. Считается, что в этом процессе решающая роль принадлежит летчику-инструктору как эксперту, обладающему опытом оценки и принятия адекватных решений в условиях ее нарушения. Между тем моделирование и отображение внекабинной обстановки не всегда формирует адекватные представления о положении летательного аппарата в пространстве. Вследствие этого в случае нарушения пространственной ориентировки рекомендуется не доверять ощущениям и пилотировать по приборам. Однако летчики не всегда следуют данным рекомендациям безоговорочно. Поэтому продолжают исследования особенностей сенсорного восприятия в условиях пространственной дезориентации. В частности, изучаются возможности дифференциации ощущений перегрузки и инерции и их роль в возникновении иллюзий пространственного положения самолета [7]. Исследуются особенности сенсорного конфликта как причины проявлений симптомов болезни движения. Одним из радикальных путей «преодоления» сенсорных иллюзий, угрожающих безопасности полетов, рассматривают возможность дистанционного управления летательными аппаратами. Однако здесь возникают проблемы

распределения функций между человеком и техникой во всем многообразии проблем представления человеком не только пространственного положения управляемого им летательного аппарата, но и его положения по отношению к другим объектам.

Несмотря на предпринимаемые усилия для улучшения пространственной ориентировки летчика в полете сокращения случаев гибели экипажей и потерь самолетов не наблюдается. В связи с этим в интересах улучшения пространственной ориентировки летчика в полете предлагаются следующие мероприятия:

- обучение летчиков пространственной ориентировке проводить как неотъемлемую часть летной подготовки с использованием адекватных методов моделирования различных ситуаций в полете на специальных тренажерах и стендах;
- уровень летной подготовки оценивать с учетом показателей формирования навыков и умений ситуационной осведомленности и пространственной ориентировки в полете;
- совершенствовать методы диагностики способностей к пространственной ориентировке и тренировки специальных качеств и умений;
- продолжить выявление и изучение факторов, влияющих на пространственную ориентировку летчика, и их связи со способностями летчика и возможностью их целенаправленного развития;
- в летных экспериментах изучать особенности пространственной ориентировки летчика при разной скорости полета, на малых высотах и в других условиях, требующих принятия решения;
- исследовать особенности пространственной ориентировки летчика в зависимости от своевременности и полноты предъявления ему информации;
- разработать аппаратно-программное информирование летчика, улучшающее его представление о воздушной обстановке и пространственном положении самолета, в том числе с использованием интеллектуальных систем поддержки принятия им решений.

Определенный потенциал улучшения пространственной ориентировки летчика по-прежнему сохраняет совершенствование методов, средств и способов обучения и тренировки пространственной ориентировки летчика [8].

В процессе маневренных полетов летчик постоянно подвергается воздействию перегрузок в направлении «голова – таз». В эти моменты кровоснабжение головного мозга уменьшается, и летчик может потерять сознание. Существуют физиологические механизмы предупреждения резкого снижения кровоснабжения сосудов мозга, включая рефлекторные. Особенности их функционирования представляют интерес для оценки устойчивости организма к перегрузкам и эффективности его тренировок для ее повышения в наземных условиях [9].

Актуальной остается проблема оценки и прогноза переносимости летчиком пилотажных перегрузок. Для ее решения разрабатываются и используются различные методы, в частности, вращение на центрифуге до момента потери сознания. Величина перегрузки и время наступления потери сознания рассматриваются в качестве показателя устойчивости летчика к большим и продолжительным пилотажным перегрузкам. Значения этих показателей сопоставляются с антропометрическими и физиологическими характеристиками летчиков в целях выявления их прогностической ценности. Однако в специальном исследовании достоверные связи между этими показателями выявлены не были [10]. Оказалось, что устойчивость к перегрузкам определяется многими факторами, в том числе индивидуальными функциональными и ресурсными возможностями организма, не коррелирующими с антропометрическими и физиологическими характеристиками. Тем самым обосновывается необходимость проведения обязательных ежегодных вращений на центрифуге для тренировки и оценки устойчивости организма летчика к перегрузкам и ее учета в процессе планирования и организации полетов. С использованием центрифуг проводятся и многочисленные исследования по обоснованию методов, способов и приемов повышения устойчивости летчиков к пилотажным перегрузкам. Цель исследований – выявлять летчиков с наибольшими способностями к ведению воздушного боя с большими перегрузками и своевременным реагированием на изменение обстановки. Так, при вращениях на центрифуге выявлены различия времени простой реакции у летчиков с разной устойчивостью к перегрузке в разных интервалах ее воздействия [11]. Между тем тренировочные вращения на центрифуге с большими перегрузками у зарубежных специалистов вызывают тревогу из-за участившихся случаев повреждения позвоночника [12]. Нередко эти повреждения не проявляют себя, но существенно повышают риск получения тяжелой травмы при выполнении маневренных полетов с длительными перегрузками. В связи с этим возникает необходимость введения специального контроля состояния позвоночника до и после окончания тренировочных вращений. Кроме того, представляется актуальной разработка и поддержание в организме постоянной скелетно-мышечной готовности к воздействию как пилотажных, так и ударных перегрузок.

За рубежом по-прежнему много внимания уделяется проблеме гипобарической декомпрессии и, в частности, высотно-декомпрессионным нарушениям. Такие нарушения могут возникнуть при выполнении маневренных полетов с резким перепадом высот, при катапультировании, разгерметизации. Последствия этих нарушений, поддающихся лечению, во многом зависят от своевременной

диагностики состояния и тактики выведения из него. По результатам специального исследования обоснована эффективная технология выведения из декомпрессионного состояния астронавтов [13].

Последствия воздействия гипоксии на летчика чреваты трагическими последствиями, поэтому проблемы ее предупреждения привлекают внимание исследователей многих стран. В одних случаях упор делается на своевременное выявление признаков гипоксии и ее диагностику, в других акцент делается на выявлении и отборе обладающих повышенной устойчивостью. Однако все признают важность и значимость тренировок по распознаванию признаков гипоксии и повышению устойчивости к ней посредством специальных методов. Исследованиями показано, что по мере приобретения опыта и в результате специальных тренировок удается повысить способность летчиков распознавать признаки гипоксии и их готовность пользоваться практическими рекомендациями в складывающихся условиях [14].

Устойчивость к острой гипоксии летчика зависит как от внешних факторов, так и от ресурсов организма. В специальном исследовании предпринималась попытка оценить влияние генетического фактора на устойчивость организма к гипоксии [15]. Однозначные выводы по результатам исследования не сделаны. Однако приведены данные в пользу возможности формирования и закрепления в организме способности эффективно функционировать в условиях гипоксии.

В последние годы все чаще летный состав стал предъявлять жалобы на болевые ощущения, а иногда и острую боль в области шеи. Подобные боли отмечались не только экипажами вертолетов, но и летным составом маневренной авиации. Согласно полученным данным, в Канаде боли в области шеи ощущают 53–85 % членов экипажей вертолетов [16]. Это значительно выше, чем встречающиеся в публикациях 29–57 % членов экипажей военных вертолетов в других странах. Возникающие боли влияли на самочувствие и функциональное состояние летчиков и могли быть связаны как с перенапряжением мышц и связок, так и с повреждением шейных позвонков. Проводились исследования по выявлению факторов, особенностей конституции и антропометрических характеристик, повышающих вероятность появления таких болей. Было установлено, что возникновение болезненных ощущений при использовании очков ночного видения при пилотировании вертолетов зависит от многих факторов, среди которых масса шлема, время полета, масса тела и физическая подготовка летчика, состояние мышц шеи и рабочая поза в полете, а также вибрация [17]. Все это стало поводом для детального изучения вклада различных причин и патогенеза болей в области шеи [18]. Оценивались

структурные и функциональные изменения позвонков и межпозвонковых дисков. Изучалось влияние массы шлема, позы летчика и ограничения его двигательной активности перед возникновением болей и другие факторы. Результаты показали, что причины болей у экипажей вертолетов и летчиков маневренной авиации отличаются и имеют свою специфику. У последних они возникают чаще и связаны с типом самолета, массой шлема и основной рабочей позой. Имеют значение состояние мышц верхнего плечевого пояса и особенно мышц шеи, продолжительность пребывания в рабочей позе, направленность и частота рабочих движений рук летчика, особенно в условиях воздействия перегрузки. Установлен факт значимого влияния массы шлема с прибором ночного видения на напряжение мышц шеи в модельных условиях полета [19]. Экспериментально было показано, что оборудование гермошлема прибором ночного видения значительно повышает напряжение мышц шеи, особенно в условиях маневрирования с пилотажными перегрузками, превышающими 7 ед. Специальное исследование посвящалось изучению различий в проприоцептивной чувствительности, состоянии мускулатуры и подвижности верхнего плечевого пояса и осанки летчиков, испытывающих и не испытывающих боли в области шеи [20]. Выявлены ограничения в объеме движения у тех, кто ощущал боли в полете, и определены цели, характер и направления физических тренировок мышц верхнего плечевого пояса для профилактики возникновения острых болей в области шеи во время полета. Установлена определенная зависимость частоты возникновения болей от возраста летчика и условий летного труда [21].

Важным акцентом зарубежной авиационной медицины представляется совершенствование методов отбора летного состава. Многочисленные данные о связи показателей при профессиональном отборе с результатами обучения и профессионального развития показали, что ее наличие не всегда обеспечивает достоверность прогноза надежности и эффективности профессиональной деятельности летчика. Изначально недостаточно высокие показатели психосоматического обследования при отборе не коррелируют однозначно со снижением эффективности и надежности последующей профессиональной деятельности. Особенно это относится к прогнозу показателей выполнения совместной деятельности. За рубежом психологический отбор не ограничивается тестированием отдельных свойств и качеств, а включает моделирование взаимодействия и оценку совместной работы в группе в условиях воздействия стрессовых факторов. Однако и он не в полной мере обеспечивает надежность прогноза. На профессиональное развитие влияет много факторов, способствующих или препятствующих профессиональному становлению и развитию

личности. Наибольшее влияние на обеспечение профессиональной надежности летчика оказывает формирование профессионально важных качеств, регуляция и самоконтроль как условий, обеспечивающих готовность летчика к осуществлению своевременных и адекватных действий в различных ситуациях. Тем не менее поиск показателей для прогноза эффективности будущей профессиональной деятельности летчика по-прежнему остается актуальным. Поэтому представляют интерес исследования по уточнению диагностического значения кратковременной потери сознания в условиях понижения давления [22] и точности оценок пространственного положения и скорости движения в условиях перегрузки [23].

При существующих стандартах медицинского обследования кандидатов для обучения летной профессии не снижается актуальность оценки прогностической значимости тех или иных показателей и критериев оценки годности к летной работе и прогноза профессионального долголетия. В статье [24] представлены исследования прогностических возможностей показателей крови в оценке годности к летной работе.

Подготовка летчика требует значительных материальных затрат и времени. Последствия ошибочных или несвоевременных действий летчика, равно как и тех, кто готовит авиационную технику к полету, приводят не только к колоссальным экономическим, но и человеческим потерям, падению конкурентоспособности и снижению престижа отрасли. Вот почему за рубежом осуществляется переход от установления ограничений или ориентации на лучшие показатели или отдельные качества и характеристики будущих летчиков к индивидуальному подходу в прогнозе их профессиональной надежности, работоспособности и психосоматического состояния и принятию на его основе экспертных или организационных решений. Способствует такому переходу и позиция страховых компаний, требующих обоснования необходимости выплаты компенсаций в случае дисквалификации летчика по состоянию здоровья. Основанием этой позиции является наличие ряда факторов профессиональной деятельности, представляющих угрозу для жизни и здоровья летчика.

Пристальное внимание уделяется обоснованию и принятию медицинского решения об ограничении летной деятельности или дисквалификации летчика по состоянию здоровья. Как правило, речь идет об опытных и хорошо подготовленных летчиках, чья профессиональная надежность значительно выше, чем у молодого пополнения. При этом возникают экономические вопросы, связанные с затратами на подготовку летчика, социальными и психологическими проблемами отстранения от профессиональной деятельности. Все это побуждает заниматься

исследованиями по определению риска снижения работоспособности летчика при тех или иных соматических нарушениях и оценке их функциональной надежности, определению алгоритма обоснования принимаемого решения, а при необходимости и дополнительного мониторинга работоспособности и психосоматического состояния летчика [25]. Продолжается поиск достоверных показателей и методик отбора кандидатов, обеспечивающих эффективный прогноз результатов подготовки летчика с требуемыми профессионально важными качествами [26], уточняется диагностическое значение регистрируемых показателей [27].

Эффективность пилотирования, точность выдерживания параметров полета и отслеживания целей на мониторе существенно влияет на выполнение полетного задания и обеспечение безопасности полетов [28]. В программе подготовки экипажей вертолетов большое внимание уделяется формированию летных навыков пилотирования по монитору, выдерживанию заданных параметров полета и решению задач слежения. Показано, что эти навыки являются составляющими летных качеств, обеспечивающих повышение летного мастерства и существенно сокращающих количество ошибочных и несовременных действий и решений.

Применение методов индивидуального прогноза профессиональной надежности летчика предполагает сравнение и анализ динамики показателей, используемых для ее оценки. Отсюда возникает необходимость периодического обследования психосоматического состояния таких летчиков. И этим обусловлено появление за рубежом тенденции ведения динамического наблюдения за состоянием и работоспособностью летного состава с соматической симптоматикой [29].

Одной из задач авиационной медицины является обоснование требований к психосоматическому состоянию человека в авиации. Общеизвестно, что допуск к полетам в случае приема лекарственных препаратов ограничивается. Принципиальное значение приобретает определение минимального времени перед допуском к летной работе при прекращении приема препаратов после выздоровления [30]. Его определение требует обоснования как с точки зрения обеспечения безопасности полетов, так и потребности сокращения времени возвращения в строй и к исполнению служебных обязанностей. Однако разработка соответствующих рекомендаций наталкивается на необходимость изучения индивидуальных особенностей реагирования на лекарства и их выведения из организма без последствий.

Между тем существуют препараты естественного происхождения, способные положительно влиять на работоспособность человека без риска осложнений, побочных эффектов и непредвиденных

реакций. Ведутся исследования по поиску пищевых добавок для поддержания работоспособности летчика в полете. Одним из таких исследований стала оценка функционального состояния человека в случае регулирования при его утомлении содержания в крови глюкозы [31]. Материалы исследования показали возможность нормализации в организме обменных процессов приемом добавок.

Особое внимание уделяется состояниям, при которых может снижаться работоспособность и профессиональная надежность летчика. В последнее время в центре внимания вновь оказалась болезнь движения, возникающая вследствие укачивания при длительных воздействиях прямолинейных ускорений или частых вертикальных перемещений человека в пространстве. В частности, выделяется так называемый *sopite* – синдром, проявляющийся комплексом симптомов при воздействии реального или кажущегося движения и характеризующийся чрезмерной сонливостью, утомлением, вялостью, легкой депрессией и снижением концентрации на решение задач деятельности [32]. В целях купирования проявлений синдрома рассматриваются различные методы и способы. Показана эффективность медленного диафрагмального дыхания, купирующего проявления болезни движения и помогающего сохранять работоспособность в условиях укачивания [33]. Однако патогенез этого состояния до конца не изучен, что затрудняет диагностику и разработку эффективных мер его предупреждения.

Военная служба предполагает решение задач при недостаточном отдыхе и остром дефиците сна. К числу операций и действий, которые могут изменяться при недостаточном отдыхе и сне, относятся внимание и слежение. Разработанные для их оценки тесты предлагается использовать для определения индивидуальной устойчивости к ограничению сна и сохранению работоспособности при утомлении и воздействии других факторов боевой обстановки [34]. Выполнение полетов большой продолжительности ночью и ранним утром с преодолением разных часовых поясов оказывает существенное влияние на сон, его продолжительность и качество у членов экипажа и часто вызывает сонливость, утомление и замедление времени реакции. Все это снижает профессиональную надежность летчика и может служить предпосылкой авиационного инцидента. Такая ситуация достаточно характерна для летного состава, участвующего в выполнении специальных операций в экстремальных ситуациях. Проводимые в этом направлении исследования показали, что обеспечение безопасности таких полетов требует разработки мер и технологий поддержания работоспособности летчика и восстановления его профессиональной надежности [35].

Продолжаются исследования по изучению влияния на работоспособность и утомление летчика

времени взлета и посадки магистрального самолета и продолжительности его дальнего полета [36]. В процессе исследований изучалась связь этих показателей с биоритмами, продолжительностью и качеством сна и отдыха во время полета и др. Показано, что поддержание работоспособности и профессиональной надежности летчика в полете требует их комплексного учета.

В интересах решения вопроса о допуске летчика к полету и оценке его готовности к выполнению полетного задания, особенно в условиях интенсивных полетов, разрабатываются математические модели. Оценка их пригодности на практике предполагает проведение специальных летных экспериментов по сопоставлению прогнозных и фактических данных о работоспособности летчика в полете. По данным такого исследования установлено, что для прогноза работоспособности необходимо несколько моделей и проведение последующих уточняющих исследований [37]. Приобретают актуальность исследования по оценке риска развития утомления в полете, способного оказать негативное влияние на эффективность выполнения полетного задания [38]. Однако по-прежнему остаются проблемы по определению и оценке влияния факторов, подлежащих учету в прогнозе профессиональной надежности летчика при выполнении конкретного полетного задания с учетом его сложности и воздействующих перегрузок. Для повышения точности прогноза необходимо учитывать не только данные о высоте и продолжительности полета, но и величину и время действия перегрузок, а также другие параметры летной деятельности. Полученные данные могут использоваться в качестве основы экспертной системы для принятия решения о готовности летчика к выполнению конкретного полетного задания.

Традиционно за рубежом обобщаются и анализируются причины авиакатастроф и результаты катапультирования экипажей. Несмотря на постоянное совершенствование катапультного кресла и системы катапультирования, в 14,2 % случаев они заканчиваются трагически, чаще всего на малой высоте полета [39].

В последние годы для эвакуации и транспортировки больных, раненых и пострадавших все чаще используются вертолеты. В Германии ежегодно выполняется около 100 тыс. таких эвакуаций [40]. Обеспечение безопасности таких полетов приобретает особую значимость. Большинство авиационных инцидентов и авиакатастроф происходит из-за человеческих ошибок. С точки зрения обеспечения профессиональной надежности летного состава важное значение имеют исследования возрастных изменений у экипажей летательных аппаратов при выполнении рабочих операций и действий. За рубежом, и в частности, в США действует правило 60 лет, согласно которому в этом возрасте летчик не может один

пилотировать самолет. Однако проведенные исследования показали, что формальное ограничение допуска к самостоятельным полетам недостаточно обосновано. И после 60 лет у летчика могут сохраняться все интеллектуальные функции и качества, обеспечивающие психофизиологическую надежность его профессиональной деятельности. Более того, налет и опыт работы такого летчика способствуют минимизации ошибочных и несвоевременных действий в экстремальных и нестандартных ситуациях. Решающее значение здесь имеют результаты индивидуального обследования и медицинского освидетельствования и их соответствие психосоматическим требованиям, предъявляемым к летному составу. Мониторинг психосоматического и функционального состояния летного состава предполагает формирование индивидуальной базы данных для прогноза профессиональной надежности и принятия экспертных решений. В интересах обоснования таких решений исследуются возрастные и гендерные изменения «навигационной» памяти у летного состава в сравнении с людьми других профессий [41] оцениваются повышенные риски возникновения рака простаты у летного состава [42]. Разрабатываются новые методы оценки состояния сердечно-сосудистой системы в условиях микро- и макрогравитации [43].

Тенденция индивидуализации процессов реабилитации летчика обусловлена экономическими показателями. Общий подход к проведению восстановительных и реабилитационных мероприятий, исходя из профиля и возможностей медицинского учреждения, в отношении летного состава недостаточно эффективен и в большинстве случаев не оправдан. Это связано не только с недостаточным учетом причин и патогенеза нарушений и снижения функциональной надежности летчика, но и с отсутствием ориентированности на восстановление их психофизиологических ресурсов и резервов профессиональной надежности. Поэтому за рубежом восстановительный процесс преимущественно направлен на возобновление тех ресурсов и резервов организма, которые были снижены в процессе профессиональной деятельности: устойчивость к перегрузкам, гипоксии, укачиванию, укреплению мышц шеи и т.д. В поле зрения остаются и проблемы реабилитации летного состава с признаками высотной болезни. В этих целях разрабатываются и апробируются различные методы и способы. При этом особое внимание обращается на разработку простых, дешевых и быстро реализуемых методов оценки эффективности реабилитационных мероприятий [44]. Например, получены данные о снижении риска развития высотной болезни при приеме статинов [45]. Механизм такого явления еще недостаточно изучен, но значимость эффекта привлекает внимание многих исследователей для поиска его практического приложения в авиакосмической медицине.

Повышенное внимание за рубежом стали уделять своевременному выявлению суицидальных состояний у летчиков и предупреждению их возникновения. В специальном исследовании обобщались и анализировались соответствующие данные по авиации США, Великобритании, Германии и Финляндии [46]. Так, в США в авиации в 1990–2012 гг. к суицидам было отнесено 24 случая, что составило 0,33 % от всех происшедших в этот период авиационных катастроф. По результатам исследования сделан вывод, что в общей авиации случаи суицида летчиков связаны с социальными и культурными факторами, подлежащими рассмотрению и учету в плане своевременного выявления склонности или способности летчика к суициду. Обосновывается необходимость проведения специальных исследований по разработке эффективной стратегии выявления, анализа и оценке напряженных, стрессовых, депрессивных состояний, психических травм, способных стать основой для формирования и осуществления суицидных намерений. В каждой стране имеются свои особенности организации летного труда и его медицинского, социального и психологического обеспечения. Эти особенности подлежат учету при разработке программных мероприятий по выявлению и предупреждению суицидов в авиации.

В поле зрения авиационных врачей за рубежом постоянно находятся специалисты по управлению воздушным движением. От их функционального состояния зависит надежность управления полетами и воздушным движением. Поэтому важное место отводится изучению факторов, способных повлиять на их самочувствие и функциональное состояние. В одном из исследований анализировались причины головной боли, обусловленные содержанием профессиональной деятельности авиадиспетчера [47]. Патогенетические механизмы возникновения боли установить не удалось. Намечены специальные исследования условий и обстоятельств возникновения головной боли у авиадиспетчеров для установления ее связи с характером, содержанием и другими особенностями профессиональной деятельности.

За рубежом большое значение придается проведению научных форумов по проблемам авиакосмической медицины. Обсуждения докладов, дискуссии и принимаемые решения нередко становятся основой для уточнения программ и содержания подготовки летного состава и постановки задач перед разработчиками авиационной техники. Так, на одной из конференций Ассоциации авиакосмической медицины обсуждались проблемы распределения функций между летчиком и бортовым оборудованием, автоматизации отдельных задач и функций по обеспечению пространственной ориентировки летчика и предотвращению столкновения с землей при полетах на малой высоте. Результаты обсуждения этого вопроса послужили основанием для

усовершенствования и внедрения автоматической системы предупреждения столкновения самолета с землей [48].

С расширением функций, задач авиакосмической медицины в рамках инновационного развития авиации и космонавтики за рубежом большое внимание уделяется подготовке и повышению квалификации специалистов в этой области. В США подготовку специалистов авиакосмической медицины проводят в таких известных в мире центрах авиакосмических исследований, как Школа авиационной медицины армии США, Школа авиакосмической медицины военно-воздушных сил США, Институт военно-морской, авиакосмической и тактической медицины, Центры авиакосмической медицины университетов в Галвестоне и Дейтоне [49]. Такое внимание к развитию авиакосмической медицины и подготовке специалистов в этой области обусловлено пониманием, что без этого невозможны ни развитие авиации, ни освоение космического пространства [50, 51].

В целом можно отметить следующие основные тенденции развития авиакосмической медицины за рубежом:

- расширение и углубление исследований по выявлению факторов летного труда, влияющих на функциональное состояние и работоспособность летного состава, и взаимосвязанную разработку и обоснование рекомендаций, направленных на повышение психофизиологической надежности летчика в полете и продление его профессионального долголетия;
- переход от общих ограничений, рекомендаций и решений по отбору, медицинскому освидетельствованию, обучению и оценке готовности к полетам, к индивидуальному подходу в прогнозе профессиональной надежности, работоспособности и психосоматического состояния;
- разработку методов, средств и технологий индивидуальной оценки психофизиологических резервов и ресурсов организма по сохранению функциональной готовности к эффективному решению задач профессиональной деятельности в условиях воздействия факторов полета;
- организацию мониторинга психосоматического и функционального состояния летного состава, особенно при достижении 60 лет, в интересах формирования индивидуальной базы данных для прогноза профессиональной надежности и принятия экспертных решений;
- разработку методов, способов и технологий оценки индивидуальных ресурсов обеспечения психофизиологической надежности и их восстановления с учетом функциональных, мотивационных и личностных особенностей летчика.

Отмеченные тенденции авиакосмических исследований в интересах обеспечения безопасности

полетов рассматриваются как востребованная временем потребность в оптимизации расходов и затрат на отбор, подготовку и сохранение надежности профессиональной деятельности летного состава и продление профессионального долголетия высококлассных летчиков.

Повышенное внимание за рубежом к проблемам учета человеческого фактора в авиации и создание благоприятных условий для их исследования и финансирования рассматривается как формирование научно-инновационного задела для решения задач авиакосмической медицины по освоению космоса, повышению эффективности и безопасности космической деятельности.

Применительно к отечественной авиакосмической медицине не вызывает сомнения необходимость проведения комплексного сопровождения создания и эксплуатации авиационной техники, изучения специфических особенностей летного труда в новых условиях учебно-боевой подготовки и уточнения ранее разработанных рекомендаций, нормативов, показателей и критериев оценки готовности летчика к полету и соответствия полетного задания его психофизиологическим и функциональным возможностям.

Список литературы

1. Kirby C.E., Kennedy Q., Yang H.J. Helicopter pilot scan techniques during low-altitude high-speed flight // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2014. V. 85. № 7. P. 740–744.
2. Chacon A., Rabin J., Yu D. et al. Quantification of color vision using a tablet display // *Aerospace Med. and Human Performance.* 2015. V. 86. № 1. P. 56–58.
3. Lucertini M.A. Twenty year analysis of spatial disorientation in the Italian Air force – a way forward // *Italian J. of Aerospace Med.* 2013. № 9. P. 15–29.
4. Cheung B. Spatial disorientation: more than just illusion // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2013. V. 84. № 11. P. 1211–1214.
5. Zheng Yi., Lu Ya., Yang Z., Fu S. Expertise and responsibility effects on pilots' reactions to flight deck alerts in a simulator // *Ibid.* 2014. V. 85. № 11. P. 1100–1105.
6. Yang J.H., Kennedy Q., Sullivan J., Fricker R.D. Pilots performance: assessing how scan pattern & navigational assessments vary by flight expertise // *Ibid.* 2013. V. 84. № 2. P. 116–124.
7. Paillard A.C., Quarck G., Denise P. Sensorial countermeasures for vestibular spatial disorientation // *Ibid.* 2014. V. 85. № 5. P. 563–567.
8. Ercoline W., Appiani G., Trivelloni P., Verde P.A. Primer for spatial disorientation countermeasures // *Italian J. of Aerospace Med.* 2009. № 1. P. 27–33.
9. Stevenson A.T., Scott J.P.R., Chiesa S. et al. Blood pressure, vascular resistance, and +G_z tolerance during repeated +G_z exposures // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2014. V. 85. № 5. P. 536–542.
10. Park M., Yoo S., Kim C., Hong Yu. Unpredictability of fighter pilots' G duration tolerance by anthropometric and physiological characteristics // *Aerospace Med. and Human Performance.* 2015. V. 86. № 4. P. 397–401.
11. Truszczynski O., Lewkowicz R., Wojtkowiak M., Biernacki M. Reaction time in pilots during intervals of high sustained G // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2014. V. 85. № 11. P. 1114–1120.
12. Kang K.-W., Shin Yu.H., Kang S. Acute spinal injury after centrifuge training in asymptomatic fighter pilots // *Aerospace Med. and Human Performance.* 2015. V. 86. № 4. P. 386–391.
13. Conkin J., Abercromby A.F.J., Dervay J.P. et al. Hypobaric decompression sickness treatment model // *Ibid.* 2015. V. 86. № 6. P. 508–517.
14. Patrao L., Zorro S., Silva J. et al. Flight physiology training experiences and perspectives: survey of 117 pilots // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2013. V. 84. № 6. P. 60–624.
15. MacLeod K.E., MacInnis M., Manokhina I., Rupert J.L. Twin studies in altitude and hypoxia research // *Ibid.* 2013. V. 84. № 6. P. 613–619.
16. Salmon D.M., Harrison M.F., Sharpe D. et al. Exercise therapy for improved neck muscle function in helicopter aircrew // *Ibid.* 2013. V. 84. № 10. P. 1046–1054.
17. Harrison M.F., Coffey B., Albert W.J., Fisher S.L. Night vision goggle-induced neck pain in military helicopter aircrew: a literature review // *Aerospace Med. and Human Performance.* 2015. V. 86. № 1. P. 46–55.
18. Moon B.J., Choy K.H., Yun C., Na Yo. Cross-sectional study of neck pain and cervical sagittal alignment in Air Force pilots // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2015. V. 86. № 5. P. 445–451.
19. Ang B.O., Kristoffersson M. Neck muscle activity in fighter pilots wearing night-vision equipment during simulated flight // *Ibid.* 2013. V. 84. № 2. P. 125–133.
20. Nagai T., Abt J.P., Sell T.C. et al. Neck proprioception, strength, flexibility, and posture in pilots with and without neck pain history // *Ibid.* 2014. V. 85. № 5. P. 529–535.
21. Lawson B.K., Scott O., Egbulefu F.J. et al. Demographic and occupational predictors of neck pain in pilots: analysis and multinational comparison // *Ibid.* № 12. P. 1185–1189.
22. Appiani G.C., Autore A., Landolfi A. et al. The oxygen paradox. Hypobaric simulated ascent: a case of syncopal occurrence // *Italian J. of Aerospace Med.* 2009. № 1. P. 39–43.
23. McKinley R.A., Tripp L.D. Jr., Fullerton K.L., Goodyear C. Sustained acceleration on perception of relative position and motion // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2013. V. 84. № 3. P. 184–189.
24. Lashibrooke B.P., Braithwaite M.G. Evaluation of aircrew candidate blood testing // *Ibid.* № 6. P. 585–591.
25. Navathe P., Drane M., Preitner C. Aeromedical decision making: from principles to practice // *Ibid.* 2014. V. 85. № 5. P. 576–580.

26. *Caretta T.* Predictive validity of pilot selection instruments for remotely piloted aircraft training outcome // *Ibid.* 2013. V. 84. № 1. P. 47–53.
27. *Hannon K.R., Pendergast D.R., Strauss H.C.* Electrocardiogram at an altitude of 3600 m with reference to T wave depression // *Ibid.* 2014. V. 85. № 6. P. 653–657.
28. *Potter B.A., Blickensderfer E., Boquet A.J.* Training monitoring skills in helicopter pilots // *Ibid.* № 5. P. 543–549.
29. *Fu X., Lindgren T., Norback D.* Medical symptoms among pilots associated with work and home environments: a 3-year cohort study // *Ibid.* 2015. V. 86. № 5. P. 458–465.
30. *Kanfield D.V., Berry M., Whinnery J.E. et al.* A new equation for calculating the maximum wait time for pilots who use an impairing medication // *Ibid.* 2014. V. 85. № 6. P. 668–671.
31. *Strollo F., More M., Tosco P. et al.* Aeromedical examiner and diabetes: will incretins change certifying attitudes in the future? // *Italian J. of Aerospace Med.* 2009. № 1. P. 22–26.
32. *Matsangas P., McCauley M.* Sopite syndrome: a revised definition // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2014. V. 85. № 6. P. 672–673.
33. *Stromberg S.E., Russell M.E., Carlson C.* Diaphragmatic breathing and effectiveness for the management of motion sickness // *Ibid.* 2015. V. 86. № 5. P. 452–457.
34. *Heaton K.J., Maule A.L., Maruta J. et al.* Attention and visual tracking degradation during acute sleep deprivation in a military sample // *Ibid.* 2014. V. 85. № 5. P. 497–503.
35. *Amann U., Holmes A., Caldwell J., Hilditch C.* Sleep and sleepiness of pilots operating long-range airplane emergency medical missions // *Ibid.* № 9. P. 954–959.
36. *Gander P.H., Mulrine H.M., van den Berg M.J. et al.* Pilot fatigue: relationships with departure and arrival times, flight duration, and direction // *Ibid.* № 8. P. 833–840.
37. *Powell D.M.C., Spencer M.B., Petrie K.* Comparison of in-flight measures with predictions of a bio-mathematical fatigue model // *Ibid.* № 12. P. 1177–1184.
38. *Rangan S., van Dongen H.P.A.* Quantifying fatigue risk in model-based fatigue risk management // *Ibid.* 2013. V. 84. № 2. P. 155–157.
39. *Newman D.G.* Survival outcomes in low-level ejection from high performance aircraft // *Ibid.* № 10. P. 1061–1065.
40. *Muller A., Prohn M.J., Huster K.M. et al.* Pilots' age and incidents in helicopter emergency medical service: a 5-year observational study // *Ibid.* 2014. V. 85. № 5. P. 522–528.
41. *Raslau D., Summerfield D.T., Dabrh A. et al.* The risk of prostate cancer in pilots: a meta-analysis // *Ibid.* 2015. V. 86. № 2. P. 112–117.
41. *Verde P., Piccardi L., Biachini F. et al.* Gender differences in navigational memory: pilots vs. non-pilots // *Ibid.* № 2. P. 103–111.
43. *Arai T., Limper U., Gauger P., Beck L.* Pulse contour methods to estimate cardiovascular indices in micro- and hypergravity // *Ibid.* 2013. V. 84. № 11. P. 1178–1185.
44. *Lucertini M., Verde P., Trivelloni P.* Rehabilitation from airsickness in military pilots: long-term treatment effectiveness // *Ibid.* № 11. P. 1196–1200.
45. *Johnson B.D., Harrison N.F.* Statin use and the development of acute mountain sickness // *Ibid.* 2015. V. 86. № 2. P. 97–102.
46. *Vuorio A., Laukkala T., Navathe P. et al.* Aircraft-assisted pilot suicides: lessons to be learned // *Ibid.* 2014. V. 85. № 8. P. 841–846.
47. *Verde P., Morgagni F., Paolucci G.A.* Case of aircraft headache in an air traffic controller // *Italian J. of Aerospace Med.* 2013. № 9. P. 70–73.
48. *Scarpa Ph. J.* Two stories of making a difference in aerospace medicine with AsMA // *Aerospace Med. and Human Perform.* 2015. V. 86. № 4. P. 343.
49. *Doarn R.C., Mohler S.R.* Physician training in aerospace medicine – an historical review in the United States // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2013. V. 84. № 2. P. 158–162.
50. *Medenkov A.A.* Scientific and practical contribution of G.M. Zarakovskii to the development of psychophysiology in Russia (on the 90th anniversary of his birth) // *Human Physiol.* 2015. V. 41. № 2. P. 223–228.
51. *Scarpa P.J.* Why aerospace medicine is important // *Aviat., Space, and Environ. Med.* 2015. V. 86. № 2. P. 75.

Поступила 14.09.2015

VITAL PROBLEMS OF AVIATION MEDICINE (FOUND IN INTERNATIONAL RESEARCH PAPERS)

Medenkov A.A., Nesterovich T.B.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 5–13

Publications disclosing the thematic areas of aeromedicine researches conducted worldwide have been reviewed and subjects of reports to aerospace medicine conferences and congresses have been condensed and analyzed. Key issues pursued in experimental and analytical studies with the aim to improve the efficiency of flying personnel have been defined. Distinctions in the content and objectives of Russian and international researches have been outlined. Noteworthy is a large scope of experiments in order to pinpoint pilot's skills and characteristics critical for his readiness to fulfill duties. In future, assessment of pilot's psychophysiology and psychosomatic condition can increase both flight safety and pilot's fighting capability.

Key words: aviation medicine, flight safety, pilot's performance, functional state, flight factors, medical certification, spatial awareness, flight accelerations.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 629.7+613.6

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ КОСМОНАВТОВ ПОСЛЕ УЧАСТИЯ В КОСМИЧЕСКИХ ПОЛЕТАХ

Ушаков И.Б.¹, Воронков Ю.И.¹, Бухтияров И.В.², Тихонова Г.И.², Горчакова Т.Ю.²

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

²«Научно-исследовательский институт медицины труда», Москва

E-mail: gtikhonova@yandex.ru

Для определения риска смерти советских и российских космонавтов, совершивших хотя бы один космический полет (КП), проведена ретроспективная эпидемиологическая когортная оценка их последующего здоровья по ряду показателей.

Период наблюдения за когортой, в которую входили 114 космонавтов, составил 54 года (1960–2013). Анализировались данные, характеризующие причины и уровни смертности космонавтов, совершивших КП в 1961–2013 гг. Стандартизированные по возрасту показатели их смертности сравнивались с аналогичными показателями у мужского населения России и Московской обл. В результате установлено, что риск смерти в связи с болезнями в когорте космонавтов ниже, чем среди контрольного населения. Это объясняется их более высоким уровнем состояния здоровья в связи с медицинским отбором кандидатов в космонавты и защитой экипажей от влияния факторов КП, а также качественным медико-психологическим сопровождением в предполетный и послеполетный периоды. Для исследования влияния на здоровье космонавтов длительного пребывания в условиях космоса, в том числе при осуществлении сверхпродолжительных орбитальных и межпланетных полетов, обсуждается необходимость продолжения эпидемиологических когортных исследований, изучения и анализа причин их заболеваний и смерти.

Ключевые слова: космонавты, когорта, эпидемиологическое исследование, риск смерти.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 14–20.

Космонавтика является уникальным видом человеческой деятельности не только по научно-технической сложности осуществления космического полета и создания условий для работы человека, в том числе в открытом космосе, но и по высоким требованиям, которые предъявляются к физическим, интеллектуальным и нравственным качествам космонавта.

12 апреля 1961 г. наш соотечественник Ю.А. Гагарин совершил первый в мире космический полет (КП). Вскоре был осуществлен первый в мире

групповой полет. В 1963 г. КП совершила первая в мире женщина-космонавт – В.В. Терешкова. Первым человеком, совершившим выход в открытый космос в 1965 г., стал А.А. Леонов. В 1969 г. первым человеком, ступившим на поверхность Луны, стал Нил Армстронг. Сегодня на борту Международной космической станции (МКС) вместе с российскими постоянно работают космонавты из разных стран мира.

Со времени первого КП в космосе побывало свыше 500 человек из разных стран мира, в том числе около 120 наших соотечественников. В последние десятилетия продолжительность полетов постоянно увеличивается. Продолжительным и сверхпродолжительным пребыванием на борту МКС отличаются российские космонавты, вахта которых длится 5–6 мес. Ряд космических программ на орбитальной станции «Мир» и МКС предусматривал суммарное время их пребывания на околоземной орбите свыше полутора лет. Мировые рекорды по продолжительности суммарного времени пребывания человека в условиях КП установили космонавты В.В. Поляков – 678 сут 16 ч 33 мин (за 2 полета), С.В. Авдеев – 747 сут 14 ч 12 мин (за 3 полета), А.Ю. Калери – 769 сут 06 ч 34 мин 56 с (за 5 полетов), С.К. Крикалев – 803 сут 10 ч 41 мин (за 6 полетов), Г.И. Падалка – 878 сут (за 5 полетов). Вернувшиеся 2 марта 2016 г. на Землю участники 43-й экспедиции на МКС астронавт С.Дж. Келли и космонавт М.Б. Корниенко совершили полет продолжительностью 340 сут 08 ч 42 мин 29 с. Американский рекорд продолжительности пребывания астронавта на околоземной орбите, установленный С.Дж. Келли, достиг 540 сут (за 2 полета).

На совещании о приоритетах космической деятельности Российской Федерации до 2025 г., прошедшем 12 ноября 2015 г., Президент Российской Федерации В.В. Путин подчеркнул: «Сейчас необходимо не только поддерживать сформированные заделы, но и обеспечить дальнейшее развитие космической отрасли, освоение новых направлений космонавтики» [1].

Перспектива развития пилотируемых средств в интересах освоения дальнего космоса и осуществления межпланетных полетов, в первую очередь, к Марсу является мощным стимулом развития науки и техники, в том числе космической медицины и биологии [2, 3].

Однако всевозрастающая длительность полетов требует и строгого учета возможностей человеческого организма. Негативное воздействие комплекса неблагоприятных факторов КП может проявиться как во время полета и в послеполетный период, так и в отдаленном будущем.

Непосредственные и отдаленные эффекты могут явиться следствием перегрузок при выведении космического корабля на орбиту и при возвращении на Землю, факторов невесомости, космического излучения, метеоритной опасности и пребывания в замкнутом пространстве пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций. Кроме того, космонавты испытывают изменения барометрического давления и состава воздуха, его температуры и влажности, воздействие ионизирующей радиации, ультрафиолетового облучения, повышенного уровня шума, факторов операторской деятельности: ее напряженности, монотонности, стрессовых ситуаций [4, 5].

На эколого-гигиенические условия пребывания космонавтов на орбитальных станциях влияют также факторы, возникающие вследствие обеспечения технического функционирования станций и жизнедеятельности космонавтов, в том числе решения ими задач профессиональной деятельности. Эта деятельность связана с выполнением большого комплекса мероприятий по управлению и обеспечению жизнеспособности станции, поддержанию здоровья и работоспособности, проведению научно-исследовательских и технических работ, в том числе в открытом космосе, в условиях высокого риска для здоровья и жизни [6].

Из изложенного следует, что факторы космической среды и КП, могут способствовать развитию функциональных и соматических нарушений в организме космонавтов, особенно при длительных полетах, что может найти отражение в уровнях смертности от различных причин.

В связи с вышесказанным, целью данного исследования явилась оценка риска смерти от отдельных причин в когорте советских и российских космонавтов, совершивших хотя бы один КП.

Характеристика состояния здоровья космонавтов по показателям смертности позволит оценить степень их защищенности от экстремальных факторов космической среды и КП и послужит дополнительной информацией при решении вопросов охраны их здоровья в процессе профессиональной деятельности.

Методика

С момента формирования в 1960 г. первого отряда космонавтов из 20 человек, названного «ВВС № 1», прошло 55 лет. За этот период в отряд космонавтов было зачислено 283 кандидата, из которых 119 совершили один или более КП.

С учетом сроков публикации данных о смертности контрольного населения за очередной год когорты была закрыта 31 декабря 2013 г. К этому сроку число отечественных космонавтов, совершивших хотя бы один КП, составило 117 человек, в том числе 3 женщины. Женщины не были включены в исследование в связи с тем, что уровни и структура причин смерти мужского и женского населения различаются и требуют отдельного анализа показателей здоровья.

Таким образом, в когорту вошли 114 мужчин-космонавтов с периодом наблюдения в течение 54 лет: с 1 января 1960 г. по 31 декабря 2013 г. Наблюдение за каждым космонавтом осуществлялось с момента зачисления в отряд до конца периода наблюдения или даты смерти. В когорту не вошли космонавты со стартом их первого КП после 31 декабря 2013 г. На конец периода наблюдения в когорте оставалось 85 здравствующих космонавтов. За 54 года наблюдения показатель человеко-лет оказался равным 3468.

Данные о российских и советских космонавтах заимствовались с официального сайта Федерального космического агентства (<http://www.federalspace.ru/>), ФГБУ «НИИ ЦПК им. Ю.А. Гагарина» (<http://www.gctc.ru/>) и «Космическая энциклопедия ASTROnote» (<http://astronaut.ru/>). Персональные данные космонавтов были закодированы. Авторами соблюдались этические принципы проведения исследований с участием людей в качестве субъектов исследования.

В качестве группы сравнения выступало мужское население Российской Федерации, а также мужское население Московской обл., на территории которой расположен пос. Звездный, где проживают и проходят подготовку космонавты.

Данные о контрольном населении: половозрастная численность мужского населения, число умерших по возрасту и причинам смерти по России и по Московской обл. были получены:

- за 1960–1987 гг. в Государственном архиве Российской Федерации, Государственном архиве по Московской обл., Российской базе данных по рождаемости и смертности (Центр демографических исследований Российской экономической школы) [7];

- за 1965–1994 гг. из материалов исследования тенденций смертности по причинам смерти в России [8];

- за 1988–2013 гг. в Федеральной службе государственной статистики (Росстате) и

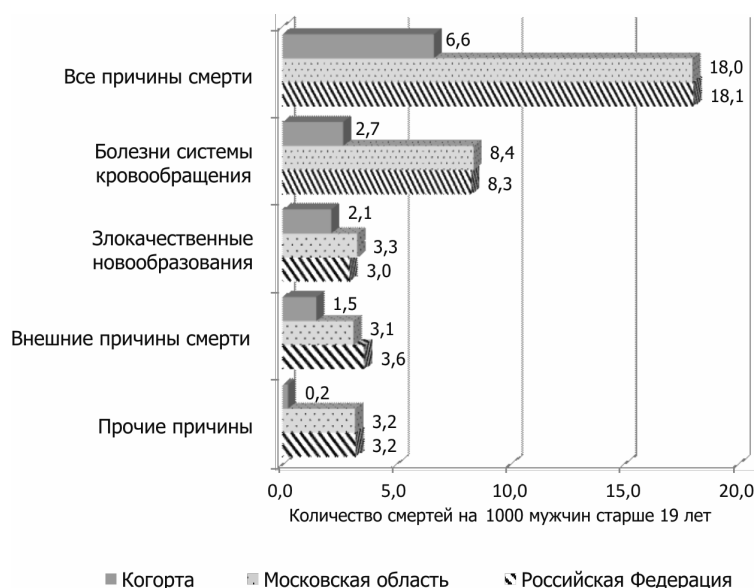


Рисунок. Стандартизированные коэффициенты смертности космонавтов и мужского населения Московской обл. и России в возрасте 20 лет и старше от отдельных причин

территориальном органе Федеральной службы государственной статистики по Московской обл.

Для оценки риска смерти космонавтов использовался показатель стандартизованного относительного риска (COP) смерти (standardized mortality ratio – SMR) с учетом основного мешающего фактора – возраста. Стандартизация по возрасту осуществлялась методом расчета «ожидаемого» числа смертей в когорте при ее половозрастной структуре и условии, что возрастные коэффициенты смертности в каждой 5-летней возрастной группе (25–29; 30–34; ...; 85 и старше) в каждый из 5-летних периодов наблюдения (1960–1964; 1965–1969; ...; 2005–2013 гг.) были бы такими же, как у населения, принятого за стандарт. Для оценки COP смерти реальное число умерших в когорте делят на «ожидаемое» и таким образом получают величину относительного риска смерти от той или иной причины в изучаемой профессиональной группе.

Статистическую значимость показателя оценивали по 95 %-ному доверительному интервалу (95 % confidence interval) [9].

Показатель COP смерти в профессиональной когорте космонавтов рассчитывали по классам причин смерти в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра (МКБ-10): болезни системы кровообращения (I00–I99); злокачественные новообразования (ЗН) (C00–C97); внешние причины (V01–Y98); прочие причины и суммарно от всех причин (A00–Y98).

Статистическая обработка и анализ данных выполнялись с помощью пакета Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение

По данным на 31 декабря 2013 г. за период наблюдения с 1960 по 2013 г. из 114 космонавтов-мужчин, совершивших хотя бы один КП и входивших в профессиональную когорту, здравствовали 85 космонавтов в возрасте от 46 до 86 лет. За этот период скончалось 29 человек в возрасте от 34 до 83 лет: от внешних причин в возрасте 34–62 года, в результате заболеваний: в возрасте от 44 до 83 лет.

Случаи смерти в когорте космонавтов были связаны с 4 классами причин: болезни системы кровообращения (БСК I00–I99) – 41,4 % (12 человек), злокачественные новообразования (C00–C97) – 34,5 % (10 человек), внешние причины смерти (V01–Y98) – 20,7 % (6 человек) и болезни органов пищеварения (K00–K98) – 3,4 % (1 человек).

На основании полученных данных были рассчитаны коэффициенты смертности от изучаемых причин космонавтов и мужского населения Московской обл. и России (в возрасте от 20 лет и старше). Показатели в когорте и по Московской обл. были стандартизованы по возрасту косвенным методом. Стандартом явились половозрастные коэффициенты смертности мужского населения России. Полученные результаты представлены на рисунке.

Из представленных на рисунке данных следует, что уровни смертности в когорте космонавтов значительно ниже по сравнению с контрольными группами. Для оценки риска умереть в когорте по сравнению с контрольными популяциями использовалось соотношение «фактического» и «ожидаемого» количества умерших. Показатель COP смерти от основных и всех причин в совокупности, а также показатели статистической значимости полученных результатов представлены в таблице.

Приведенные показатели COP смерти свидетельствуют, что уровень смертности космонавтов от всех перечисленных причин был ниже, чем среди мужского населения как Российской Федерации, так и Московской обл. Вместе с тем статистически значимые различия в значениях показателей COP были установлены только для всех причин смерти в совокупности, для класса болезней системы кровообращения и для причин смерти, вошедших в группу «прочие причины».

В когорте космонавтов смертность от всех причин (показатель COP = 0,368) и от болезней системы кровообращения (показатель COP = 0,322) была в 3 раза ниже уровня смертности мужского населения Российской Федерации и Московской обл. (COP = 0,344 и COP = 0,310 соответственно).

Таблица

Фактические и ожидаемые числа умерших и СОР смерти в когорте советских и российских космонавтов-мужчин (1960–2013)

Причины смерти	Фактическое число смертей	Ожидаемое число смертей	СОР	95 %-ный доверительный интервал
Контрольное население – Российская Федерация				
Все причины смерти	29	78,7	0,368*	[0,241–0,562]
БСК (I00-I99)	12	37,3	0,322*	[0,168–0,616]
ЗН (C00-C97)	10	13,8	0,726	[0,322–1,637]
Внешние причины смерти (V01-Y98)	6	13,4	0,417	[0,161–1,079]
Прочие причины	1	13,3	0,075*	[0,010–0,574]
Контрольное население – Московская обл.				
Все причины смерти	29	79,7	0,364*	[0,239–0,555]
БСК (I00-I99)	12	38,7	0,310*	[0,163–0,592]
ЗН (C00-C97)	10	14,8	0,675	[0,303–1,503]
Внешние причины смерти (V01-Y98)	6	13,1	0,460	[0,175–1,208]
Прочие причины	1	13,1	0,076*	[0,010–0,582]

Примечание. * – статистически значимые различия.

Показатель СОР смерти от прочих причин в когорте космонавтов был ниже популяционного в 13 раз.

Фактическое количество смертей от внешних причин в когорте космонавтов по отношению к мужскому населению Российской Федерации составило 0,417, а по отношению к мужскому населению Московской обл. – 0,460 от ожидаемого количества. Однако различия не достигали порога статистической значимости 95 %, что может объясняться малой численностью когорты и небольшим количеством смертей. Показатель СОР смерти от злокачественных новообразований в когорте космонавтов также был ниже (0,726 и 0,675 соответственно), а различия были статистически недостоверными.

Ранее американские эпидемиологи Peterson L.E. et al., Reynolds R.J., Day S.M. провели когортные исследования смертности американских астронавтов. Первое исследование охватывало период наблюдения с 1959 по 1991 г. с показателем человеко-лет, не превышающим 3000, и не являлось представительным [10]. В когорте был очень высокий показатель СОР смерти от несчастных случаев, преимущественно профессиональных. Показатель СОР смерти астронавтов США от всех причин оказался выше, чем среди населения в 1,8 раза, и, напротив, от БСК, ниже, но статистически недостоверен.

Во 2-м исследовании период наблюдения составил 30 лет (1980–2009) и число человеко-лет наблюдения превысило 6000 [11]. В когорту вошли все астронавты: мужчины и женщины, как выполнявшие, так и не выполнявшие КП. Однако число последних было незначительным. Общая численность астронавтов составила 321 человек. Большинство

астронавтов выполняли краткосрочные полеты продолжительностью от нескольких дней до 2–3 мес, и лишь у отдельных астронавтов суммарная продолжительность КП достигала года.

Несмотря на отличия в подходах к формированию групп наблюдения, в работе Reynolds R.J. и Day S.M. получены результаты, близкие к данным российского исследования: смертность астронавтов была достоверно ниже по сравнению со смертностью среди населения США от всех причин в совокупности, сердечно-сосудистых заболеваний и новообразований. Отличие состояло в более высоком уровне смертности от внешних причин. Это касалось как несчастных случаев, связанных с КП, так и с бытовым травматизмом, включая транспортный, что по мнению авторов объяснялось склонностью астронавтов к рискованному поведению.

Reynolds R.J. et al. в 2014 г. представили материалы изучения тенденций в причинах смертности советских и российских космонавтов [12]. Изучали смертность всех космонавтов, проходивших подготовку к КП в Звездном городке. В когорту входило 266 мужчин и женщин из отряда космонавтов как совершивших, так и не совершивших КП. Это позволило им сопоставить уровни смертности космонавтов и астронавтов от разных причин. При определении общего коэффициента смертности для советских и российских космонавтов в когорте выделяли русских (73 %), украинцев (14 %) и лиц других национальностей (13 %), а референтной группой являлось население России и Украины. По результатам исследования сделано заключение, что риск смерти от всех причин у космонавтов ниже, чем у

населения России и Украины, и показано, что риск смерти у космонавтов от БСК и рака по сравнению с американскими астронавтами выше. При этом следует отметить, что оценку риска по отдельным причинам в этом исследовании затрудняло отсутствие данных о причине смерти 20 % лиц, входивших в когорту. Кроме того, из-за отсутствия данных об уровнях смертности в референтной группе (Россия и Украина) за период 2009–2013 гг. в исследовании использовались данные о растущей смертности за предыдущие годы, которая фактически снижалась. Тем не менее, использованный в исследовании методический подход к формированию когорты показал возможность оценки влияния медицинского отбора кандидатов в отряд космонавтов по состоянию здоровья и сопоставлению смертности в группах: население – отряд космонавтов – космонавты, совершившие КП, а также с большей достоверностью оценить влияние КП на здоровье космонавтов.

В нашем исследовании смертности советских и российских космонавтов предполагалась оценка последствий КП для здоровья космонавтов, вошедших в когорту участвовавших в отечественной программе пилотируемых полетов. При этом смертность космонавтов анализировалась с учетом года зачисления в отряд космонавтов. Оказалось, что из 29 умерших в наблюдаемой когорте, 25 космонавтов были зачислены в отряд в 1960-е годы, и 4 космонавта – в 1970-е годы.

Из космонавтов 1-го набора 1960 г. КП совершили 12 человек. Из них по состоянию на 31 декабря 2013 г. скончалось 8 человек (66,7 %): 5 космонавтов от БСК (средний возраст в момент их смерти составлял 68,8 года), 2 человека по причине травмы, в том числе 1 при посадке после выполнения КП (их средний возраст равнялся 37 годам). Один космонавт умер в связи с перитонитом (класс МКБ-Х – болезни органов пищеварения) в возрасте 44 лет. Средний возраст здравствующих 4 космонавтов на момент окончания наблюдения составлял 79 лет.

Из 28 космонавтов, зачисленных в отряд в 1960-е гг., скончалось 17 человек (60,7 %), их средний возраст на момент смерти составил 63,2 года (от ЗН – 69,4 года, от БСК – 68,5 года и от травм – 44,5 года). Средний возраст здравствующих 11 космонавтов по состоянию на 31 декабря 2013 г. составлял 77,5 года.

В 1970-е годы в отряд было зачислено 24 космонавта. Из них 4 человека (16,7 %) скончались: один от БСК в возрасте 69 лет и 3 человека от ЗН (средний возраст – 53,3 года), включая случай смерти от астроцитомы (в возрасте 47 лет), по мнению специалистов, связанной с черепно-мозговой травмой в результате жесткой посадки спускаемого космического аппарата. Средний возраст здравствующих космонавтов этой группы по состоянию на 31 декабря 2013 г. составил 68,9 года.

Среди 50 космонавтов, зачисленных в отряд после 1980 г. и совершивших КП, случаев смерти не было. Их средний возраст по состоянию на 31 декабря 2013 г. характеризовался следующими данными: для зачисленных в отряд в 1980–1989 гг. – 57,8 года, в 1990–1999 гг. – 51 год и в 2000–2013 гг. – 41,6 года.

Анализ данных периода наблюдения о среднем возрасте умерших и средней ожидаемой продолжительности жизни мужского населения России показал, что средний возраст мужчин, умерших в 1960–2013 гг. от всех причин смерти, находился в пределах от 59 лет до 64,5 года. При этом средний возраст умерших в России в результате несчастных случаев, отравлений и травм, менялся в диапазоне от 42 до 45,5 года, а средняя ожидаемая продолжительность жизни мужского населения России в 1960–2013 гг. находилась в пределах 57,6–65,1 года. Сопоставление этих данных с показателями смертности космонавтов показывает, что средняя продолжительность жизни в когортах космонавтов первых наборов и в дальнейшем будет существенно превышать продолжительность жизни мужского населения России.

В КП значимым фактором является повышенный риск несчастного случая. Имевшие место при осуществлении КП аварийные ситуации создавали угрозу экипажу или снижали безопасность полета. Несколько раз отказы техники приводили к гибели космонавтов. В 1967 г. после выполнения 27-часового полета на космическом корабле «Союз-1» произошел отказ парашютной системы корабля при посадке на землю и космонавт погиб. В 1971 г. после 23-дневного полета в результате разгерметизации кабины корабля «Союз-11» при входе в атмосферу погиб его экипаж, состоящий из 3 космонавтов [5]. После 1971 г. трагедий с гибелью советских и российских космонавтов, несмотря на имевшие место аварийные ситуации, не было. Исключением является смерть космонавта в 1988 г. по истечении года после полученной травмы головы в результате жесткой посадки и развития астроцитомы. Смерть в результате несчастных случаев еще 2 космонавтов была связана не с КП: одного – с тренировочным авиационным полетом, а другого – с бытовым несчастным случаем.

Выводы

1. Полученные по результатам исследования данные преимущественно характеризуют причины и уровни смертности первых космонавтов, совершивших КП в 1960–1970 гг. и свидетельствуют, что стандартизованные по возрасту показатели смертности в когорте космонавтов значительно ниже по сравнению с аналогичными показателями у мужского населения России и Московской обл.

2. Более низкий риск смерти в связи с болезнями в когорте космонавтов при сравнении с контрольным населением можно объяснить исходным преимуществом в состоянии здоровья по сравнению с населением, что обеспечивается профессиональным отбором кандидатов в космонавты по показателям здоровья, высоким уровнем их тренированности и достаточно надежной защитой экипажей от влияния экстремальных факторов полета и космического пространства, а также качеством медицинского сопровождения в предполетный и послеполетный периоды.

3. Снижение частоты несчастных случаев со смертельным исходом в космонавтике, являющейся потенциально опасной областью профессиональной деятельности, и выполнение КП после 1971 г. без таких последствий во многом обеспечиваются достаточно надежной отечественной космической техникой.

4. Возрастной состав когорты, а также непродолжительный период наблюдений с начала выполнения длительных орбитальных КП не позволили провести в полном объеме анализ отдаленных последствий длительного пребывания в состоянии невесомости и воздействия космического излучения, а также других неблагоприятных факторов КП и космического пространства. Это указывает на необходимость продолжения исследований, изучения и анализа причин смертности космонавтов, совершивших КП, особенно в связи с дальнейшим развитием пилотируемой космонавтики и все более увеличивающимися сроками пребывания на космических станциях и при осуществлении полетов на другие планеты.

Список литературы

1. Путин В.В. Совещание о приоритетах космической деятельности 12.11.2015 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/50676> (дата обращения: 19.11.2015 г.).

Putin V.V. Meeting on priorities for space activities 12.11.2015. [Electronic resource]. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/50676> (date of the application: 19.11.2015).

2. Ушаков И.Б. Курс на упреждение как стратегическая задача космической биологии и медицины на современном этапе // Авиакосм. и экол. мед. 2011. № 1. С. 5–16.

Ushakov I.B. The policy of forestalling as a strategic objective of space biology and medicine at the present stage // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2011. T. 45. № 1. P. 5–16.

3. Григорьев А.И., Потапов А.Н. От полета Ю.А. Гагарина к современным пилотируемым космическим

полетам и межпланетным экспедициям // Там же. № 2. С. 3–15.

Grigorev A.I., Potapov A.N., From Yu.A. Gagarin flight to modern manned space flight and interplanetary missions // Ibid. № 2. P. 3–15.

4. Космическая медицина и биология: Сб. науч. статей / А.И. Григорьев, И.Б. Ушаков, ред. Воронеж, 2013.

Space medicine and biology: Collected research papers / A.I. Grigorev, I.B. Ushakov, eds. Voronezh, 2013.

5. Космическая биология и медицина: Т. 4: Здоровье, работоспособность, безопасность космических экипажей / И.Д. Пестов, Л.Ф. Дитлайн, ред. М., 2001.

Space medicine and biology: V. 4: Health, performance, security of space crews / I.D. Pestov, L.F. Ditlain, eds. Moscow, 2001.

6. Космическая биология и медицина: Т. 5: Российско-американское сотрудничество в области космической биологии и медицины / И.Д. Пестов, Ч.Ф. Соуэн, Н.Г. Хаус, С.И. Хансон, ред. М., 2009.

Space medicine and biology: V. 5: Russian-American cooperation in the field of space biology and medicine / I.D. Pestov, Ch.F. Souen, N.G. Khaus, S.I. Khanson, eds. Moscow, 2009.

7. Российская база данных по рождаемости и смертности. Центр демографических исследований Российской экономической школы. М. База данных доступна по адресу: http://demogr.nes.ru/index.php/ru/demogr_indicat/data (дата обращения: 8.04.2013 г.).

Russian Fertility and Mortality Database. Center for Demographic Research. Moscow. Available at http://demogr.nes.ru/index.php/ru/demogr_indicat/data (data of application 8.04.2013).

8. Милле Ф., Школьников М.В., Эртриш В., Валлен Ж. Современные тенденции смертности по причинам смерти в России в 1965–1994 // Donnees Statistiques. № 2. 1996.

Mille F., Shkolnikov M.V. Ertrish V., Vallen Zh. Modern trends in mortality by cause of death in Russia in 1965–1994 // Donnees Statistiques. № 2. 1996.

9. Флетчер Р., Флетчер С., Вагнер Э. Клиническая эпидемиология: Основы доказательной медицины: Пер. с англ. М., 2004.

Fletcher R., Fletcher S., Vagner E. Clinical epidemiology: evidence-based medicine: Transl. from Engl. Moscow, 2004.

10. Peterson L.E., Pepper L.J., Hamm P.B., Gilbert S.L. Longitudinal study of astronaut health: mortality in the years 1959–1991 // Radiat. Res. 1993. V. 133. P. 257–264.

11. Reynolds R.J., Day S.M. Mortality among U.S. astronauts: 1980–2009 // Aviat. Space Environ. Med. 2010. Nov. V. 81. № 11. P. 1024–1027.

12. Reynolds R.J., Day S.M., Nurgalieva Z.Z. Mortality among Soviet and Russian cosmonauts: 1960–2013 // Ibid. 2014. Nov. V. 85. № 7. P. 1–5.

Поступила 15.09.2015

RETROSPECTIVE HEALTH ASSESSMENT OF COSMONAUTS AFTER PARTICIPATION IN SPACE FLIGHTS

**Ushakov I.B., Voronkov Yu.I., Bukhtiyarov I.V.,
Tikhonova G.I., Gorchakova T.Yu.**

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia).
2016. V. 50. № 2. P. 14–20

A retrospective cohort study was undertaken to estimate the risk of mortality for Soviet/Russian cosmonauts using the data of 54-year follow-up (1960–2013). The cohort comprised 114 cosmonauts including those who had made a single space flight. Causes and rate of death among

cosmonauts flown to space in 1961–2013 were analyzed. Age-standardized mortality ratio for cosmonauts was compared and contrasted with that for the male population of Russia and Moscow region. As a result it was established that the mortality risk attributable to diseases was high for the reference population but not the cohort of cosmonauts. The reasons are rigorous medical selection of candidates to cosmonauts, crew protection from space factors, and good medical and psychological monitoring in pre- and post-flight periods. A better understanding of how health is impacted by long life in the spaceflight environment, including very long orbital and exploration missions calls for continuation of epidemiological cohort studies of causes for disease and death among spacecrew members.

Key words: cosmonauts, cohort, epidemiological study, mortality risk.

УДК 612.4:613.963

АВИАМЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАКТОРАМИ РИСКА ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Праскурничий Е.А.¹, Книга В.В.¹, Быстрова А.Г.², Юстова В.Д.¹

¹Российская медицинская академия последиplomного образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва

²Центральная врачебно-летная экспертная комиссия гражданской авиации Российской Федерации, Москва

E-mail: praskurnichy@mail.ru

В статье рассматриваются теоретические основы концепции управления факторами риска для безопасности полетов, связанные с организацией и проведением мероприятий по медицинскому обеспечению полетов в гражданской авиации. Представлена характеристика методик выявления факторов опасности и факторов риска для безопасности полетов, определено понятие медицинского риска. Рассмотрен процесс управления факторами риска, связанными с изменением состояния здоровья авиационного персонала. Продемонстрировано значение практического использования концепции управления факторами риска для безопасности полетов при оценке состояния здоровья лиц летного и диспетчерского состава.

Ключевые слова: безопасность полетов, управление безопасностью полетов, факторы риска для безопасности полетов; состояния, угрожающие безопасности полетов; риск сердечно-сосудистого осложнения.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 21–27.

Одним из главных направлений деятельности авиакомпании в современных условиях выступает обеспечение безопасности полетов [1]. Безопасность полетов определяется как состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей подобную эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются [2]. Эффективность мероприятий по обеспечению безопасности полетов в значительной степени связана с возможностью и результативностью реализации процесса управления факторами риска для безопасности полетов. В данном отношении медицинские риски для безопасности полетов представляют собой особую категорию рисков. Однако их известное своеобразие отнюдь не означает, что базовые принципы концепции управления факторами риска для безопасности полетов не могут быть к ним применены.

Актуальность концепции управления факторами медицинского риска в рамках врачебно-летной экспертизы четко обозначена в документах Международной организации гражданской авиации

(ИКАО), в частности, в приложении 1 к Конвенции о международной гражданской авиации [3]. В этом документе содержатся рекомендации регулярного сбора и анализа случаев потери работоспособности в полете и медицинских данных в процессе выдачи медицинских заключений с акцентом на области повышенного медицинского риска.

Методики выявления факторов опасности и факторов риска для безопасности полетов

В рамках внедрения современных подходов к обеспечению безопасности полетов фактически осуществляется реализация 3 методик выявления факторов опасности и факторов риска – реагирующей, проактивной и прогнозной, что находит отражение в соответствующих документах ИКАО. В частности, один из последних опубликованных документов по данной проблеме – Руководство по управлению безопасностью полетов – резюмирует разные подходы к управлению безопасностью полетов [4].

В основе реагирующего подхода лежит принцип недопущения «копирования» уже произошедших авиационных инцидентов. В истории мировой гражданской авиации можно найти немало примеров ужесточения требований к состоянию здоровья летного состава после авиационных катастроф или аварий, произошедших на фоне потери работоспособности у пилота вследствие развития острой коронарной недостаточности. Подобного рода нормативные изменения, безусловно, играли и продолжают играть важную роль в повышении уровня безопасности полетов, однако на современном этапе все возрастающего значения в авиации человеческого фактора возможности реагирующего метода в управлении безопасностью полетов представляются крайне ограниченными.

Проактивная стратегия, основанная на активном выявлении факторов риска для безопасности полетов посредством анализа деятельности организации, обладает гораздо большим потенциалом эффективности. Данный подход все шире используется в организациях гражданской авиации и нередко

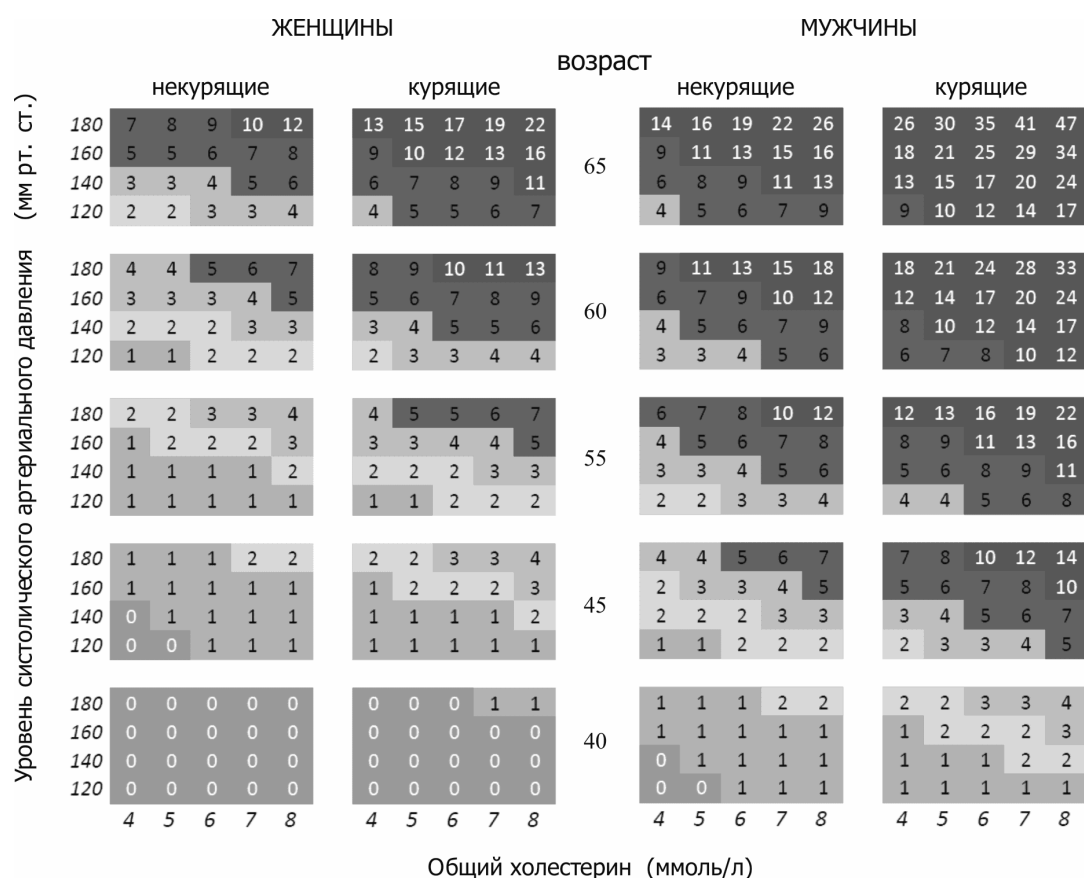


Рис. 1. Расчет риска смерти от сердечно-сосудистых заболеваний по шкале SCORE

воспринимается как своего рода ноу-хау, хотя вся врачебно-летная экспертиза в основе своей деятельности имеет принцип проактивности. Причем это относится к работе не только врачебно-летних экспертных комиссий, которые проводят медицинское освидетельствование авиационного персонала, но и авиамедицинских специалистов на предполетном медицинском осмотре, а также врачей авиакомпаний, осуществляющих динамическое наблюдение авиационного персонала в межкомиссионный период.

Периодически возникающие предложения по либерализации требований к состоянию здоровья летного состава, заключающиеся в допуске к летной работе лиц с необструктивными (в том числе и скорректированными благодаря коронарной ангиопластике) формами ишемической болезни сердца, фактически представляют собой попытку ухода в данной части врачебно-летней экспертизы с проактивного подхода на реагирующий.

Наконец, возможно построение прогнозной стратегии в области обеспечения безопасности полетов, основанной на анализе информации о показателях деятельности системы и осуществляемой в формате реального времени и в штатных условиях, с целью выявления потенциальных проблем в будущем. Реализация стратегии в сфере решения

задач, связанных с медицинским обеспечением полетов, предполагает, в частности, целенаправленный поиск и идентификацию факторов риска снижения функциональных резервов организма пилота и развития заболеваний, препятствующих летной деятельности как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе. Реализация прогнозного подхода в обеспечении безопасности полетов наиболее эффективна с точки зрения достижения конечного результата. Таким образом, возможно контролировать угрозы на этапе их зарождения, когда их влияние как факторов, определяющих годность авиационного персонала к летной деятельности, несущественно.

Варианты медицинских рисков

Важно отметить, что современная медицинская наука широко использует в своей практической деятельности прогнозный подход, основанный на расчете риска развития у пациента тех или иных осложнений или летального исхода. В частности, примером реализации подобного подхода служит представленная на рис. 1 шкала SCORE, известная всем кардиологам [5].

Возможно ли в этой связи допущение, что использование прогностической оценки

сердечно-сосудистого риска авиационными специалистами с использованием шкал, аналогичных SCORE, позволит хотя бы косвенно судить о риске для безопасности полетов, обусловленном наличием у данной категории лиц той или иной кардиоваскулярной патологии? И самое главное: возможно ли экстраполирование накопленного здравоохранением опыта прогнозирования развития заболеваний на сферу управления медицинскими рисками, связанными с безопасностью полетов?

При ответе на данный вопрос следует принимать во внимание то обстоятельство, что категории «риск состояния, угрожающего безопасности полетов (СУБП)» и «риск для безопасности полетов» совпадают не в полной мере. В частности, риск СУБП будет одинаков в случаях осуществления полетов одним пилотом, так и экипажем, тогда как риск для безопасности полетов в последнем случае будет снижаться в сравнении с первым. Другими словами, понятие «риск для безопасности полетов» представляет собой комплексную характеристику авиационной системы, в отличие от понятия «риск СУБП», представляющего собой скорее индивидуализированный прогноз.

Не следует также смешивать понятия «риск сердечно-сосудистого осложнения» («риск смерти от сердечно-сосудистых причин»), широко используемого в кардиологической практике, и «риск для безопасности полетов». В отношении ряда случаев эти риски могут совпадать, в отношении других – нет. Например, развитие у пилота во время полета вегетативного криза с выраженной сосудистой симптоматикой будет сопряжено с невозможностью осуществлять пилотирование воздушного судна и с высоким риском для безопасности полета, тогда как риск сердечно-сосудистого осложнения (не говоря уже о летальном исходе) в данном случае минимален.

Определение процесса управления факторами риска для безопасности полетов

Управление факторами риска для безопасности полетов – это общее понятие, охватывающее выявление (диагностику и верификацию) факторов риска для безопасности полетов, оценку степени их серьезности и вероятности манифестации, а также комплекс мер, направленных на уменьшение связанных с ними угроз производственным возможностям организации, до наименьшего практически возможного уровня (НПВУ).

В данных условиях целью управления факторами риска для безопасности полетов является сбалансированное распределение ресурсов организации, нацеленное на деактуализацию оцененных

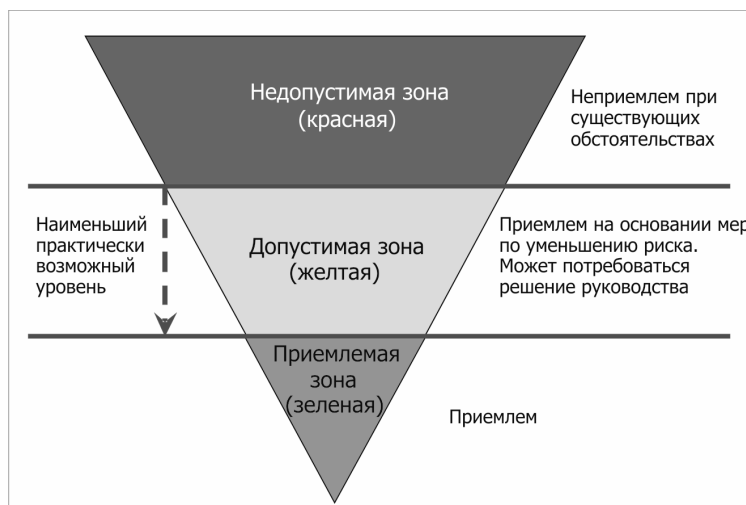


Рис. 2. Градация факторов риска с учетом степени управляемости ими в процессе обеспечения безопасности полетов [Руководство по управлению безопасностью полетов. Doc 9859-AN/474. ICAO, 2013]

факторов риска для безопасности полетов. В этой связи управление факторами риска для безопасности полетов является ключевым элементом процесса управления безопасностью полетов.

На основании первичной комплексной оценки значимости факторов риска и возможности уменьшения их негативного влияния в отношении безопасности полетов риск может быть охарактеризован как неприемлемый, приемлемый при условии реализации мер по его снижению и приемлемый на момент его изучения. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что число факторов риска, которые оцениваются как первоначально попадающие в приемлемую зону, достаточно ограничено (рис. 2).

Возможности использования концепции управления факторами риска для безопасности полетов при оценке состояния здоровья авиационного персонала

Факторы риска для безопасности полетов, которые оцениваются как первоначально попадающие в недопустимую зону, являются неприемлемыми при любых обстоятельствах. Примером их служат так называемые состояния, угрожающие безопасности полетов. К ним относятся: 1) острый коронарный синдром и другие проявления ишемической болезни сердца; 2) острое нарушение мозгового кровообращения; 3) жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма и проводимости; 4) острое заболевание хирургического профиля; 5) острая сосудистая недостаточность (коллапс, обморок); 6) острые психозы; 7) эпизиндром и др.

Проведенный анализ частоты СУБП, зарегистрированных у пилотов гражданской авиации в

Таблица 1

Градация факторов риска по степени серьезности для безопасности полетов [4]

Серьезность фактора	Характеристика	Степень
Катастрофическая	– Уничтожение оборудования; – многочисленные человеческие жертвы	A
Опасная	– Значительное уменьшение «запаса прочности безопасности», физический стресс или такая рабочая нагрузка, что нет уверенности в правильном и полном выполнении производственным персоналом своих задач; – серьезные телесные повреждения; – значительный ущерб оборудованию	B
Значительная	– Существенное уменьшение «запаса прочности безопасности», персонал не в полной мере способен справиться с неблагоприятными эксплуатационными условиями (увеличение рабочей нагрузки; условия, понижающие эффективность работы); – серьезный инцидент; – телесные повреждения	C
Незначительная	– Неудобство; – производственные ограничения; – применение правил на случай аварийной ситуации; – незначительный инцидент	D
Ничтожная	– Малозначительные последствия	E

Таблица 2

Таблица вероятности факторов риска для безопасности полетов [4]

Вероятность события	Значение	Степень (величина)
Часто	Может произойти многократно (происходило часто)	5
Иногда	Может происходить время от времени (происходило нечасто)	4
Весьма редко	Маловероятно, но возможно, что произойдет (происходило редко)	3
Маловероятно	Весьма малая вероятность, что произойдет (нет сведений о том, что произошло)	2
Крайне маловероятно	Возможность наступления события почти исключена	1

Таблица 3

Таблица вероятности факторов сердечно-сосудистого риска для безопасности полетов

Вероятность события	Значение	Степень (величина)
Часто	Многократное развитие клинического события и/или имеются неустраняемые факторы его развития (провоцирующие или причинные)	5
Иногда	Повторные случаи развития клинического события; при этом выявлены устранимые факторы его развития (провоцирующие или причинные)	4
Весьма редко	Единственный эпизод в жизни / первичная верификация состояния (заболевания), которое ранее никогда в жизни не диагностировалось	3
Маловероятно	Имеются исключительно факторы риска заболевания (синдрома)	2
Крайне маловероятно	Отсутствует указание в анамнезе на случаи заболевания у ближайших родственников, не выявлены факторы риска	1

2009–2013 гг., свидетельствует о стабильности данного показателя. Частота СУБП не превышает 0,2 % от общего количества освидетельствованных лиц летного состава. При этом ежегодно в среднем регистрировалось 30 случаев развития СУБП, а их общее количество за анализируемый период составило 151 случай.

В структуре СУБП отмечено доминирование сердечно-сосудистых событий, которые составили в целом 66,8 % случаев. При этом наиболее часто развивались инфаркт миокарда (22,5 %), стенокардия напряжения (10,6 %), жизнеугрожающие нарушения сердечного ритма (10,6 %), острое нарушение мозгового кровообращения (13,9 %). В то

же время частота указанных событий из года в год оставалась относительно стабильной.

Большая часть случаев СУБП зарегистрирована у командиров воздушных судов (43,0 %), 27,2 % СУБП возникли у вторых пилотов, 29,8 % – у других членов экипажей. Отмечено, что суммарная доля случаев СУБП, развившихся у командиров воздушных судов и вторых пилотов, возросла с 56 % в 2009 г. до 78 % в 2013 г., что связано с интенсивным вводом в эксплуатацию воздушных судов, пилотируемых экипажем в составе двух человек.

Среди лиц, у которых возникли СУБП, преобладали члены экипажа в возрасте от 50 до 59 лет (52,9 %). Сравнительно часто СУБП были отмечены и в возрастной группе 40–49 лет (35,1 %). В старшей возрастной группе (60 лет и более) данный показатель составил 6,6 %. В этой связи особую тревогу вызывает то обстоятельство, что СУБП регистрируются у наиболее опытных специалистов, находящихся на пике своего профессионального мастерства.

СУБП были выявлены врачами при проведении медицинских осмотров, а также при личном обращении членов экипажей в медицинские учреждения при возникновении клинических симптомов заболеваний. В полете развился 1 случай СУБП, еще 1 случай – перед вылетом в кабине воздушного судна.

Негативное значение рассмотренных факторов риска для обеспечения безопасности полетов очевидно и подтверждено многолетней экспертной практикой. В отношении ряда других факторов риска необходима оценка степени их серьезности при разном уровне вероятности того или иного события.

В табл. 1 приведен вариант определения серьезности факторов риска, согласно Руководству по управлению безопасностью полетов ИКАО [4]. Представлены степени серьезности от ничтожной до катастрофической и дана их характеристика. Отметим, что это своего рода шаблон, который может быть применен по отношению к факторам риска не только медицинской, но и разной другой спецификации.

Помимо оценки серьезности события должна быть проведена характеристика его вероятности. При тех или иных особенностях состояния здоровья индивидуума анализируемое событие, например состояние, угрожающее безопасности полетов, может возникать часто, иногда, весьма редко; быть маловероятным или даже крайне маловероятным (табл. 2).

Экстраполируя указанный шаблон по оценке вероятности наступления события на известные

Вероятность риска		Серьезность риска				
		Катастрофическая А	Опасная В	Значительная С	Незначительная D	Ничтожная E
Часто	5	5A	5B	5C	5D	5E
Иногда	4	4A	4B	4C	4D	4E
Весьма редко	3	3A	3B	3C	3D	3E
Маловероятно	2	2A	2B	2C	2D	2E
Крайне маловероятно	1	1A	1B	1C	1D	1E

Рис. 3. Матрица оценки факторов риска для безопасности полетов [Руководство по управлению безопасностью полетов. Doc 9859-AN/474. ICAO, 2013]

особенности течения наиболее часто встречающейся кардиоваскулярной патологии как причины СУБП, можно представить таблицу вероятности факторов сердечно-сосудистого риска для безопасности полетов в предлагаемом виде (табл. 3). Событие может возникать часто, например, чаще, чем 1 раз в месяц; иногда – т.е. реже чем раз в месяц; регистрироваться редко, например, однократно. Вероятность события может быть оценена как маловероятная (когда имеются лишь факторы риска развития заболевания) или крайне маловероятная – в отсутствие указаний в анамнезе на случаи заболевания у ближайших родственников, при не выявленных факторах риска.

В результате оценки степени серьезности и вероятности того или иного события может быть сформирована матрица авиамедицинской оценки факторов риска для безопасности полетов. В зависимости от принадлежности конкретной клинической ситуации к «красной», «желтой» или «зеленой» зоне данной матрицы, риск для безопасности полетов будет определен как неприемлемый, приемлемый при условии реализации мер по его снижению или приемлемый на момент его оценки (рис. 3).

Предметом анализа при построении подобной матрицы могут выступать как клинические состояния и синдромы, так и отдельные факторы риска заболеваний и анамнестические сведения. В отдельных ситуациях прогностическая оценка может проводиться в отношении комбинации факторов риска, имеющей патогенетическое значение.

В качестве примера характеристики риска рассмотрим некоторые клинические синдромы, встречающиеся у авиационного персонала. Так, достаточно

большая группа клинических состояний относится к категории «катастрофического» риска. Главным образом, это различные формы ишемической болезни сердца и проявления атеросклероза коронарных и мозговых сосудов у авиационного персонала.

Разумеется, при констатации данных состояний риск для безопасности полетов, обусловленный указанной патологией, оказывается неприемлемо высоким. С другой стороны, при выявлении факторов риска атеросклероза элементом управления безопасностью полетов будут служить мероприятия, направленные на их коррекцию. В случаях отсутствия факторов риска ишемической болезни сердца риск для безопасности полетов является приемлемым.

В качестве варианта ситуаций так называемого опасного риска могут рассматриваться некоторые формы пароксизмальных нарушений сердечного ритма, возникающие у лиц, не имеющих признаков органического поражения миокарда. В подобных ситуациях должен быть предпринят целенаправленный поиск структурно-морфологических проявлений кардиоваскулярной патологии и экстракардиальных аритмогенных факторов, и только при его отрицательных результатах нарушение сердечного ритма может рассматриваться в качестве определяющего степень серьезности риска. В противном случае выявленная патология сердечно-сосудистой системы будет доминировать среди факторов, определяющих прогноз.

Пароксизмальная суправентрикулярная тахикардия, исключительно в тех случаях, когда она носит «изолированный» и неустойчивый характер, относится к категории факторов, в которой риск может быть определен как опасный. Рецидивирование данного варианта нарушения ритма, даже если продолжительность пароксизмов не превышает 30 с и происходит их самостоятельное купирование, повышает риск для безопасности полетов до степени неприемлемости. Наличие же факторов риска пароксизмальной суправентрикулярной тахикардии, ее предикторов, прежде всего в виде учащения суправентрикулярной экстрасистолии, а тем более зарегистрированный первый пароксизм требуют проведения интенсивных и безотлагательных мероприятий по профилактике аритмии. Иными словами, принадлежность ситуации к так называемой желтой зоне не столько сигнализирует о возможности допуска к летному труду, сколько ориентирует на профилактику указанных состояний.

Самым распространенным вариантом констатации значительного риска у авиационного персонала является обнаружение на предполетном медицинском осмотре бессимптомного повышения артериального давления (АД). Вместе с тем важно подчеркнуть, что в рассматриваемом примере речь не идет о гипертоническом кризе, прогностические перспективы априори расцениваются как более

серьезные, требующие определения как минимум опасной степени серьезности риска. С другой стороны, многократные эпизоды регистрации систолического и диастолического АД выше значений 140 и 90 мм рт. ст. соответственно позволяют характеризовать риск для безопасности полетов как неприемлемый и диктуют необходимость проведения всестороннего обследования и тщательного подбора антигипертензивной терапии с контролем ее эффективности по результатам суточного мониторинга АД. Что касается случаев однократного и повторного выявления бессимптомного повышения АД на предполетном медицинском осмотре, то и они указывают на необходимость оценки общего состояния пилота и, при соответствующих показаниях, решения вопроса о коррекции медикаментозного либо нефармакологического антигипертензивного лечения.

Аналогичным образом можно определить перспективы допуска к профессиональной деятельности авиационного персонала при незначительном и ничтожном риске. Терминология в подобных случаях не должна создавать иллюзию неактуальности влияния подобных ситуаций в отношении безопасности полетов. Примерами указанных степеней серьезности риска могут служить различные варианты нетяжелых проявлений синдрома вегетативной дисфункции у лиц без клинически манифестной кардиоваскулярной патологии, имеющей органическую основу. При этом иногда может возникать необходимость рассмотрения значимости комплекса факторов риска, например, структурного и гемодинамического.

Следует констатировать, что работа по определению степени риска при различных отклонениях в состоянии здоровья авиационного персонала, основанная на предложенной авиамедицинской концепции стратификации риска для безопасности полетов, как это следует из представленного материала, является актуальным направлением научных исследований в области авиационной медицины и, безусловно, должна быть продолжена.

Таким образом, система управления безопасностью полетов обладает эффективным инструментарием по управлению рисками, который может широко использоваться и в медицинском обеспечении полетов. Его важной особенностью и неоспоримым преимуществом перед рутинной практикой является настрой на неуклонное снижение риска, связанного с развитием состояний, которые могут создать на том или ином этапе деятельности авиационного специалиста проблемы безопасности осуществления летной деятельности и управления воздушным движением. Очевидно, что проведение мероприятий по управлению медицинскими рисками для безопасности полетов должно быть сопряжено с дальнейшим совершенствованием врачебно-летной

экспертизы и интенсификацией мер по снижению частоты СУБП.

Выводы

1. Важнейшим направлением современной системы обеспечения безопасности полетов призвано стать управление медицинскими рисками безопасности полетов.
2. В основе данного подхода лежит комплекс мероприятий по снижению риска наиболее часто встречающихся у летного и диспетчерского состава состояний, угрожающих безопасности полетов.
3. Процесс управления факторами риска для безопасности полетов включает в себя их идентификацию, оценку степени их серьезности и вероятности манифестации, а также мероприятия по целенаправленному воздействию на данные факторы риска с целью их деактуализации.

Список литературы

1. 2014-2016 Global Aviation Safety Plan ICAO, 2014 doc 10004.
2. Safety Management. Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation. First Edition. ICAO, July 2013.
3. Personnel Licensing. Annex 1 to the Convention on International Civil Aviation. This edition ICAO, July 2011.
4. Safety Management Manual (SMM). Third edition. ICAO, 2013 doc 9859 AN/474.

5. Conroy R.M., Pyörälä K., Fitzgerald A.P. et al. On behalf of the SCORE project group. Estimation of ten-year risk of fatal cardiovascular disease in Europe: the SCORE project // Eur. Heart J. 2003. V. 24. P. 987–1003.

Поступила 09.04.2015

AEROMEDICAL ASPECTS OF CONTROLLING FACTORS OF RISK TO FLIGHT SAFETY

Praskurnichiy E.A., Kniga V.V., Bystrova A.G., Yustova V.D.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 21–27

The article discusses theoretical foundations of controlling medical risk factors in commercial flights by development and implementation of approaches to risk prevention and management. Procedures of identifying factors of hazard and risk to flight safety are described and term «medical risk» is defined. The process of controlling risks associated with health issues is outlined. Practicality of the concept of risks control within the framework of medical certification of pilots and traffic controllers is demonstrated.

Key words: flight safety, flight safety control, risk factors for flight safety, flight safety threatening conditions, risk of cardiovascular complication.

УДК 613.693

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОГО РИСКА У КОСМОНАВТОВ

Буйлов С.П., Воронков Ю.И., Степанова Г.П., Филатова Л.М.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
E-mail: spbuylov@mail.ru

У группы космонавтов 40–65 лет в течение 10-летнего периода изучались факторы риска атеросклероза и поражение органов-мишеней по сравнению с аналогичной группой испытуемых-добровольцев. Показано, что с увеличением возраста нарастает частота наджелудочковой экстрасистолии соответственно на 85 и 80 % в исследуемых группах, что является риском развития наджелудочковых тахикардий. Основными предикторами атеросклероза и ишемической болезни сердца (ИБС) у космонавтов являются снижение эндотелийзависимой вазодилатации правой плечевой артерии, уровень С-реактивного белка (hsCRP) >2 мг/л в сочетании с высоким индексом атерогенности. Выявленные предикторы ИБС необходимо учитывать при медицинском отборе космонавтов.

Ключевые слова: космонавты, сердечно-сосудистый риск, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 28–30.

Распространенность атеросклероза в популяции мужчин в возрасте 40–65 лет на сегодня высока и продолжает увеличиваться, а затраты, связанные с лечением и потерями от снижения производительности труда, остаются огромными [1]. Заболеваемость ишемической болезнью сердца (ИБС) прочно занимает 1-е место среди причин временной и стойкой утраты нетрудоспособности, а также причиной профнепригодности космонавтов. Поэтому в настоящее время широкое распространение получили направления профилактики, базирующиеся на выявлении лиц с высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), который оценивают по комплексу факторов, ассоциированных с их развитием [2].

Целью данной работы явилось изучение распространенности и прогностической значимости факторов риска (ФР) атеросклероза, ИБС и поражения органов-мишеней у космонавтов.

Методика

В исследование включено 40 космонавтов гражданских ведомств в возрасте 40–65 лет и 40 испытуемых-добровольцев аналогичного возраста в качестве группы сравнения. Для исследования

отбирались испытуемые-добровольцы без клинических проявлений атеросклероза, ИБС, артериальной гипертензии, пороков сердца, гипокалиемии, полной блокады левой ножки пучка Гиса, сахарного диабета, хронической сердечной недостаточности. Всем обследуемым проводили ЭКГ в 12 стандартных отведениях, 24-часовое холтеровское мониторирование ЭКГ и артериального давления (АД), эхокардиография (эхоКГ) с изучением структурных показателей желудочков сердца, биохимические исследования с учетом липидного профиля и изучением уровня С-реактивного белка (hsCRP) [3, 4]. Оценку состояния сосудистой стенки и сосудодвигательной функции эндотелия проводили с помощью определения толщины комплекса интима-медиа правой плечевой артерии (ППА) на ультразвуковом сканере Aloca 1400 (Япония) по методике, описанной в работе [5]. Нормальной реакцией считалась дилатация ППА на фоне реактивной гиперемии не менее 10 % от исходного диаметра. Контурный анализ пульсовой волны изучался с определением индекса жесткости артерий (SI), индекса отражения (RI), индекса аугментации (AIx) с коррекцией для ЧСС 75 уд/мин (AI x 75).

За участниками исследования обеих групп в течение 10-летнего периода велось динамическое наблюдение с целью регистрации сердечно-сосудистых событий и оценивалась их физическая активность с помощью нагрузочной пробы на тредмиле по протоколу Брюса. Статистическая обработка материала проводилась с использованием статистической программы Statistica 6.0 (достоверность различий принималась при $p < 0,05$).

Результаты и обсуждение

При анализе ЭКГ в покое в обеих группах патологические изменения сердечного ритма, проводимости и конечной части желудочкового комплекса не зарегистрированы. Анализ результатов тестов с дозированной физической нагрузкой на тредмиле показал нарушения сердечного ритма по типу монотопной наджелудочковой экстрасистолии (НЖЭ) у 10 % в группе космонавтов и 15 % у испытуемых-добровольцев. При анализе данных

холтеровского мониторингирования ЭКГ в возрастной подгруппе 40–49 лет НЖЭ зарегистрированы у 40 % космонавтов и 45 % у испыателей-добровольцев, а в возрастной подгруппе старше 50 лет НЖЭ зарегистрированы у 85 % космонавтов и 80 % у испыателей-добровольцев. Основными факторами риска увеличения частоты НЖЭ в обеих группах были: пониженная физическая активность (относительный риск 1,75; $p < 0,005$); возраст более 50 лет (1,70; $p < 0,005$); индекс массы тела (1,49; $p < 0,005$) и повышенный уровень холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП) (1,44; $p < 0,005$). Учитывая высокую распространенность НЖЭ в возрасте старше 50 лет, необходимо дальнейшее изучение этой проблемы с учетом риска развития жизнеугрожающих предсердных тахикаррий.

Изучение дилатации ППА на фоне ее кратковременной компрессии показало, что основными факторами риска снижения эндотелийзависимой вазодилатации (ЭЗВД) у космонавтов были избыточная масса тела (ИМТ 27–31 кг/м²), пограничная артериальная гипертензия (ПАГ) и возраст старше 50 лет ($r = 0,74$; $p < 0,05$). В группе испыателей-добровольцев снижение ЭЗВД было достоверно связано с гиперлипидемией (ХС $> 6,7$, ХС ЛПНП $> 4,2$ ммоль/л), курением (более 10 сигарет в день), избыточной массой тела (ИМТ > 29 кг/м²) ($r = 0,76$; $p < 0,05$). Возможно, наиболее выраженные нарушения эндотелиальной функции ППА, выявленные у космонавтов, обусловлены повышенной продукцией катехоламинов, выступающей как пусковой механизм оксидативного стресса и других процессов, приводящих к эндотелиальной дисфункции.

Многочисленные эпидемиологические и клинические исследования показали, что величина базового уровня hsCRP имеет важное практическое значение, так как она непосредственно связана с риском развития тяжелых ССЗ и их осложнений – острого инфаркта миокарда и сердечной недостаточности [4]. Поэтому изучение уровня hsCRP явилось необходимой методической основой для быстро развивающихся исследований роли воспаления при атеросклерозе. В нашем исследовании в зависимости от уровня hsCRP и индекса атерогенности все обследуемые были разделены на 2 подгруппы. В 1-ю подгруппу были отнесены обследуемые с базовым уровнем hsCRP менее 2 мг/л. Вторую подгруппу составили обследуемые, у которых уровень hsCRP превышал 2 мг/л и сочетался с высоким индексом атерогенности. В этой подгруппе и у космонавтов, и у добровольцев-испыателей уровень hsCRP (> 2 мг/л) статистически значимо коррелировал с повышенным индексом атерогенности ($p < 0,05$), нарушением функции

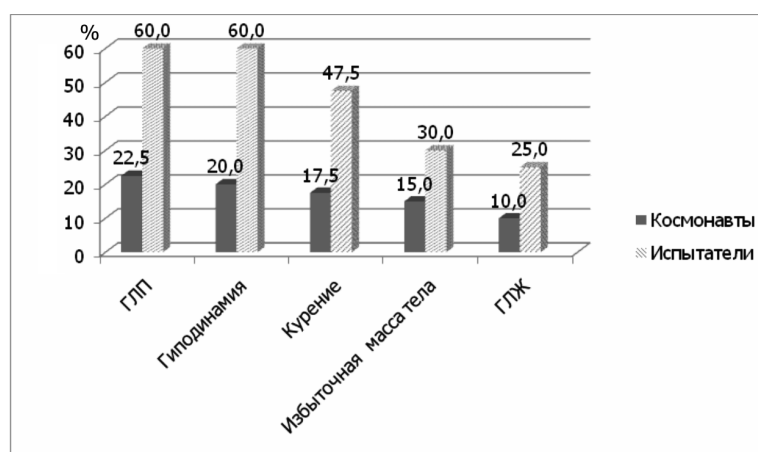


Рисунок. Частота модифицируемых ФР атеросклероза и ИБС у космонавтов и испыателей-добровольцев в %

эндотелия ($p < 0,05$) и недостоверно ($p < 0,5$) с показателями диастолической функции сердца. Таким образом, выявлена прямая корреляционная связь между уровнем hsCRP и ФР атеросклероза и ИБС. Базовый уровень hsCRP имеет прогностическое значение и позволяет оценить риск развития атеросклероза и ИБС у космонавтов, не страдающих ССЗ.

За весь период наблюдения в группе космонавтов произошло 5 случаев внезапной сердечной смерти (в возрасте более 60 лет), причиной которой была, как правило, острая коронарная недостаточность. В изучаемой группе космонавтов за весь период наблюдения произошли 2 случая острого коронарного синдрома с исходом в нефатальный инфаркт миокарда. Модифицируемые ФР развития ССЗ встречаются соответственно у космонавтов и испыателей-добровольцев со следующей частотой: гиперлипидемия (ГЛП) 22,5 и 65 %; гиподинамия 20 и 60 %, курение 17,5 и 47,5 %; избыточная масса тела 15 и 30 %; ПАГ 10,0 и 30,0 %, признаки гипертрофии левого желудочка миокарда (ГЛЖ) 10,0 и 25,0 %. В большинстве случаев нарушения липидного спектра в обеих группах (97,5 и 95 % соответственно) носили односторонний характер нарушений за счет повышения ХС ЛПНП. Распространенность ФР ИБС представлена на рисунке. Анализ распространенности ФР показал, что наиболее тесно связаны в порядке убывания с атеросклерозом и ИБС: ПАГ, уровень hsCRP (> 2 мг/л), изменения ЭЗВД ППА, ИМТ, ГЛП, курение. Особенно значимым ФР для развития ИБС в обеих исследуемых группах являлись уровень hsCRP (> 2 мг/л) и изменения ЭЗВД ППА. Исследование семейного анамнеза показало, что у 20 % космонавтов и у 15 % испыателей-добровольцев имеется отягощенная наследственность по сердечно-сосудистой патологии. Высокий риск сосудистых осложнений – острый инфаркт миокарда при уровне hsCRP > 2 мг/л подтвердился у 5 % космонавтов.

Выводы

1. У испыателей-добровольцев и космонавтов в возрасте 40–65 лет имеет место высокое распространение модифицируемых ФР атеросклероза, ИБС с соотношением 2 к 1. Треть обследуемых имеет сочетание 2 и более ФР, что позволяет отнести их к группе повышенного риска.
2. Выявленные предикторы ИБС необходимо учитывать при медицинском отборе космонавтов.

Список литературы

1. Болезни сердца и сосудов: руководство Европейского общества кардиологов: Пер. с англ. / А.Д. Кэмм, Т.Ф. Люшер, П.В. Серруис, ред. М., 2011. Cardiovascular diseases: The European Society of Cardiologists textbook: Transl. from English / A.D. Kemm, T.F. Luysher, P.V. Serruis, eds. Moscow, 2011.
2. Буйлов С.П., Воронков Ю.И. Некоторые особенности медицинского отбора и медикаментозной коррекции у участников космических полетов // Железнодорожная медицина. 2007. № 11. С. 66–70. Buylov S.P., Voronkov Yu.I. Some features of the medical screening and pharmacotherapy of space flights participants // Zheleznodorozhnaya meditsina. 2007. № 11. P. 66–70.
3. Островский О.В., Ткачева В.В., Островская В.О. Лабораторные маркеры повреждения миокарда в современной кардиологии // Лабораторная диагностика. 2013. № 2. С. 31–36. Ostrovskiy O.V., Tkacheva V.V., Ostrovskaya V.O. Laboratory markers of myocardial damage in modern cardiology // Laboratornaya diagnostika. 2013. № 2. P. 31–36.
4. Аронов Д.М., Лупанов В.П. Функциональные пробы в кардиологии. М., 2007.

Aronov D.M., Lupanov V.P. Functional tests in cardiology. Moscow, 2007.

5. Celermajer D.S., Sorensen K.E., Gooch V.M. et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis // Lancet. 1992. Nov. 7. V. 340 (8828). P. 1111–1115.

Поступила 01.07.2015

PROGNOSTIC VALUE OF SOME CARDIOVASCULAR RISK FACTORS IN COSMONAUTS

Buylov S.P., Voronkov Yu.I., Stepanova G.P., Filatova L.M.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 28–30

A 10-year follow-up study was focused on comparison of risk factors of atherosclerosis and damage to target-organs in a group of 40 to 65 year-old cosmonauts and volunteers within the same age range. It was shown that incidence of supraventricular extrasystoles in the groups increased with aging by 85 and 80 % respectively, inferring the risk of supraventricular tachyarrhythmias. The primary predictors of atherosclerosis and coronary artery disease (CAD) in cosmonauts are decreased endothelium-dependent vasodilation in the right brachial artery, C-reactive protein (hsCRP) level >2 mg/l, and high atherogenic index. These CAD predictors must be of particular concern during medical screening of candidates to cosmonauts.

Key words: cosmonauts, cardiovascular risk, atherosclerosis, coronary artery disease.

УДК 612.821:613.6.027

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ У ПИЛОТОВ АВИАЦИИ ПАЛУБНОГО БАЗИРОВАНИЯ В ПЕРИОД ДАЛЬНОГО МОРСКОГО ПОХОДА

Хайруллина Р.Р., Бубеев Ю.А.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
E-mail: khayrullina-rezeda@mail.ru

Целью данной работы являлась оценка состояния сердечно-сосудистой системы у летчиков-истребителей и летчиков вертолетов в период дальнего морского похода.

Исследование проводилось на борту тяжелого авианесущего крейсера с участием пилотов авиации палубного базирования: 17 летчиков-истребителей, 9 летчиков вертолетов, а также 21 руководителя полетами. Показатели системы кровообращения исследовались методом объемной компрессионной осциллографии с помощью осциллометрического анализатора кровообращения АПКО-8. Для оценки динамики частоты сердечных сокращений летчиков-истребителей и летчиков вертолетов, выполняющих полет с палубы авианосца, использовался монитор сердечного ритма цифровой накопитель суточной ЭКГ AnnaFlash 2000.

Анализ показателей центральной и периферической гемодинамики показал значительное преобладание среди летного состава палубной авиации лиц с пограничной и мягкой гипертензией. Максимальные значения систолического, диастолического и среднего артериального давления принадлежали преимущественно летчикам вертолетов, а минимальные – летчикам-истребителям. Различие между летчиками вертолетов и летчиками-истребителями по этим параметрам постепенно увеличивалось по мере пребывания в условиях дальнего морского похода. Максимальное увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) у летчиков-истребителей отмечалось при выполнении посадки на палубу корабля (до 157 уд/мин). Для летчиков вертолетов самым напряженным заданием оказался спуск спасателя на лебедке, о чем свидетельствует увеличение ЧСС до 132 уд/мин.

Показатели адаптации к условиям похода варьировали в широких пределах. Летчики-истребители адаптировались более успешно, чем летчики вертолетов. Из этого следует необходимость совершенствования системы отбора и подготовки летного состава для работы в условиях дальнего морского похода, а также контроля состояния здоровья пилотов.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, показатели центральной гемодинамики, экстремальные условия, адаптация, авиация палубного базирования.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 31–36.

Особые условия базирования и эксплуатации авиационной техники при полетах самолетов и

вертолетов с палубы корабля существенно усложняют профессиональную деятельность летных экипажей и требуют предельной мобилизации психофизиологических ресурсов [1–4]. Для оценки резервных возможностей и состояния здоровья ключевую роль играет обследование сердечно-сосудистой системы (ССС), так как она является основным звеном, определяющим и лимитирующим работоспособность [5–7]. Во многом именно поэтому система кровообращения стала традиционным объектом экспериментальных исследований в области физиологии труда лиц опасных профессий [8–10]. Несмотря на строгий медицинский отбор, постоянное врачебное наблюдение и ежегодное освидетельствование, артериальная гипертензия занимает ведущее место в структуре заболеваний ССС летного состава.

Анализ заключений врачебно-летной экспертизы, а также динамики показателей кровообращения летного состава, списанного с летной работы, в большинстве случаев обнаруживает парадоксальный факт «неожиданности» как для врача, так и для пилота [11], т.е. выявленные патологии, приведшие к дисквалификации, как бы не имели предвестников. Поэтому исследование ССС непосредственно в процессе деятельности представляется актуальной задачей.

Целью данной работы являлась оценка состояния ССС пилотов авиации палубного базирования в период дальнего морского похода.

Методика

Исследование проводилось на борту тяжелого авианесущего крейсера. Участниками исследования являлись пилоты авиации палубного базирования: 17 летчиков-истребителей (от 36 до 53 лет), пилотировавших истребители Су-33, 9 летчиков вертолетов (от 31 до 54 лет), пилотировавших многоцелевые вертолеты Ка-27, а также 21 руководитель полетов (от 30 до 59 лет). Показатели системы кровообращения исследовались методом объемной компрессионной осциллографии, основанным на измерении динамики пульсации плечевой артерии при линейном нарастании давления в манжете с

помощью осциллометрического анализатора параметров кровообращения АПКО-8 [12]. Данный программно-аппаратный комплекс обеспечивает регистрацию и автоматический анализ следующих показателей артериального давления (АД): систолического (САД), диастолического (ДАД), бокового (БАД), среднего гемодинамического (АДср), пульсового (АДпульс), ударного (АДуд), а также частоты сердечных сокращений (ЧСС), минутного объема кровообращения (МОК), сердечного индекса (СИ), ударного объема сердца (УОС), общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС), удельного периферического сопротивления (УПС).

Измерения проводились во время спокойно-го пребывания обследуемых в положении сидя. Летчиков вертолетов и летчиков-истребителей обследовали непосредственно перед вылетами в рамках предполетного медицинского контроля. Измерения были сгруппированы в 3 массива, интервалы между которыми составляли в среднем 10–12 сут. Первая группа измерений началась на 8-е сутки похода.

Для оценки динамики ЧСС летчиков вертолетов и летчиков-истребителей, выполняющих полет с палубы авианосца, использовался монитор сердечного ритма цифровой накопитель суточной ЭКГ AnnaFlash 2000. Обработка и анализ полученных данных осуществлялись с помощью программы EScreen 2.3.0.104. Регистрация показателей сердечного ритма проводилась в течение всей летной смены. Обследования проводились с учетом требований принципов биомедицинской этики.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Prism 5. При анализе данных рассчитывали среднее значение параметров и их среднеквадратичное отклонение. Полученные данные анализировались с помощью критерия Манна – Уитни. Различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$. Динамику показателей ЧСС на разных этапах полета анализировали с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) для повторных измерений, с последующим сравнением групп между собой пост-хок критерием Тьюки. Различия считались значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

При сравнении среднегрупповых значений гемодинамических показателей (табл. 1) у летчиков вертолетов и летчиков-истребителей в первые дни похода различия оказались статистически незначимыми. На 20-е сутки выявлены статистически значимые различия ($p \leq 0,05$) САД, ДАД, БАД и АДср, а на 30-е сутки степень статистической значимости различий возросла еще больше ($p \leq 0,01$). Полученные данные свидетельствуют о нарастании различий в

показателях гемодинамики между летчиками-истребителями и летчиками вертолетов по мере пребывания в условиях дальнего морского похода.

У летчиков-истребителей и руководителей полетами была выявлена тенденция к снижению САД, ЧСС, МОК. В то же время у летчиков вертолетов, напротив, наблюдалась тенденция к их увеличению. Разница между этими группами летного состава постепенно увеличивалась по мере пребывания на корабле.

Анализ показателей центральной и периферической гемодинамики показал значительное преобладание среди летного состава палубной авиации лиц с пограничной и мягкой гипертензией. АДср – один из наиболее жестко гомеостатируемых параметров гемодинамики, его существенный прирост является значимым критерием гипертензий различного происхождения [13]. На протяжении всего исследования у 65 % летчиков-истребителей, 88 % летчиков вертолетов и 81 % руководителей полетами было стойкое повышение АДср (до 125 мм рт. ст.), что можно расценивать как признак пограничной гипертензии и высокую степень риска гипертонической болезни.

АДуд является разностью между боковым и конечным систолическим давлением. Данный показатель оставался практически неизменным на протяжении всего периода наблюдения.

На протяжении всего периода обследования у летчиков-истребителей и руководителей полетами ДАД чаще находилось в пределах нормы. Однако у большинства летчиков вертолетов наблюдалось стойкое повышение ДАД, что может свидетельствовать о повышении сопротивления прекапилляров и низком эластическом сопротивлении крупных сосудов.

ЧСС на протяжении всего обследования изменялась незначительно, МОК и УОС также оставались практически неизменными. По сравнению с результатами измерения в первую декаду похода у всех обследуемых изменения ОПСС не превышали ± 10 %.

Результаты с изменениями параметров гемодинамики представлены на рис. 1.

Какими бы ни были этиология и патогенез артериальной гипертензии, непосредственной причиной повышения АД является несоответствие между объемом крови, поступающей в артериальное русло, и его емкостью. Наиболее часто это связано со спазмом артериол и повышением сопротивления току крови. У лиц с низкими значениями УПСф, значения ДАД находятся у нижней границы нормы (рис. 2).

Повышенное АД может быть обусловлено не только гипертонусом сосудов, но и изменением деятельности сердца. На основе интегральной оценки тип саморегуляции кровообращения (ТСК) делят на 3 вида: сердечный, сосудистый и смешанный.

Таблица 1

Показатели кровообращения летчиков-истребителей и летчиков вертолетов в период дальнего морского похода

Показатели	8-е сутки похода				20-е сутки похода				30-е сутки похода			
	Летчики-истребители	Летчики вертолетов	Критерий Манна – Уитни	Летчики-истребители	Летчики вертолетов	Критерий Манна – Уитни	Летчики-истребители	Летчики вертолетов	Летчики-истребители	Летчики вертолетов	Критерий Манна – Уитни	Критерий Манна – Уитни
	M ± m	M ± m		M ± m	M ± m		M ± m	M ± m	M ± m	M ± m		
САД, мм рт. ст.	130 ± 3,0	140 ± 6,0	-	129 ± 2,0	141 ± 6,0	*	124 ± 3,0	138 ± 4,0			*	
ДАД, мм рт. ст.	84 ± 2,0	92 ± 3,0	-	87 ± 3,0	98 ± 4,0	*	83 ± 2,0	94 ± 2,0			**	
БАД, мм рт. ст.	108 ± 3,0	118 ± 6,0	-	108 ± 3,0	120 ± 5,0	*	101 ± 2,0	123 ± 3,0			**	
АДср, мм рт. ст.	94 ± 3,0	101 ± 3,0	-	92 ± 2,0	106 ± 4,0	*	90 ± 2,0	103 ± 3,0			**	
АДпульс, мм рт. ст.	45 ± 3,0	47 ± 5,0	-	42 ± 2,0	44 ± 5,0	-	41 ± 3,0	44 ± 5,0			-	
АДуд, мм рт. ст.	37 ± 3,0	47 ± 5,0	-	35 ± 2,0	44 ± 5,0	-	37 ± 2,0	44 ± 5,0			-	
ЧСС, уд/мин	79 ± 3,0	85 ± 5,0	-	77 ± 2,0	85 ± 4,0	-	74 ± 3,0	89 ± 4,0			*	
МОК, л/мин	5,6 ± 0,1	5,8 ± 0,3	-	5,4 ± 0,1	5,6 ± 0,2	-	5,2 ± 0,1	6,0 ± 0,1			**	
СИ, л/мин · м²	2,7 ± 0,1	2,9 ± 0,2	-	2,6 ± 0,1	2,8 ± 0,1	-	2,5 ± 0,1	3,0 ± 0,1			**	
УОС, мл	72 ± 2,0	68 ± 3,0	-	71 ± 2,0	66 ± 3,0	-	71 ± 3,0	69 ± 3,0			-	
ОПСС, дин · с · см⁻⁵	1340 ± 36,0	1419 ± 60,0	-	1410 ± 42,0	1539 ± 51,0	-	1387 ± 28,0	1371 ± 40,0			-	

Примечание. Статистически значимые различия: * – p ≤ 0,05; ** – p ≤ 0,01, критерий Манна – Уитни.

Таблица 2

Типы регуляции кровообращения у летного и руководящего состава в период дальнего морского похода, %

Обследуемые	Период наблюдения							
	8-е сутки похода				20-е сутки похода			
	сосудистый	смешанный	сердечный		сосудистый	смешанный	сердечный	
Летчики-истребители	70	30	-		88	12	-	
Летчики вертолетов	89	11	-		89	11	-	
Руководящий состав	67	33	-		71	29	-	
					67	33		

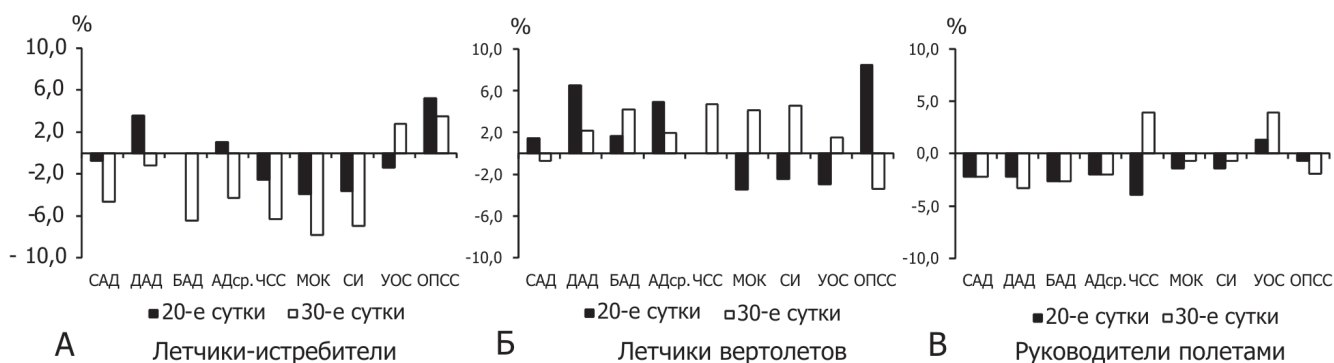


Рис. 1. Изменения параметров гемодинамики в период дальнего морского похода относительно 1-го обследования. По оси абсцисс – параметры гемодинамики, по оси ординат – изменения параметров, %

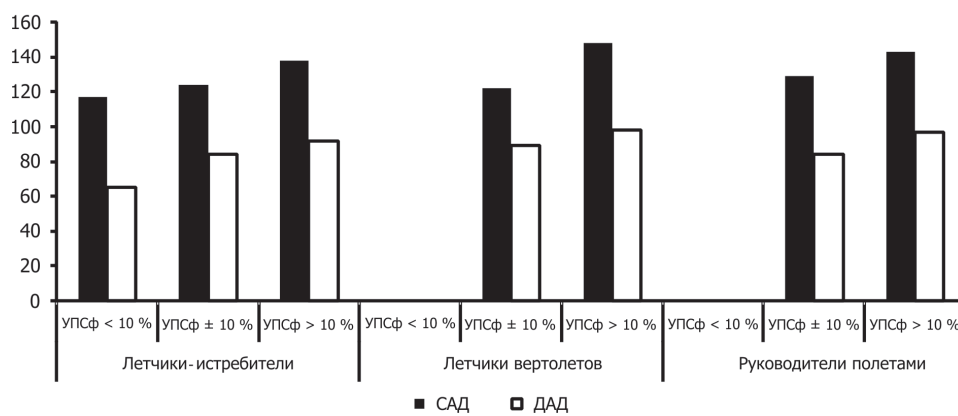


Рис. 2. Артериальное давление при различном соотношении удельного периферического сопротивления фактического (УПСф) и рабочего (УПСр).

По оси абсцисс – разные категории удельного периферического сопротивления, по оси ординат – систолическое и диастолическое давление в мм рт. ст.

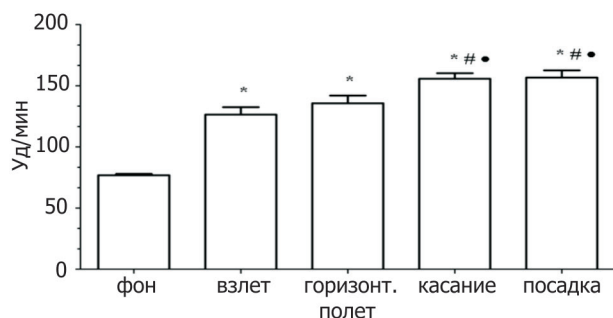


Рис. 3. Среднее значение пульса летчиков-истребителей, выполняющих полет с палубы корабля.

По оси абсцисс – этапы полета, по оси ординат – ЧСС (уд/мин). В каждой группе $n = 6$.

Статистически значимые различия: * – $p \leq 0,001$ по сравнению с группой «фон»; # – $p \leq 0,001$ по сравнению с группой «взлет»; • – $p \leq 0,01$ по сравнению с группой «горизонтальный полет». Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для повторных измерений, с последующим сравнением групп между собой пост-хок критерием Тьюки

Каждому виду ТСК свойственно определенное соотношение сердечного и сосудистого компонентов центральной гемодинамики [14].

На протяжении всего похода среди летного и руководящего составов встречались лица как с сосудистым, так и со смешанным ТСК. При этом повышенные значения САД чаще встречались у лиц с сосудистым типом регуляции кровообращения, что свидетельствует о недостаточном расширении прекапиллярного русла. Лиц с сердечным ТСК выявлено не было.

Результаты с типами саморегуляции кровообращения представлены в табл. 2.

Частота сердечных сокращений является маркером напряженности ССС в неблагоприятных условиях (физическая нагрузка, стресс, болезнь), поэтому мониторинг в условиях реальной деятельности дает ценную информацию для оценки резервных возможностей. При выполнении горизонтального полета ЧСС у летчиков-истребителей увеличилась в среднем с 78 до 108 уд/мин. У летчиков вертолетов при проведении аварийно-спасательных работ

(горизонтальный полет) среднее значение ЧСС возросло в меньшей степени (с 78 до 99 уд/мин).

Максимальное увеличение ЧСС (рис. 3) у летчиков-истребителей отмечалось при выполнении посадки на палубу корабля с использованием аэрофинишера (до 157 уд/мин). Такие изменения можно объяснить тем, что посадка на палубу сопряжена с необходимостью мгновенного принятия жизненно важных решений в случае возникновения нештатных ситуаций. Для летчиков вертолетов самым напряженным заданием оказался спуск спасателя на лебедке, о чем свидетельствует увеличение ЧСС до 132 уд/мин.

Анализ качества деятельности показал ее взаимосвязь с ЧСС. При совершении ошибочных действий наблюдалось значимое повышение ЧСС до 160 уд/мин (против 129 уд/мин при высоком качестве деятельности). Для прогнозирования нервно-психического напряжения можно использовать повышенный уровень ЧСС уже на взлете.

Выводы

1. Летчики-истребители адаптировались к условиям дальнего морского похода успешнее, чем летчики вертолетов, что может быть обусловлено более жесткими требованиями к состоянию здоровья.

2. Анализ показателей центральной и периферической гемодинамики свидетельствует о наличии признаков пограничной и мягкой гипертензии у 88 % летчиков вертолетов, 65 % летчиков-истребителей и 81 % руководителей полетами, что отражает недостаточность профилактических и восстановительных мероприятий, проводимых для данных лиц.

3. Посадка на палубу авианосца характеризуется выраженным нервно-психическим напряжением, степень которого может быть оценена путем мониторинга ЧСС.

Список литературы

1. Вукадинов И. Жизнь на палубе // Авиация и космонавтика. 2014. № 11. С. 51–57.

Vukadinov I. Life on the deck // Aviatsiya i kosmonavtika. 2014. № 11. P. 51–57.

2. Truszczynski O., Lewkowicz R., Wojtkowiak M., Biernacki M.P. Reaction time in pilots during intervals of high sustained G // Aviat. Space Environ. Med. 2014. V. 85. P. 1114–1120.

3. Фролов Н.И. Психофизиологические основы планирования летной нагрузки. М., 1977.

Frolov N.I. Psychophysiological bases of flight load planning. Moscow, 1977.

4. Ушаков И.Б. Общая структурная (каскадная) схема изменений профессионального здоровья в авиации // Авиакосм. и экол. мед. 1994. Т. 28. № 5. С. 4–8.

Ushakov I.B. General structural (cascade) scheme of professional health changes in aviation // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 1994. V. 28. № 5. P. 4–8.

5. Загородников Г.Г., Боченков А.А. Адаптация военнослужащих к воздействию экстремальных факторов // Рос. биомед. журн. Medline.ru. 2011. Т. 12. С. 724–732.

Zagorodnikov G.G., Bochenkov A.A. Adaptation of military to extreme factors // Rossiyskiy biomeditsinskiy zhurnal. Medline.ru. 2011. V. 12. P. 4–8.

6. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. М., 1991.

Fedorov B.M. Stress and circulatory system. Moscow, 1991.

7. Корехова М.В., Соловьев А.Г., Новикова И.А. Психическая адаптация специалистов в экстремальных условиях деятельности. Архангельск, 2014.

Korekhova M.V., Solovyev A.G., Novikova I.A. Psychological adaptation specialists in the extreme conditions of activity. Arkhangelsk, 2014.

8. Дегтярев В.А. Возможности комплексного исследования системы кровообращения у населения методом объемной компрессионной осциллометрии // Рос. мед. вестн. 2003. № 4. С. 18–28.

Degtyarev V.A. Possibilities of complex research of the circulatory system in population by volume compression oscillometry // Rossiyskie meditsinskie vesti. 2003. № 4. P. 18–28.

9. Клинико-функциональная диагностика, профилактика и реабилитация профессионально обусловленных нарушений и субклинических форм заболеваний у летного состава: Практическое руководство по авиационной клинической медицине / Р.А. Вартбаронов, ред. М., 2011.

Clinical and functional diagnosis, prevention and rehabilitation of professionally caused disorders and subclinical diseases in flight personnel: A practical guide to aviation clinical medicine / R.A. Vartbaronov, ed. Moscow, 2011.

10. Атлас по авиационной и космической медицине / И.Б.Ушаков, В.А. Рогожников, ред. М., 2008.

Atlas of aviation and space medicine / I.B. Ushakov, V.A. Rogozhnikov, eds. Moscow, 2008.

11. Дорошев В.Г. Системный подход к здоровью летного состава в XXI веке. М., 2000.

Doroshev V.G. A systematic approach to aircrew health in the XXI century. Moscow, 2000.

12. Дегтярев В.А. Новый неинвазивный метод измерения артериального давления // Функциональная диагностика. 2008. № 1. С. 95–101.

Degtyarev V.A. New non-invasive method of blood pressure measurement // Funktsionalnaya diagnostika. 2008. № 1. P. 95–101.

13. Савицкий Н.Н. Некоторые методы исследования и функциональной оценки системы кровообращения. М., 1956.

Savitskiy N.N. Some methods of investigation and functional evaluation of the circulatory system. Moscow, 1956.

14. Аринчин Н.И., Кулаго Г.В. Гипертоническая болезнь как нарушение саморегуляции кровообращения. Минск, 1969.

Arinchin N.I., Kulago G.V. Essential hypertension as a failure of blood circulation self-regulation. Minsk, 1969.

Поступила 28.05.2015

EVALUATION OF THE BLOOD CIRCULATION SYSTEM IN PILOTS OF DECK AIRCRAFTS IN THE PERIOD OF LONG-DISTANCE MISSION

Khairullina R.R., Bubeev Yu.A.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 31–36

In a long-distance mission of a heavy aircraft carrier, the cardiovascular functioning was examined in 17 pilots of deck

fighters, 9 helicopter pilots, and 21 flight executive officers. Oscillometric analyzer APKO-8 was used for volumetric compression oscillography. Heart rate (HR) dynamics was monitored with the help of AnnaFlash 2000.

Analysis of central and peripheral hemodynamics discovered a significant prevalence of marginal and mild hypertension in deck aircraft pilots. Maximal values of systolic, diastolic and mean arterial pressures were most common to helicopter pilots and minimal, to fighter pilots. Disparity in these parameters of two categories of pilots increased gradually with the mission time. In fighter pilots, HR rose to the maximum of up to 157 beats/min during landing on the flight deck. Hoisting a rescue specialist was the most challenging task for helicopter pilots, as HR grew up to 132 beats/min.

Adaptation responses varied within a broad range. Fighter pilots adapted more successfully than pilots of helicopters. The above implies revision and enhancement of methods for drafting and training pilots for deck aviation, as well as health monitoring during remote mission.

Key words: cardiovascular system, central hemodynamic parameters, extreme environment, adaptation, deck aircraft.

УДК 613.693:613.67

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛЕТНОГО СОСТАВА ПРИ ПОДГОТОВКЕ НА АВИАЦИОННЫХ ПИЛОТАЖНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

Иванов И.В.^{1, 2}, Чулаевский А.О.³, Бурмистров В.И.⁴

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

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации

³Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации, Москва

⁴Южно-уральский государственный университет, г. Челябинск

E-mail: ivanov-iv@yandex.ru

Излагаются результаты анализа и систематизации направлений развития технологий авиационных пилотажных тренажеров для обеспечения успешности обучения летчиков и повышения надежности их профессиональной деятельности: решение новых усложненных эргономических требований, имитационное моделирование профессиональной деятельности, разработка систем контроля функционального состояния и оценки уровня подготовленности летчика.

Ключевые слова: летный состав, авиационные пилотажные тренажеры, успешность обучения, методы объективного контроля, надежность профессиональной деятельности.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 37–41.

Возможность обучения и контроля функционального состояния (ФС) летчика при выполнении заданий на реальной авиационной технике, особенно при освоении новых летательных аппаратов и сложных видов полета, зависит от наличия достаточного количества учебно-тренировочных самолетов, хорошо подготовленного инструкторского состава, благоприятных метеоусловий и многих других факторов. В свою очередь, достижение высокого профессионального уровня для летчика становится все более сложной и дорогостоящей задачей. Это связано с увеличением объема требуемых для успешной деятельности профессиональных знаний, необходимостью выработки, закрепления и постоянного совершенствования навыков техники пилотирования. Для этого используются пилотажные тренажеры с различным уровнем автоматизации [1, 2].

Цель работы состояла в анализе методов контроля подготовленности и функционального состояния летчиков в процессе обучения с использованием тренажеров.

Современные авиационные пилотажные тренажеры – это высокотехнологичные

программно-аппаратные комплексы, представляющие собой автоматизированные системы управления, функционально ориентированные на профессиональную подготовку летчиков и отработку определенных навыков и умений. Их развитие определяется совершенствованием авиационной техники и способов ее тактического применения (рисунок).

В современных условиях актуальным является поиск путей интенсификации подготовки летчиков, формирование новых рациональных связей между процессом обучения и тренировки, между первоначальной подготовкой и профессиональным совершенствованием в процессе реальной деятельности, а также обоснование психологических, методических и других форм оптимизации системы подготовки, создание новых технических средств подготовки (ТСП) и современных средств контроля функционального состояния летчика.

Проблемы разработки эргономических требований к техническим средствам обучения и психофизиологической подготовки охватывают широкий круг вопросов по проектированию средств отображения информации, рабочего места оператора, автоматизации работы, а также распределению функций между инструктором и ЭВМ и т.д.

Один из наиболее важных принципиальных вопросов в тренажеростроении связан с проектированием рабочего места инструктора. В настоящее время господствует концепция, согласно которой тренажер рассматривается как аналог реального объекта, а его функция заключается в возможно полной отработке профессиональных навыков. В соответствии с этим взглядом рабочее место должно обеспечить инструктора максимальной информацией для управления и контроля за качеством выполнения типовых, стандартных задач подготовки. Это требование реализуется, как правило, путем его конструирования по типу рабочего места оператора. В таких условиях обучающая функция инструктора в



Рисунок. Блок-схема направлений развития технологий авиационных пилотажных тренажеров для обеспечения успешности обучения летчиков и повышения надежности их профессиональной деятельности

информационном плане реализуется недостаточно. Он, как правило, не обеспечивается текущей информацией о качестве и психофизиологической цене выполнения задания, на пультах отсутствуют сведения о прогнозе качества управления, практически не предусмотрена информация, характеризующая способы решения конкретных учебных задач (направление взгляда, продолжительность фиксации на приборах, временная характеристика движений и т.д.), отсутствуют средства оперативного документирования индивидуального алгоритма учебной деятельности и т.д. В развитие этого направления

предлагаются и обосновываются разные варианты места размещения и инструктора (в кабине или вне кабины тренажера) и его оборудования.

Разрабатывается концепция создания технических средств подготовки на модульном принципе. Этот принцип предполагает:

- наличие в значительной степени унифицированного ряда функциональных, алгоритмических, программных и аппаратных модулей с высокой степенью совместимости;
- периферийное оборудование модулей и комплексов и их программное обеспечение, которые

должны гарантировать формирование в целом правильных информационных и концептуальных модулей обучаемого, активную роль инструктора и автоматизированной обучающей системы в целом;

– возможность использования модулей (при наличии соответствующих периферийных средств) в качестве специальных тренажеров и классов компьютерного обучения с гибкими сценариями и базами данных.

Развитие модульной концепции в аспекте психофизиологической подготовки определяет необходимость разработки психологических основ имитационного моделирования, имитационных моделей профессиональной деятельности. Для существующих и перспективных комплексов, психолого-педагогически обоснованной системы, т.е. программы, упражнений, методик и средств обучения и тренировки с применением методов объективного контроля и автоматизированных обучающих систем.

В практике тренажеростроения важно достижение не только физического, но и физиолого-гигиенического и психологического подобия средств обучения содержанию и условиям реальной деятельности.

Возрастает внимание к вопросам моделирования экстремальных ситуаций и состояний человека-оператора. В известной мере оно достигается введением отказов техники при выполнении нештатных задач. Наиболее типичными функциональными нарушениями в процессе деятельности, в том числе в результате возникновения экстремальных ситуаций, являются состояния острого утомления, нервно-психического перенапряжения, снижения бдительности, ряд «трудных» психических состояний и др. Моделирование этих состояний возможно в результате усложнения структуры операторской деятельности (введение дефицита времени или информации, избыточности информации, увеличение скорости ее предъявления и т.д.), изменения организации деятельности (увеличение длительности и нарушения ее режима, введение в программу заведомо сложных упражнений и т.д.) и условий деятельности (воздействие экстремальных факторов: шума, вибрации, ускорения, изменения световой характеристики среды и т.п.). Как видно, перечень приемов моделирования достаточно обширен, однако до настоящего времени отсутствует систематизация этих приемов применительно к условиям операторской подготовки.

Наиболее сложным и важным в проблеме психологического моделирования состояний оператора является воспроизведение заданного уровня мотивации обучаемого в процессе подготовки. В настоящее время эта задача решается, главным образом, методами педагогического воздействия, регулирования, которые нуждаются в критическом анализе и обобщении с учетом особенностей процесса

тренажерной подготовки. Перспективными в этой области являются работы по совершенствованию приемов самоуправления, саморегуляции отношения к задачам обучения, а также по развитию, повышению учебного интереса за счет введения в процесс обучения игровых стратегий, информации по каналам оперативной обратной связи [3–5].

Одной из основных задач тренажерной тренировки является получение информации от системы объективного контроля и оценки уровня подготовленности летного состава. Под объективным контролем понимается система, обеспечивающая необходимую регистрацию показателей внутренней и внешней стороны деятельности обучаемого, т.е. его психофизиологического состояния и результатов работы (качества пилотирования).

Современный взгляд на систему объективного контроля и оценки уровня подготовленности оператора на тренажере сводится к 2 основным положениям.

Первое положение основано на наблюдении и оценке деятельности летчика на тренажере инструктором, который использует при этом свой летный и педагогический опыт. Однако для дифференцирования летчиков по уровню профессиональной подготовленности, при исследовании процесса тренировки и управления им, когда требуется более тонкий анализ степени сформированности навыков, достоверность инструкторской оценки может быть недостаточна. Это связано, прежде всего, с относительно неопределенными критериями оценки качества обучения, индивидуальными различиями инструкторов в выборе тактики обучения и оценки результатов, сложностью запоминания и обобщения всей информации на протяжении тренажа.

Второе положение определяет пути развития содержания конкретных приемов объективной оценки уровня подготовленности на тренажере. В многочисленных исследованиях показано, что для этой цели следует использовать показатели, характеризующие: 1) структуру деятельности, т.е. процессы восприятия и переработки информации и особенности их моторной реализации; 2) качество выполнения учебной задачи, т.е. эффективность учебной деятельности; 3) степень нервно-психического напряжения, т.е. психофизиологическую цену деятельности; 4) резервы внимания, т.е. резервные возможности обучающегося.

Тренировки летчиков на тренажерах, связанные с освоением новых заданий, преодолением сложности в их реализации и стремлением к эффективному выполнению заданий, всегда сопровождаются определенным уровнем физиологических реакций. В связи с этим при контроле функционального состояния летчика организм человека можно рассматривать как сложнейшую автоматизированную биосистему управления с определенными

физиологическими и психофизиологическими параметрами, такими, как частота сердечных сокращений (ЧСС), минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД), активность и настроение, эмоциональное напряжение, величина резервов внимания, сенсомоторные реакции и многими другими. Таким образом, выраженность физиологических сдвигов, отражающих эмоциональное состояние и регулирующих процесс деятельности, зависит от многих факторов, но определяется в основном уровнем исходных реакций, реактивностью организма, сложностью полетного задания и степенью тренированности [4–7].

Многолетний опыт использования тренажеров для психофизиологической подготовки летного состава показывает, что все еще остаются нерешенными важные концептуальные вопросы. Так, анализ существующих, весьма недешевых, тренажеров и симуляторов полетов показывает, что они, не имея обратной связи, производят обучение без учета присущих каждому человеку персональных ограничений психофизиологических параметров. Например, существующие тренажеры моделируют лишь прямые функции пилотирования, не затрагивая процесс коммуникации и накопленного летного опыта, фактора модернизации бортовой аппаратуры, не учитывают персональные психофизиологические особенности летчика и возможности современных информационных технологий в целом [8].

В целях решения этих задач целесообразно вести работы по созданию технологии, способной создать динамический цифровой образ протекающих в организме процессов, обеспечивать его хранение, анализ и передачу для дальнейшей, в том числе дистанционной, оценки. Современные мировые тенденции информационного обеспечения обуславливают введение жестких стандартов на создание автоматизированных систем управления (АСУ), а именно унифицированных протоколов обмена, способных содержать информацию разного типа (текстовую, аудио, видео) и кодировать параметры разных информационных систем. Ожидается, что применение подобных решений повысит эффективность оценок в ходе психофизиологической подготовки, обеспечит возможность аккумулировать медицинские данные летчиков в течение профессиональной (летной) деятельности, что необходимо и для ранней диагностики профессионально обусловленных нарушений и субклинических форм заболеваний у летного состава [9].

При создании автоматизированных систем подготовки летного состава на современном этапе важно исходить из перспективных задач психофизиологического сопровождения профессиональной деятельности и контроля функционального состояния:

1) изучения параметров речевого канала связи между оператором и инструктором

(физиолого-акустический, психолингвистический и семантический анализ речи);

2) анализа данных методик тепловизионной и визуальной оценки (через канал «видеоаналитики») нервно-психической напряженности оператора по показателям вегетативной реактивности, поведенческой и рабочей активности, направления взгляда и положения головы; использования биологически активных точек кожи;

3) показателей интегральной системы контроля летчика, включающей в себя подсистему контроля функционального состояния летчика с функцией регистрации полиграфических сигналов от биометрических и физиологических сенсоров с формированием персонального профиля летчика и предупреждением о потенциальном возникновении опасной ситуации.

Выводы

1. Выделены основные направления совершенствования авиационных пилотажных тренажеров для обеспечения успешности обучения летчиков в условиях возрастающих требований к технике пилотирования.

2. Установлены перспективные методические подходы к контролю за состоянием летчика для повышения его профессиональной надежности.

3. Медицинское и психофизиологическое сопровождение подготовки летчика на авиационных пилотажных тренажерах – важное направление повышения контроля качества профессиональной подготовки летного состава.

Список литературы

1. Жерनावков В.Ф., Козловский Э.А. Психофизиологическая оценка подготовленности летчика на пилотажных тренажерах / В.А. Бодров, ред. М., 1981.

Zhernavkov V.F., Kozlovsky E.A. Psychophysiological assessment of trained pilot on flight simulators / V.A. Bodrov, ed. Moscow, 1981.

2. Психофизиологическая подготовка летного состава. М., 1989.

Psychophysiological training of flight crews. Moscow, 1989.

3. Инженерная психология и эргономика в авиации: Матер. конференции. М., 2005.

Engineering psychology and ergonomics in aviation: Materials of a conferences. Moscow, 2005.

4. Кукушкин Ю.А., Пономаренко А.В., Цигин Ю.П., Страмнов С.Б. Резервы внимания летчика как оценка процесса подготовки на авиационном тренажере // Проблемы психологии и эргономики. 2007. № 1. С. 59–64.

Kukushkin Yu.A., Ponomarenko A.V., Tsigin Yu.P., Stramnov S.B. Reserves of attention as an assessment of the pilot training on flight simulators // Problemy psikhologii i ergonomiki. 2007. № 1. P. 59–64.

5. Ворона А.А., Гандер Д.В., Пономаренко В.А. Теория и практика психологического обеспечения летного труда. М., 2003.

Vorona A.A., Gander D.V., Ponomarenko V.A. Theory and practice of psychological support of pilots labor. Moscow, 2003.

6. Иванов И.В. Значение исходной индивидуальной реактивности организма при профессиональном отборе лиц для работы в условиях возможных радиационных воздействий в малых дозах // Современные проблемы военной медицины, обитаемости и профессионального отбора: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. (17–18 нояб., 2011 г.). СПб., 2011. С. 37–38.

Ivanov I.V. Significance of the initial individual reactivity of organism in professional selection of persons for work in the conditions of possible radiation effects at low doses // Sovremennye problemy voennoy meditsiny, obitaemosti i professionalnogo otbora: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. (17–18 Nov., 2011). St. Petersburg, 2011. P. 37–38.

7. Антонов А.Г., Иванов И.В. Психофизиологические показатели специалистов-операторов в группах с высокой и низкой успешностью выполнения эвристической деятельности // Психофизиология профессионального здоровья человека: Матер. IV Всерос. науч.-практ. конф., посв. 15-летию кафедры военной психофизиологии. СПб., 2012. С. 173–176.

Antonov A.G., Ivanov I.V. Psychophysiological indicators of professional operators in the groups with high and low successful implementation of heuristic activity: Materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchyonnoy 15-letiyu kafedry voennoy psikhofiziologii. St. Petersburg, 2012. P. 173–176.

8. Максимов И.Б., Столяр В.П., Богомолов А.В. Прикладная теория информационного обеспечения медико-биологических исследований. М., 2013.

Maksimov I.B., Stolyar V.P., Bogomolov A.V. Applied theory of informational support of biomedical research. Moscow, 2013.

9. Клинико-функциональная диагностика, профилактика и реабилитация профессионально обусловленных нарушений и субклинических форм заболеваний у летного состава: Практическое руководство по авиационной клинической медицине / Р.А. Вартбаронов, ред. М., 2011.

Clinical and functional diagnosis, prevention and rehabilitation of professionally caused disorders and subclinical diseases in flight personnel: Practical guide to aviation clinical medicine / R.A. Vartbaronov, ed. Moscow, 2011.

Поступила 28.09.2015

IMPROVEMENT OF FLYING PERSONNEL MONITORING IN THE COURSE OF FLIGHT SIMULATOR TRAINING

Ivanov I.V., Chulaevsky A.O., Burmistrov V.I.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 37–41

Analysis and classification of trends in designing flight simulators made it evident that they are brought on by new human – machine interactions and flight operations, and upgrading the capabilities used for monitoring or testing pilot's functional ability and skills.

Key words: flight personnel, flight simulators, training success, objective test methods, professional efficacy.

УДК 612.014.43+612.017.2

ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ВОЗДУШНОЙ КРИОСАУНЕ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ -70 °С НА ТЕМПЕРАТУРУ ТЕЛА И ЛИПИДНЫЙ ПРОФИЛЬ ЗДОРОВЫХ ЛИЦ

Салтыкова М.М., Кузьмин И.В., Журавлева О.А.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
E-mail: saltykova@imbp.ru

Целью исследования являлась оценка величины и скорости падения кожной и тимпанической температуры при однократном кратковременном (3 мин) охлаждении в криосауне (-70 °С), а также воздействия такого охлаждения на физиологические показатели, наиболее тесно связанные с адаптацией к холоду (концентрации в крови катехоламинов, адренокортикотропного гормона, липопротеинов и свободных жирных кислот). В исследовании приняли участие 7 здоровых мужчин. У всех обследованных экспозиция в криосауне приводила к снижению внутренней (тимпанической) и кожной температуры в среднем на 1 °С и 7 °С соответственно. Снижение тимпанической температуры в среднем на 0,4 °С сохранялось после прекращения охлаждения более 20 мин; снижение кожной в среднем на 1 °С в течение 1 ч. Кратковременная холодовая экспозиция в криосауне индуцировала увеличение концентрации норадреналина в крови, а также достоверное увеличение концентрации в крови холестерина липопротеинов высокой плотности и свободных жирных кислот в течение 1 ч после экспозиции. Полученные в данном исследовании результаты демонстрируют кратковременные адаптивные изменения после однократной экспозиции при температуре -70 °С.

Ключевые слова: адаптация к холоду, воздушная криосауна.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 42

Решение экономических задач, связанных с освоением природных ресурсов Арктики, приводит к усилению миграции на Крайний Север населения из районов, существенно отличающихся по климато-географическим параметрам. При этом обеспечить возможность полноценного существования человека в новых условиях может лишь определенная перестройка физиологических функций организма.

Одним из основных стрессирующих факторов в условиях полярных широт является холод. Начальный период адаптации к суровым условиям полярных широт продолжается в среднем до полугода и характеризуется дестабилизацией многих физиологических параметров. Соотношением специфических и терморегуляторной функций органов в значительной степени определяется «цена»,

которой организм расплачивается за развитие устойчивости к холоду [1]. Напряженная адаптация к холоду характеризуется тем, что формирование системного структурного следа в одних органах может сопровождаться прямыми структурными повреждениями в других.

В связи с высоким риском развития отрицательных последствий при срочной напряженной адаптации к холоду актуальной представляется задача разработки методики предварительной (опережающей) адаптации к холоду людей, проживающих в умеренном климате, но готовящихся работать в Арктике постоянно или в экспедиционном режиме.

Исследования воздействия холода на организм человека обычно связаны с трудностями этического характера. Однако использование для развития адаптации к холоду кратковременного охлаждения при ультранизкой температуре (-70 °С и ниже) в криосауне позволяет избежать этих трудностей, поскольку во многих исследованиях [2–7] показано отсутствие патогенного влияния такого воздействия как при однократной, так и повторяющихся (ежедневно в течение 2 мес) экспозициях. Быстрота охлаждения в криосауне обуславливает формирование терморегуляторного ответа с участием динамической активности кожных холодовых рецепторов, что обеспечивает включение адаптивных метаболических реакций при меньшем падении кожной и внутренней температуры [8, 9].

Кратковременное (3 мин) охлаждение в воздушной криосауне при температуре -70 °С и ниже уже в течение более чем 3 десятилетий используется в медицинских центрах для купирования боли при болезнях суставов, острых и хронических спортивных травмах и реабилитации после соревнований [2–7, 10–12].

Целью данного исследования являлась оценка величины и скорости падения внутренней (тимпанической) температуры и температуры кожи при однократном кратковременном охлаждении в криосауне, а также воздействия такого охлаждения на физиологические показатели, наиболее тесно связанные с адаптацией к холоду (концентрации в крови катехоламинов (КА), адренокортикотропного

Таблица 1

Изменение ЧСС и температурных показателей под действием холодовой экспозиции (n = 7)

Показатели	ΔT_{cryo}	$\Delta ЧСС$	ΔT_t	ΔT_r
Медиана	8	-9	-1,1	-7,6
Нижняя квартиль	14	-11	-1,2	-8,1
Верхняя квартиль	6	-6	-0,8	-5,8
		$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$

Примечание. Здесь и в табл. 2: ЧСС – частота сердечных сокращений; T_{cryo} – температура в криокамере; T_t – тимпаническая температура; T_r – температура на голени.

гормона (АКТГ), липопротеинов и свободных жирных кислот).

Методика

В исследование были включены данные 7 практически здоровых добровольцев-мужчин в возрасте от 23 до 35 лет (медиана; верхняя-нижняя квартили: 31; 27–33), нормального телосложения (медиана индекса массы тела по Кетле 24,1 кг/м²; верхняя-нижняя квартили: 22,5–26,8). Протокол эксперимента был одобрен Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Холодовая экспозиция осуществлялась в воздушной криосауне, в которой каждый обследуемый в «минимальной» одежде находился в течение 3 мин при температуре от -55 °С до -66 °С (исходная температура в криосауне была -70 °С). Температура в помещении поддерживалась на уровне 22,5–24,5 °С. Регистрация температуры осуществлялась с помощью установки, состоящей из кожных датчиков 709B YSI700 (Shenzhen Lontek Electronic Technology, China), доработанных нами для снижения инерционности, 2 датчиков оригинальной конструкции для измерения температуры в слуховом проходе, 12-канального усилителя оригинальной конструкции, АЦП E14-140 (L-card, Россия) и компьютера с ПО PowerGraph («ДИСофт», Россия). Регистрация кожной температуры на голени дублировалась с использованием прецизионного термометра MEAS 4600 Series с датчиком 409B, соединенного с компьютером. Датчики для измерения тимпанической температуры фиксировались в слуховом проходе вблизи барабанной перепонки и закрывались противошумными наушниками. Для определения частоты сердечных сокращений (ЧСС) непрерывно регистрировалась ЭКГ в отведении DS с помощью беспроводного усилителя Kardi3 с адаптером K3/A1 (МКС, Зеленоград).

У всех обследуемых тимпаническая и кожная температура (на бедре, голени, груди и плече) регистрировалась в течение 15 мин до холодовой экспозиции и в течение 60 мин после нее (датчики тимпанической и кожной температуры на голени (409B) устанавливались после выхода из

криосауны в течение 30 с, что позволяло оценить степень снижения этих показателей в криосауне). Средневзвешенную температуру кожи (СВТК) вычисляли по методу автора работы [13].

Забор крови для биохимического анализа проводили у 6 обследуемых до холодовой экспозиции, сразу после нее, а также через 20, 60 и 180 мин. У всех обследуемых с помощью коммерческих наборов фирмы Diasys (Германия) на автоматическом биохимическом анализаторе Targa 3000 фирмы Biotechnica instruments (Италия) в плазме крови определяли концентрацию общего холестерина, холестерина липопротеинов высокой и низкой плотности, триглицеридов и свободных жирных кислот. У 3 обследуемых дополнительно определяли концентрацию КА и АКТГ. Забор крови осуществлялся из локтевой вены.

При проведении статистического анализа использовался критерий Вилкоксона ($p < 0,05$). Данные в таблицах представлены в виде медианы с указанием нижней и верхней квартилей.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 приведены статистические показатели изменения (Δ) ЧСС, тимпанической и кожной (на голени) температуры (T_t и T_r) под действием холодовой экспозиции, а также статистические показатели изменения температуры (T_{cryo}) внутри криосауны (T_{cryo} увеличивалась за счет тепла, рассеиваемого телом обследуемого). Измерения кожной и тимпанической температур проведены непосредственно перед и сразу после посещения криосауны. Средневзвешенная температура кожи сразу после криосауны не оценивалась, так как фиксация всех необходимых кожных датчиков требовала не менее 5 мин.

Как видно из табл. 1 у всех 7 обследуемых было зарегистрировано урежение сердечного ритма и падение как кожной (на голени), так и тимпанической температуры. Среднее снижение кожной температуры в криосауне составило 7,6 °С за 3 мин, т.е. средняя скорость составила 0,04 °С/с. Таким образом, скорость снижения кожной температуры в криосауне была достаточной для формирования

Таблица 2

Изменение ЧСС и температурных показателей через 20 и 60 мин после холодовой экспозиции (n = 6)

Показатели	Через 20 мин				Через 60 мин			
	ΔЧСС	ΔТ _т	ΔСВТК	ΔТ _г	ΔЧСС	ΔТ _т	ΔСВТК	ΔТ _г
Медиана	-7,5	-0,4	-1,7	-1,6	-6,5	-0,4	-1,1	-1
Нижняя квартиль	-12,0	-1,0	-1,7	-2,2	-7,0	-0,5	-1,4	-1,0
Верхняя квартиль	-3	-0,4	-0,9	-1,1	0,0	+0,1	-0,9	-0,9
	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p < 0,05	p < 0,05

Примечание. СВТК – средневзвешенная температура кожи.

Таблица 3

Динамика изменений концентраций в крови (в ммоль/л и %) холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) и свободных жирных кислот (СЖК)

Показатели	Через 2 мин		Через 20 мин		Через 60 мин		Через 180 мин	
	ЛПВП	СЖК	ЛПВП	СЖК	ЛПВП	СЖК	ЛПВП	СЖК
Медиана	0,125 (10 %)	0,494 (180 %)	0,235 (20 %)	0,453 (152 %)	0,2 (16 %)	0,382 (119 %)	0,04 (2 %)	0,084 (30 %)
Нижняя квартиль	0,05 (3 %)	0,45 (91 %)	0,155 (12 %)	0,382 (131 %)	0,12 (8 %)	0,291 (77 %)	-0,14 (-6 %)	-0,156 (-32 %)
Верхняя квартиль	0,4 (16 %)	0,543 (231 %)	0,3 (25 %)	0,639 (177 %)	0,23 (20 %)	0,390 (157 %)	0,18 (14 %)	0,192 (80 %)
	p < 0,03	p < 0,03	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p > 0,05	p > 0,05

терморегуляторного ответа с участием динамической активности холодовых рецепторов [8, 14].

Анализ данных, зарегистрированных в течение 1 ч после холодовой экспозиции у 6 обследуемых, показал, что как кожная, так и тимпаническая температура быстро повышалась после выхода из криосауны, стабилизируясь к 20-й минуте на уровне достоверно ниже исходного. ЧСС также оставалась ниже исходного уровня. Через 1 ч после холодовой экспозиции у всех обследуемых кожная температура оставалась ниже исходной, тимпаническая температура и ЧСС оставались ниже исходных значений только у 4 испытуемых. Статистические характеристики динамики этих изменений представлены в табл. 2.

При анализе динамики липидного профиля (концентрации общего холестерина, липопротеинов, триглицеридов и свободных жирных кислот) были выявлены достоверные изменения концентрации холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛПВП) и свободных жирных кислот (СЖК). У всех обследуемых наблюдали увеличение этих показателей сразу после холодовой экспозиции, которое сохранялось в течение 1 ч. Статистические характеристики динамики этих изменений представлены в табл. 3. Динамика остальных показателей липидного профиля у 6 обследуемых носила разнонаправленный характер.

У 3 обследуемых была проанализирована динамика КА и АКТГ. Сразу после холодовой экспозиции у всех более чем на 50 % увеличивалась

концентрация норадреналина, остальные КА и АКТГ в этой точке по-разному менялись у разных обследуемых. Через 1 ч после холодовой экспозиции у всех 3 обследуемых выявлено снижение относительно фоновых значений концентрации норадреналина (на 3, 19 и 20 %), адреналина (на 18, 50 и 64 %), АКТГ (на 53, 39 и 46 %).

Проведенное исследование показало, что кратковременная однократная холодовая экспозиция при температуре -60 ± 5 °C вызывает снижение как кожной, так и внутренней температуры, которое сохраняется и после окончания экспозиции (снижение внутренней температуры сохраняется в течение более чем 20 мин, кожной – более 1 ч). Длительное сохранение сниженной кожной температуры, видимо, является следствием сохраняющейся вазоконстрикции кожных сосудов.

Используемое воздействие стимулирует дополнительный выброс в кровь норадреналина – медиатора химической терморегуляции [9]. Кроме того, в крови значительно увеличивается концентрация липопротеинов высокой плотности и свободных жирных кислот. Резкое возрастание концентрации свободных жирных кислот является причиной повышения проводимости митохондриальной мембраны для протонов и, как следствие, уменьшения количества синтезируемой АТФ и увеличения количества рассеиваемого тепла, при этом жиры – наиболее калорийный субстрат дыхания [9, 15, 16].

Все выявленные в данном исследовании изменения сходны с теми, которые наблюдаются при длительной холодовой адаптации [9, 15].

В большинстве исследований, посвященных анализу метаболических изменений (концентрации гормонов, липидов, активных форм кислорода и антиоксидантов), индуцируемых охлаждением в криосауне, используются устройства, создающие охлаждение -110 °С и ниже [2–7, 10–12, 17, 18]. Данное исследование показало, что и существенно меньшее охлаждение вызывает снижение не только кожной, но и внутренней температуры, а также достоверное увеличение концентрации холестерина ЛПВП и СЖК.

Кроме того, необходимо отметить, что хотя адаптивные изменения, возникающие после кратковременных повторяющихся экспозиций при ультранизкой температуре и при длительной адаптации к холоду, сходны, но, в отличие от постоянного, периодическое охлаждение в естественных условиях встречается чаще и способствует быстрой выработке адаптации к холоду [14]. Как отмечают Н.А. Барабаш и Г.Я. Двуреченская [19], периодическое действие холода способствует не простому восстановлению, а «расширенному воспроизводству» резервов организма. При этом репаративные процессы наиболее эффективно реализуются после прекращения воздействия, в условиях достаточного количества АТФ, что может уменьшать отрицательные последствия перекрестной адаптации к холоду.

Все это позволяет рассматривать криосауну как одно из возможных средств для выработки адаптации к холоду. Полученные в данном исследовании результаты демонстрируют кратковременные адаптивные изменения после однократной экспозиции при температуре -70 °С. Для разработки методики устойчивой адаптации к холоду требуется проведение дальнейших исследований с использованием повторных холодовых экспозиций.

Выводы

1. Кратковременная (3 мин) холодовая экспозиция в криосауне при температуре -70 °С приводит к снижению внутренней (тимпанической) и кожной температуры в среднем на 1 °С и 7 °С соответственно.

2. Снижение внутренней (тимпанической) температуры в среднем на 0,4 °С сохраняется после прекращения охлаждения в течение более 20 мин.

3. Снижение кожной температуры в среднем на 1 °С сохраняется после прекращения охлаждения в течение более 60 мин.

4. Кратковременная холодовая экспозиция в криосауне при температуре -70 °С индуцирует увеличение концентрации норадреналина в крови.

5. Кратковременная холодовая экспозиция в криосауне при температуре -70 °С индуцирует достоверное увеличение концентрации в крови холестерина липопротеинов высокой плотности и свободных жирных кислот в течение 1 ч после экспозиции.

Авторы благодарят научных сотрудников ГНЦ РФ – ИМБП РАН лаборатории физиологии мышечной деятельности Е.А. Лысенко и Т.Ф. Миллер, инженера лаборатории физиологии мышечной деятельности В.Г. Фадину за помощь в проведении экспериментов.

Список литературы

1. Панин Л.Е. Энергетические аспекты адаптации. Л., 1978.
Panin L.E. Energetic aspects of adaptation Leningrad, 1978.
2. Banfi G., Lombardi G., Colombini A., Melegati G. Whole-body cryotherapy in athletes // *Sports Med.* 2010. V. 10. № 6. P. 509–517.
3. Fonda B., De Nardi M., Sarabon N. Effects of whole-body cryotherapy duration on thermal and cardio-vascular response // *J. of Thermal Biol.* 2014. V. 42. P. 52–55.
4. Leppaluoto J., Westerlund T., Huttunen P. et al. Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females // *The Scandinavian J. of Clinical & Laboratory Investigation.* 2008. V. 68. № 2. P.145–153.
5. Lubkowska A., Szygula Z., Klimek A.J., Torii M. Do sessions of cryostimulation have influence on white blood cell count, level of IL-6 and total oxidative and antioxidative status in healthy men? // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2010. V. 109. P. 67–72.
6. Banfi G., Melegati G., Barassi A. et al. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes // *J. of Thermal Biol.* 2009. V. 34. P. 55–59.
7. Selfe J., Alexander J., Costello J.T. et al. The effect of three different (-135 °C) whole body cryotherapy exposure durations on elite rugby league players // *PLoS ONE.* 2014. V. 9. № 1: e86420. doi:10.1371/journal.pone.0086420.
8. Ткаченко Е.Я., Козарук В.П., Храмова Г.М. и др. Зависимость формирования терморегуляторных реакций на охлаждение от типа активности кожных терморецепторов // *Бюлл. СО РАМН.* 2010. Т. 30. № 4. С. 95–100.
Tkachenko E.Ya., Kozaruk V.P., Khramova G.M. Different formation of thermoregulatory response to cooling dependence on the type of the skin thermoreceptor activity // Byulleten SB RAMS. 2010. V. 30. № 4. P. 95–100.
9. Иванов К.П. Основы энергетики организма: Теоретические и практические аспекты. Т. 1. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. М., 1990.

Ivanov K.P. The principles of energy in organism: theoretical and practical aspects. V. 1. The general energy, heat exchange, thermoregulation. Moscow, 1990.

10. Wojtecka-Lukasik E., Ksiezopolska-Orlowska K., Gaszewska E. et al. Cryotherapy decreases histamine levels in the blood of patients with rheumatoid arthritis // *Inflamm. Res.* 2010. V. 59. Suppl. 2. P. S253–S255.

11. Gizinska M., Rutkowski R., Romanowski W. et al. Effects of whole-body cryotherapy in comparison with other physical modalities used with kinesitherapy in rheumatoid arthritis // *BioMed Res. Inter.* 2015. V. 2015. Art. ID 409174. P. 1–7.

12. Hubbard T.J., Denegar C.R. Does cryotherapy improve outcomes with soft tissue injury // *J. of Athletic Training.* 2004. V. 39. № 3. P. 278–279.

13. Ramanathan N.L. A new weighting system for mean surface temperature of the human body // *J. of Appl. Physiol.* 1964. V. 19. № 3. P. 531–533.

14. Molinari H.H., Kenshalo D.R. Effect of cooling rate on the dynamic response of cat cold units // *Experim. Neurol.* 1977. V. 55. № 3. P. 1. P. 546–555.

15. Пастухов Ю.Ф., Максимов А.Л., Хаскин В.В. Адаптация к холоду и условиям Субарктики: проблемы термофизиологии. Т. 1. Магадан, 2003.

Pastukhov Yu.F., Maximov A.L., Khaskin V.V. Adaptation to cold and subarctic conditions: the problems of thermophysiology. V. 1. Magadan, 2003.

16. Скулачев В.П., Богачев А.В., Каспаринский Ф.О. Мембранная биоэнергетика. М., 2010.

Skulachev V.P., Bogachev A.V., Kasparinsky F.O. Membrane bioenergetics. Moscow, 2010.

17. Lubkowska A., Banfi G., Dołęgowska B. et al. Changes in lipid profile in response to three different protocols of whole-body cryostimulation treatments // *Cryobiol.* 2010. V. 61. P. 22–26.

18. Miller E., Markiewicz L., Saluk J., Majsterek I. Effect of short-term cryostimulation on antioxidative status and its clinical applications in humans // *Eur. J. Appl. Physiol.* 2012. V. 112. P. 1645–1652.

19. Барабаш Н.А., Двуреченская Г.Я. Адаптация к холоду // *Физиология адаптационных процессов* (Гл. 5). М., 1986. С. 251–302.

Barabash N.A., Dvurechenskaya G.Ya. Adaptation to cold // *Physiology of adaptation* (Ch. 5). Moscow, 1986. P. 251–302.

Поступила 23.06.2015

EFFECT OF SHORT-TIMED COOLING AT -70 °C IN AN AIR CRYOGENIC SAUNA ON BODY TEMPERATURE AND LIPID PROFILE OF HEALTHY PEOPLE

Saltykova M.M., Kuzmin I.V., Zhuravleva O.A.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 42–46

The investigation was aimed at evaluation of level and rate of cutaneous and tympanic temperature drop due to a single short-timed (3 min) cooling in a cryosauna (-70 °C), and adaptation-indicative physiological parameters, including blood catecholamines, ACTH, lipoproteins and free fatty acids. Subjects were 7 healthy males. Exposure in the cold invariably reduced the internal (tympanic) and cutaneous temperature by 1 °C and 7 °C on the average respectively. Tympanic temperature remained 0.4 °C low on the average for more than 20 minutes after exposure. Cutaneous temperature was 1 °C below the norm for an hour after cooling. Over one hour after the short-timed cold exposure blood norepinephrine remained increased, and so did the blood concentrations of high-density lipoprotein cholesterol and free fatty acids. These results demonstrate brief adaptive changes following a single exposure at -70 °C.

Key words: cold adaptation, air cryogenic sauna.

УДК 629.7+614.876:001.891.5+613.64

СРАВНЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДОЗЫ ОТ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И НЕЙТРОНОВ ВНУТРИ ШАРОВОГО ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНОГО ФАНТОМА НА БОРТУ РОССИЙСКОГО СЕГМЕНТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Хулапко С.В.^{1,2}, Лягушин В.И.¹, Архангельский В.В.², Шуршаков В.А.²,
Николаев И.В.¹, Семкова Й. (Semkova J.)³, Смит М. (Smith M.)⁴, Машрафи Р. (Machrafi R.)⁵

¹РКК «Энергия» им. С.П. Королева, г. Королев

²Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва

³Институт космических исследований и технологий Болгарской академии наук, г. София, Болгария

⁴Баббл Текнолоджи, Онтарио, Канада

⁵Технологический институт при Университете штата Онтарио, Канада

E-mail: kh_sergey2006@mail.ru

Представлено сравнение эквивалентных доз от заряженных частиц и от нейтронного излучения внутри шарового тканеэквивалентного фантома, измеренных с использованием аппаратуры «Люлин-5» и «Баббл-дозиметр» в космическом эксперименте «Матрешка-Р». Измерения проводились в период основных экспедиций МКС-35/36 (март – сентябрь 2013 г.) и МКС-41/42 (сентябрь 2014 г. – март 2015 г.), когда фантом располагался в Малом исследовательском модуле МИМ1 российского сегмента (РС) МКС. Установлено, что среднесуточная мощность эквивалентной дозы нейтронного излучения в каналах фантома составляет от 77 ± 13 до 157 ± 25 мкЗв/сут, что соответствует от 17 до 28 % от полной дозы.

Ключевые слова: «Баббл-дозиметр», «Люлин-5», «Матрешка-Р», нейтронное излучение, эквивалентная доза, шаровой фантом, радиационная безопасность.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 47–52.

Ионизирующее излучение космического пространства (ИИ КП) обоснованно считается одним из главных неустраняемых факторов, создающих опасность для жизнедеятельности космонавтов при пилотируемых полетах как на околоземных орбитах, так и при полетах за пределы магнитосферы Земли.

Традиционно выделяют три основных источника ИИ КП: галактические космические лучи (ГКЛ), солнечные космические лучи (СКЛ) и радиационные пояса Земли (РПЗ). Все эти источники достаточно хорошо изучены [1] и состоят преимущественно из высокоэнергетических заряженных частиц – протонов, электронов и тяжелых заряженных частиц (ТЗЧ).

Дополнительную дозовую нагрузку на экипажи орбитальных станций и пилотируемых космических аппаратов (ПКА) создает нейтронное излучение. На низких околоземных орбитах большая часть эквивалентной дозы от нейтронов формируется

вторичным нейтронным излучением от ядерного взаимодействия между частицами РПЗ, СКЛ и ГКЛ и материалом ПКА [2]. Меньшая часть формируется нейтронами альbedo атмосферы Земли [3, 4]. При этом установлено, что спектр нейтронного излучения сильно меняется в зависимости от ряда параметров, таких, как солнечная активность, высота орбиты полета ПКА, его масса и состав материала обшивки.

В 1990 г. вышел отчет Международной Комиссии по Радиологической защите (МКРЗ, ICRP – International Commission on Radiological Protection) [5], в котором вводится понятие эквивалентной дозы и взвешивающие коэффициенты для различных типов излучения. Как видно из табл. 1, нейтронное излучение оказывает серьезное поражающее воздействие на биологические объекты (большие значения взвешивающих коэффициентов).

Последующие экспериментальные и теоретические работы по определению вклада нейтронов в общую эквивалентную дозу показали, что этот вклад существенно расходитсся и может достигать десятков процентов. Так, например, в самом слабозащищенном отсеке КК «Спейс шаттл» в период максимальной солнечной активности вклад нейтронов в эквивалентную дозу составлял всего 5–8 %, а в хорошо защищенном отсеке в период минимума солнечной активности этот вклад возрастал до 60 % [6]. Для орбитальной станции «Мир» сравнение расчетных значений эквивалентных доз показало, что за толщиной защиты более 40 г/см² эквивалентная доза от нейтронного излучения может даже превышать суммарную эквивалентную дозу от ГКЛ и РПЗ [7].

Кроме того, по некоторым данным при проведении оценок эквивалентных доз от нейтронов с энергией от 1 до 15 МэВ, как это делалось, например, в работе [8], определялось лишь около 30 %

Таблица 1

Взвешивающие коэффициенты различных типов ионизирующего излучения

Тип излучения	Диапазон энергии	Взвешивающий коэффициент, W_R
Фотоны	все энергии	1
Электроны и мюоны	все энергии	1
Нейтроны	менее 10 кэВ	5
	10–100 кэВ	10
	100 кэВ – 2 МэВ	20
	2–20 МэВ	10
	более 20 МэВ	5
Протоны, кроме протонов отдачи	более 2 МэВ	5
Альфа-частицы, осколки деления, ТЗЧ	все энергии	20

Таблица 2

Состав шарового фантома

Элемент	Процентное соотношение, %	Отклонение от стандартного материала (ICRP 60), %
Водород	8,7	-1,3
Азот	2,6	0,0
Кислород	32,2	-28,8
Углерод	56,5	+33,3

эквивалентной дозы от суммарной дозы нейтронов. Все эти факты указывают на необходимость проведения измерения в более широком диапазоне энергии нейтронов – от 0,1 МэВ до, как минимум, 50 МэВ.

Отдельный интерес представляет определение вклада от нейтронного излучения в общую эквивалентную дозу внутри фантомов (антропоморфного или шарового), рекомендованных МКРЗ для практической оценки радиационного воздействия на критические органы человека [9].

Первоначально внутри шарового и антропоморфного фантомов определялись только дозы от заряженных частиц ГКЛ, РПЗ и СКЛ [10, 11].

Целенаправленные измерения эквивалентной дозы от нейтронов внутри шарового фантома впервые проводились в период экспедиций МКС-13/15 в рамках космического эксперимента (КЭ) «Матрешка-Р» с использованием детекторов научной аппаратуры (НА) «Баббл-дозиметр» [12]. Измерения внутри фантома были выполнены, когда он располагался в правой кабине модуля «Звезда» (служебный модуль – СМ) российского сегмента (РС) Международной космической станции (МКС). Одновременно проводились измерения вне фантома в правой и левой каютах модуля «Звезда» и внутри модуля «Пирс» (Стыковочный отсек – СО1).

Повторные измерения эквивалентной дозы от нейтронов внутри фантома проводились в период экспедиций МКС-35/36 и МКС-41/42, когда он

располагался внутри Малого исследовательского модуля (МИМ1). При этом впервые измерения проводились дозиметрическими и спектрометрическими детекторами и, кроме того, одновременно с детекторами научной аппаратуры (НА) «Баббл-дозиметр» в экваториальных каналах фантома располагался детекторный блок НА «Люлин-5» [13].

Методика

Для определения радиационной нагрузки на критические органы человека внутри модулей МКС был разработан шаровой фантом, выполненный из тканезквивалентного материала с химическим составом, соответствующим ГОСТ 18622-79 [14]. Фантом доставили на борт МКС в 2003 г. в соответствии с программой КЭ «Матрешка-Р». Масса оснащенного фантома составляла 32 кг, плотность 1,1 г/см³, его внешний диаметр был равен 350 мм. Данные о составе шарового фантома представлены в табл. 2.

Подробное описание конструктивных особенностей фантома, тип и количество используемых детекторов можно найти в работе [15].

Для определения характеристик нейтронного излучения на борту МКС был разработан специальный комплекс НА «Баббл-дозиметр», включающий в себя набор из 8 детекторов, заполненных специальным гелем, и пульт для считывания информации с этих детекторов.

Пульт НА «Баббл-дозиметр» позволяет автоматически идентифицировать детекторы, фиксировать время начала и окончания измерений, а также подсчитывает количество пузырьков в детекторах и интегральную эквивалентную дозу в каждом детекторе с учетом его индивидуальной чувствительности. Лицевая сторона пульта оснащена жидкокристаллическим (ЖК) сенсорным дисплеем для ввода/вывода информации во время работы космонавтов с детекторами. Пульт «Баббл-дозиметр» оснащен картой памяти ММС, на которую записываются результаты измерений и файлы с изображениями детекторов. По окончании каждой экспедиции карта памяти возвращается на Землю для обработки результатов.

Детекторы НА «Баббл-дозиметр» дают возможность определять интегральную эквивалентную дозу за период экспонирования в диапазоне от 60 кэВ до 50 МэВ (дозиметрические детекторы), а также энергетический спектр в этом же диапазоне энергии (6 пороговых спектрометрических детекторов) для оценки вклада в суммарную дозу нейтронов различной энергии. Более подробно с составом НА «Баббл-дозиметр», характеристиками детекторов, методикой их калибровки и принципом регистрации нейтронов в детекторах можно ознакомиться в работах [16–19].

Научная аппаратура «Люлин-5» позволяет определять спектр линейной передачи энергии (ЛПЭ), потоки и мощности поглощенных доз от электронов, протонов и ТЗЧ на 3 глубинах в экваториальных каналах шарового фантома [11]. «Люлин-5» состоит из блока электроники и детекторного блока. Блок электроники представляет собой моноблок, состоящий из жидкокристаллического индикатора (ЖКИ) – дисплея и органов управления блоком. В памяти прибора запрограммировано 2 режима работы:

- стандартный режим измерения дозы и потока частиц с временным разрешением 90 с и циклом измерения выделившейся энергии и спектра ЛПЭ около 85 мин;
- режим ускоренных измерений – с временным разрешением 20 с и циклом измерения выделившейся энергии и спектра ЛПЭ около 15 мин. Данный режим измерений используется при пересечении МКС зоны Южно-Атлантической магнитной аномалии (ЮАМА).

Переключение между режимами осуществляется автоматически.

Внутри блока электроники находится карта памяти, которая возвращается для обработки данных на Землю в конце каждой экспедиции МКС.

Детекторный блок НА «Люлин-5» состоит из 3 полупроводниковых детекторов (обозначенных как D1, D2, D3), расположенных таким образом, что образуют телескоп заряженных частиц с чувствительной толщиной 360–370 мкм и диаметром

около 17,2 мм [20]. Позиция детекторов D1 и D2 внутри фантома (детектор D1 расположен на глубине 40 мм, D2 – на глубине 60 мм от поверхности фантома) соответствует примерной глубине расположения кровеносных органов в теле человека [5]. Детектор D3 располагается близко к центру фантома.

Спектр выделившейся энергии в детекторах D1 и D2 НА «Люлин-5» используется для определения спектра ЛПЭ в кремнии, который затем пересчитывается в ЛПЭ в воде и определяется коэффициент качества излучения $Q(L)$ для последующего определения дозового эквивалента H .

Эквивалентная доза от заряженных частиц H определяется с использованием НА «Люлин-5» из выражения, заданного в отчете МКРЗ [5]:

$$H = DQ_{av}(L), \quad (1)$$

где D – поглощенная доза в точке (Гр); $Q_{av}(L)$ – усредненный коэффициент качества излучения, зависящий от ЛПЭ L .

В свою очередь, коэффициент качества определяется из выражения:

$$Q_{av} = \int \frac{Q(L)D(L)dL}{D}, \quad (2)$$

где D – поглощенная доза (Гр); L – линейная передача энергии, кэВ/мкм.

Для определения эквивалентной амбиентной дозы, полученной с использованием спектрометрических детекторов НА «Баббл-дозиметр», применялась матрица отклика детекторов и конверсионные коэффициенты из отчета ICRP-74 [20]. Расположение детекторов НА «Баббл-дозиметр» и детекторного блока НА «Люлин-5» внутри шарового фантома показаны на рис. 1, 2.

Измерения проходили с мая по август 2013 г. в период экспедиций МКС-35/36 и с сентября 2014 г. по март 2015 г. в период экспедиций МКС-41/42. В течение всего этого периода в одном из экваториальных каналов шарового фантома находился детекторный блок НА «Люлин-5», а в трех других располагались дозиметрические или спектрометрические детекторы НА «Баббл-дозиметр».

Учитывая, что для определения энергетического спектра нейтронов в диапазоне энергии от 60 кэВ до 50 МэВ необходимы данные со всех 6 спектрометрических детекторов НА «Баббл-дозиметр», а свободных экваториальных каналов в шаровом фантоме было всего 3, измерения проводились по следующей схеме:

- в одном сеансе в фантоме размещалось 3 спектрометрических детектора из 6, измеряющие «нижнюю» область спектра (диапазон энергии от 60 кэВ до 600 кэВ);

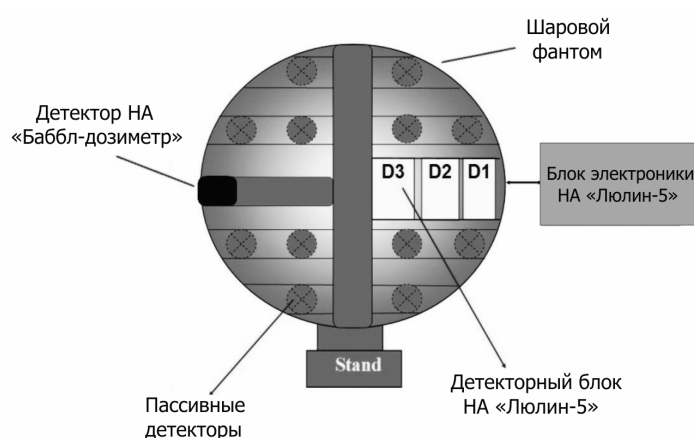


Рис. 1. Схематическое расположение детекторов внутри шарового фантома



Рис. 2. Расположение детекторного блока НА «Люлин-5» (слева) и детектора НА «Баббл-дозиметр» (справа) внутри шарового фантома в модуле «Рассвет» РС МКС

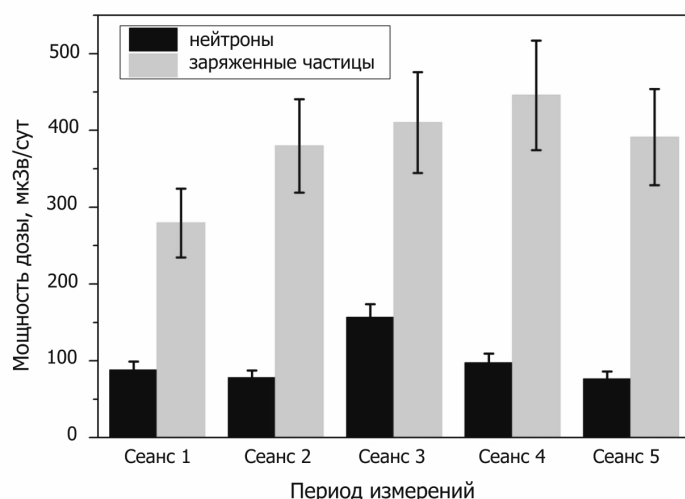


Рис. 3. Усредненные мощности дозы от заряженных частиц и нейтронного излучения внутри шарового фантома

— в следующем сеансе в фантоме размещались другие 3 спектрометрических детектора, измеряющие «верхнюю» область спектра (от 600 кэВ до 50 МэВ);

— по итогам 2 сеансов данные объединялись для определения спектра во всем исследуемом диапазоне энергии.

В каждом из сеансов измерений космонавт выполнял следующие операции:

- активацию детекторов;
- регистрацию каждого из детекторов в считывающем устройстве (пульте) посредством помещения детектора в «гнездо» для считывания информации с штрих-кодов и фиксации времени начала экспозиции;
- размещение детекторов в экваториальных каналах фантома и на его поверхности, фотографирование;
- экспозицию детекторов в течение примерно 7 сут;
- сбор детекторов и считывание информации в пульте;
- перевод детекторов в пассивное состояние хранения до следующего сеанса КЭ.

При этом, учитывая, что данные от спектрометрических детекторов за 2 сеанса измерений «сшивались» в один, фактически можно говорить о 4 полноценных сеансах измерений.

Информация о данных измерений по каждому из детекторов записывалась на карту памяти, которая по окончании каждой экспедиции возвращалась на Землю. Кроме того, для оперативного анализа информации данные считывались экипажем с дисплея пульта НА «Баббл-дозиметр» и передавались на Землю по каналам связи.

При этом в некоторых сеансах внутри и на поверхности фантома располагались также интегральные дозиметрические детекторы. Детекторный блок НА «Люлин-5» располагался в шаровом фантоме постоянно.

Интервал между сеансами не превышал 21 сут, в эти периоды не проводилась коррекция орбиты МКС, а также не было отмечено возмущений радиационных условий. Все эти факторы подтверждают, что внешние условия были одинаковы за время проведения измерений внутри фантома.

Результаты и обсуждение

На рис. 3 графически представлены среднесуточные мощности эквивалентной дозы от заряженных частиц и нейтронного излучения внутри шарового фантома.

Как видно из рисунка, вклад нейтронов в общую эквивалентную дозу колебался от 17

до 28 %. Отметим, что максимальный вклад нейтронов (28 %) был зарегистрирован в сеансе, когда использовались детекторы НА «Баббл-дозиметр» с истекающим рабочим ресурсом, что могло привести к увеличению погрешности измерений. Этот факт подтверждался наличием несхлопнувшихся пузырьков при инициализации детекторов (около 20 пузырьков).

Как было показано в работе [13], энергетический спектр нейтронного излучения внутри фантома «жестче», чем на его поверхности, и основной вклад в эквивалентную дозу вносят высокоэнергетические нейтроны с энергией выше 15 МэВ (от 86 до 100 %). Этот результат авторы объясняли эффективным замедлением низкоэнергетических нейтронов на атомах элементов, входящих в состав фантома, выведением их в более низкую часть спектра (менее 60 кэВ) и поглощением в веществе фантома. В то же время происходит дополнительная генерация вторичных нейтронов высоких энергий в веществе фантома.

Данные НА «Люлин-5» хорошо сходятся с ранее полученными результатами [21], в то же время мощность эквивалентной дозы от нейтронов внутри фантома в период МКС-35/36 и МКС-41/42 незначительно выше мощности эквивалентной дозы внутри фантома в период МКС-13/15. Суммарная мощность эквивалентной дозы от заряженных частиц и нейтронов подтверждает данные о средних мощностях дозы на МКС в диапазоне от 0,3 до 0,6 мкЗв/сут [22]. В то же время полученные данные хорошо согласуются с результатами измерений детекторов НА «Баббл-дозиметр» и американского тканеэквивалентного пропорционального счетчика ТЕРС [17], где сообщалось, что доза от нейтронов составляет около 30 % от полной дозы, определяемой данным прибором.

Выводы

Установлено, что вклад нейтронов в общую эквивалентную дозу составляет от 17 до 28 %, причем основной вклад вносят нейтроны с энергией выше 15 МэВ (вклад составляет от 86 до 100 %) [13]. Эти уникальные данные дополняют результаты совместных измерений американского тканеэквивалентного счетчика ТЕРС и детекторов НА «Баббл-дозиметр» в модуле «Звезда» РС МКС, где было установлено, что нейтроны вносят примерно 30 % в общую дозу внутри модулей МКС.

Результаты измерений эквивалентной дозы от заряженных частиц и нейтронного излучения внутри шарового фантома, полученные в период МКС-35/36 и МКС-41/42, хорошо согласуются с ранее полученными данными.

Для подтверждения полученных уникальных данных планируется продолжение одновременных

измерений внутри фантома с использованием НА «Люлин-5» и НА «Баббл-дозиметр» в период следующих экспедиций МКС.

Список литературы

1. Модель космоса / М.И. Панасюк, Л.С. Новиков, ред. 8-е изд. М., 2007.
Space model / M.I. Panasyuk, L.S. Novikov, eds. 8th ed. Moscow, 2007.
2. Lyagushin V.I., Dudkin V.E., Potapov Yu.V., Sevastianov V.D. Russian measurements of neutron energy spectra in the Mir orbital station // Rad. Measurements. 2001. № 33. P. 313–319.
3. Лягушин В.И., Юшков Б.Ю. Измерение потоков нейтронов альbedo атмосферы Земли и в Южно-Атлантической магнитной аномалии на орбитальной станции // Изв. АН. Энергетика. 2011. № 3. С. 75–81.
Lyagushin V.I., Yushkov B.Yu. Measurement of albedo neutrons flux from the Earth atmosphere and in the South-Atlantic anomaly onboard orbital station // Izvestiya AN. Energetics. 2011. № 3. P. 75–81.
4. Armstrong T.W., Colborn B.L. Predictions of secondary neutrons and their importance to radiation effects inside the International space station // Rad. Measurements. 2001. № 33. P. 229–234.
5. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. 1991.
6. Badhwar G.D., Keith J.E., Cleghorn T.F. Neutron measurements onboard the space shuttle // Rad. Measurements. 2001. № 33. P. 235–241.
7. Шафиркин А.В., Григорьев Ю.Г. Межпланетные и орбитальные полеты. Радиационный риск для космонавтов. Радиобиологическое обоснование. М., 2009.
Shafirkin A.V., Grigoryev Yu.G. Interplanetary and orbital space flights. Radiation risk for cosmonauts. Radiological validation. Moscow, 2009.
8. Dudkin V.E. et al. Differential neutron energy spectra measured on spacecraft in low earth orbit // Nuclear Tracks Radiation Measurements. 1990. V. 17. P. 87–91.
9. ГОСТ 25645.203-83. Безопасность радиационная экипажа космического аппарата в космическом полете. Модель тела человека для расчета тканевой дозы. Госстандарт. М., 1984.
GOST 25645.203-83. Space crew radiation safety. The human body model for tissue dose calculation. Gosstandart. Moscow, 1984.
10. Matthia D., Berger T., Reitz G. Organ shielding and doses in low-earth orbit calculated for spherical and anthropomorphic phantoms // Adv. in Space Res. 2013. V. 52. P. 528–535.
11. Semkova J., Koleva R., Maltchev St. et al. Radiation measurements inside a human phantom aboard the International Space Station using Liulin-5 charged particle telescope // Adv. in Space Res. 2010. V. 45. P. 858–865.

12. Черных И.В., Лягушин В.И., Акатов Ю.А. и др. Результаты измерения дозы нейтронов внутри Российского сегмента Международной космической станции в эксперименте «Матрешка-Р» с использованием пузырьковых детекторов // *Авиакосм. и экол. мед.* 2010. Т. 44. № 3. С. 12–17.

Chernykh I.V., Lyagushin V.I., Akatov Yu.A. et al. Results of measuring neutron dose inside the Russian segment of the International Space Station using bubble detectors in experiment Matryeshka-R // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2010. T. 44. № 3. P. 12–17.

13. 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. Т. 2. № 9. С. 51–63.

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 using bubble detectors during «Matryoshka-R» experiment on the Russian segment of the ISS // *Kosmicheskaya tekhnika i tekhnologii*. 2015. V. 2. № 9. P. 51–63.

14. ГОСТ 18622-79. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Химический состав тканезквивалентного вещества. Госстандарт. М., 1980.

GOST 18622-79. Interaction of ionizing radiation with matter. Chemical composition of the tissue-equivalent matter. Gosstandart. Moscow, 1980.

15. Карцев И.С., Акатов Ю.А., Еременко В.Г. и др. Шаровой фантом для исследования радиационной обстановки в космическом пространстве. Конструктивные особенности // *Ядерные измерительно-информационные технологии*. 2005. Т. 4. № 16. С. 36–45.

Kartsev I.S., Akatov Yu.A., Yeremenko V.G. et al. Spherical phantom for research of the radiation environment in space. The constructive features // *Yadernye izmeritelno-informatsionnye tekhnologii*. 2005. V. 4. № 16. P. 36–45.

16. Хулапко С.В., Лягушин В.И., Архангельский В.В. и др. Результаты измерения дозы и энергетического спектра нейтронов внутри Российского сегмента Международной космической станции в эксперименте «Матрешка-Р» с использованием пузырьковых детекторов в период экспедиций МКС-24–34 // *Авиакосм. и экол. мед.* 2014. Т. 48. № 2. С. 52–56.

Khulapko S.V., Lyagushin V.I., Arkhangelsky V.V. et al. Results of measuring neutrons doses and energy spectra inside Russian segment of ISS in experiment «Matryoshka-R» using bubble detectors during the ISS-24–34 missions // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2014. V. 48. № 2. P. 52–56.

17. Smith M.B., Khulapko S., Andrews H.R. et al. Bubble-detector measurements in the Russian segment of the International Space Station during 2009–12 // *Radiation Protection Dosimetry*. 2014. V. 1. P. 1–13.

18. Ing H. Neutron measurement using bubble detectors - terrestrial and space // *Rad. Measurements*. 2001. V. 33. P. 275–286.

19. Smith M.B., Akatov Yu., Andrews H.R. et al. Measurements of the neutron dose and energy spectrum on the International space station during expeditions ISS-16 to ISS-21 // *Radiation Protection Dosimetry*. 2013. V. 153. № 4. P. 509–533.

20. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74. 1996.

21. Semkova J., Maltchev St., Bankov N. et al. Depth dose measurements with the Liulin-5 experiment inside the spherical phantom of the Matroshka-R project onboard the International Space Station // *Adv. in Space Res.* 2012. V. 49. № 3. P. 471–478.

22. Методические указания МУ 2.6.1. 44-03-2004 Ограничение облучения космонавтов при околоземных космических полетах. М., 2004

Methodological instructive regulations MU 2.6.1. 44-03-2004 Cosmonauts irradiation limitations during the low Earth orbit flights. Moscow, 2004.

Поступила 20.07.2015

COMPARISON OF DOSE EQUIVALENTS FROM CHARGED PARTICLES AND NEUTRONS INSIDE THE SPHERICAL TISSUE-EQUIVALENT PHANTOM ON THE RUSSIAN SEGMENT OF THE INTERNATIONAL SPACE STATION

Khulapko S.V., Lyagushin V.I., Arkhangelsky V.V., Shurshakov V.A., Nikolaev I.V., Semkova J., Smith M., Machrafi R.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 47–52

Dose equivalents from charged particles and neutrons measured with Lyulin-5 and a bubble-dosimeter inside the spherical tissue-equivalent phantom were compared within Russian space experiment Matryoshka-R. Measurements were made during main the International space station (the ISS) missions 35/36 (March – September, 2013) and 41/42 (September, 2014 – March, 2015) when the phantom spent time in the Small Research Module (MIM1) of the ISS RS. The daily average rate of neutron dose equivalent in phantom tunnels varies between 77 ± 13 to $157 \pm 25 \mu\text{Sv/d}$ constituting 17 to 28 % of full dose.

Key words: bubble-dosimeter, Lyulin-5, Matryoshka-R, neutron radiation, dose equivalent, spherical phantom, radiation safety.

УДК 613.6

ВЛИЯНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПРИЕМА ПРЕБИОТИКА ЭУБИКОРА НА СОСТОЯНИЕ МИКРОФЛОРЫ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ С ИЗОЛЯЦИЕЙ

Смирнов С.К., Ильин В.К., Усанова Н.А., Орлов О.И.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
E-mail: ilyin@imbp.ru

Целью является исследование эффективности использования пребиотика Эубикора в качестве средства профилактики дисбактериозов у членов экипажа в измененных условиях обитания.

Эффективность пребиотика исследовалась у волонтеров в замкнутом гермообъекте. На фоне приема Эубикора наблюдали активацию облигатной флоры, отмечали снижение колебаний микрофлоры кишечника и время элиминации патогенной флоры.

Ключевые слова: пребиотики, обитаемые гермопомещения, микрофлора.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 53–56.

В герметично замкнутом объекте со стандартным пищевым рационом и питьевой водой, ограничением использования гигиенических процедур и замкнутой системой ревитализации воздуха происходят изменения физических и химических составляющих среды [1]. Длительное пребывание человека в таких условиях может привести к неблагоприятным сдвигам в составе аутофлоры, ослаблению защитных сил организма и повышению восприимчивости к возбудителям инфекции, в том числе и к представителям собственной микрофлоры. Любое воздействие, понижающее жизнедеятельность организма человека, нарушает бактериальное равновесие нормальной микрофлоры. Это обстоятельство определяет необходимость проведения коррекции микробиоценоза человека, включая пребиотические средства [2].

Целью работы является исследование эффективности использования пребиотика Эубикора в качестве средства профилактики дисбактериозов.

Исследовалась эффективность пребиотика Эубикора для коррекции изменений микробиоценоза кишечника, в том числе вызванных экстремальными условиями. Пребиотические средства более комплементарны организму, чем пробиотики, поскольку они содействуют росту аутохтонной микрофлоры, а не привносят в организм чужеродные микроорганизмы, которые в значительном количестве случаев не приживляются и не дают долговременного эффекта [3].

Методика

Члены экипажа эксперимента «Марс-500» принимали пребиотик Эубикор 2 раза в день (утром и вечером) в форме пакетиков 3,0 г по 2 пакетика за прием в течение 2 нед.

Исследование микрофлоры фекалий проводили по следующей методике. Навеску свежих фекалий (не более 2–3 ч хранения в холодильнике) разводили в 10 раз стерильным буфером. Из основного разведения фекалий делали последующие 10-кратные разведения до 10^{-10} . Из разведений проводили высевы на различные питательные среды для количественного учета отдельных групп микроорганизмов. Определение бифидобактерий проводили в высоком столбике среды Блаурок. Бифидобактерии определяли на основании культуральных, морфологических и биохимических свойств. Учет молочнокислых палочек проводили на среде МРС с использованием метода нанесения капель, для чего из 1–6 разведений фекалий наносили на поверхность плотной питательной среды в чашки. Посевы выращивали в течение 2 сут в анаэробных условиях в термостате при температуре 37 °С. Кишечную палочку учитывали на среде Эндо. Для определения стафилококка применяли среду маннитол-солевой агар. 1–3 разведения фекалий наносили на поверхность питательной среды и растирали шпателем. Для определения дрожжевых и дрожжеподобных грибов применяли среду Сабуро. Микрофлора кровных тканей и слизистых оболочек исследовалась с использованием тампонов, с последующим пересевом биоматериала на питательные среды с целью идентификации стафилококков, стрептококков, грамотрицательных палочек и дрожжей.

Результаты и обсуждение

Результаты представлены в табл. 1 и 2. В условиях гермозамкнутого объекта в состоянии микробиоценозов слизистых оболочек полости носа, а также рта и зева у членов экипажа отмечались признаки активации условно-патогенного компонента, представленного стафилококками и грамотрицательными бактериями. Со стороны стафилококковой

Таблица 1

**Результат исследований кокковой флоры покровных тканей и слизистых оболочек у волонтеров
в эксперименте «Марс-500»**

Волонтер	Культура	Начало приема пребиотика Эубикора	Окончание приема пребиотика Эубикора	14-е сутки после эксперимента
Слизистая оболочка носа				
Оператор 1	<i>Staphylococcus aureus</i>	10 ⁵	Нет роста	10 ⁴
Оператор 2	<i>S. aureus</i>	10 ²	Нет роста	10 ¹
Оператор 3	<i>Streptococcus spp.</i>	10 ⁴	Нет роста	
Оператор 4	<i>Staphylococcus sp.</i>	10 ⁴	10 ⁸	10 ⁶
Оператор 5	<i>Staphylococcus sp.</i>	10 ⁸	10 ⁶	10 ⁶
Оператор 6	<i>S. aureus</i>	10 ⁸	Нет роста	10 ⁴
Слизистая оболочка глотки				
Оператор 1	<i>S. aureus</i>	10 ¹	10 ¹	10 ³
Оператор 2	<i>S. aureus</i>	10 ²	10 ²	10 ²
Оператор 3	<i>S. haemoliticus</i>	10 ³	10 ¹	Нет роста
Оператор 4	<i>S. aureus</i>	10 ⁵	Нет роста	Нет роста
Оператор 5	<i>S.aureus</i>	10 ⁵	10 ⁵	Нет роста
Оператор 6	<i>S. aureus</i>	10 ³	10 ³	10* ¹
Кожа (паховая область)				
Оператор 1	<i>S. aureus</i>	Нет роста	Нет роста	10 ⁶
Оператор 2	<i>Streptococcus spp</i>	10 ⁷	Нет роста	Нет роста
Оператор 3	<i>S. aureus</i>	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁷
Оператор 4	<i>S. aureus</i>	Нет роста	10 ⁸	Нет роста
Оператор 5	<i>Staphylococcus sp.</i>	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸
Оператор 6	<i>S. aureus</i>	Нет роста	10 ⁸	Нет роста
Кожа (подмышечная впадина)				
Оператор 1	<i>Streptococcus spp.</i>	10 ⁵	Нет роста	Нет роста
Оператор 2	<i>S. aureus</i>	10 ³	10 ³	10 ²
Оператор 3	<i>S. aureus</i>	10 ⁴	Нет роста	Нет роста
Оператор 4	<i>Staphylococcus sp.</i>	10 ⁸	10 ⁷	10 ³
Оператор 5	<i>Staphylococcus sp.</i>	10 ⁸	Нет роста	Нет роста
Оператор 6	<i>S. aureus</i>	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁸
Общая характеристика изменений микробиоценоза у волонтеров			Количество случаев	
Улучшение			14	7
Ухудшение			5	7
Без изменений положительных характеристик				0
Без изменений отрицательных характеристик				2

Таблица 2

**Результат исследований микрофлоры кишечника у волонтеров в эксперименте «Марс-500»
(колониеобразующие единицы на 1 г фекалий)**

Волонтер	Культура	Норма	Начало приема пребиотика Эубикора	Окончание приема пребиотика Эубикора	14-е сутки после эксперимента
Оператор 1	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^8	10^6	10^8
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^4	10^4	10^4
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	Нет роста	Нет роста	10^3
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	10^5	Нет роста	Нет роста
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^8
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^4	10^6	10^6
Оператор 2	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^6	10^6	10^8
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^6	10^3	10^8
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	10^5	10^5	Нет роста
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	10^4	Нет роста	10^5
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^9
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^6	10^7	10^6
Оператор 3	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^8	10^8	10^8
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^8	10^8	10^4
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	10^5	10^5	10^4
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	нет роста	Нет роста	Нет роста
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^9
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^7	10^7	10^7
Оператор 4	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^8	10^6	$<10^4$
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^4	10^4	10^4
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	10^3	10^3	Нет роста
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	Нет роста	Нет роста	Нет роста
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^8
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^6	10^4	10^4
Оператор 5	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^6	10^6	10^8
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^4	10^6	10^8
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	10^5	10^3	10^5
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	10^5	10^5	10^8
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^8
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^7	10^7	10^6
Оператор 6	Кишечные палочки	$10^6, 10^7$	10^6	10^6	10^6
	<i>S. faecalis</i>	$10^6, 10^7$	10^7	10^7	10^7
	<i>S. aureus</i>	$<10^5$	10^4	10^4	10^3
	<i>S. haemoliticus</i>	$<10^5$	10^4	10^5	Нет роста
	Бифидобактерии	$10^8, 10^9$	10^8	10^8	10^9
	Лактобациллы	$10^6, 10^7$	10^6	10^7	10^6
Общая характеристика изменений микробиоценоза у волонтеров				Количество случаев	
Улучшение				9	7
Ухудшение				3	13
Без изменений положительных характеристик				9	
Без изменений отрицательных характеристик				1	

Таблица 3

**Характеристика изменений состава микрофлоры у волонтеров в эксперименте «Марс-500»
при приеме пребиотика Эубикор**

Общая характеристика изменений микробиоценоза	Сравнение окончания приема препарата с фоном	Сравнение 14-суточного последствия с окончанием приема препарата
Улучшение	23	14
Ухудшение	3	20
Без изменений отрицательных характеристик		9
Без изменений положительных характеристик		3

флоры имело место возрастание массивности ранее имевшихся очагов в результате колонизации стафилококков или образование новых очагов в результате колонизации экзогенными культурами, источниками которых служили другие члены экипажа.

Как следует из данных, представленных в таблицах, в условиях изоляции в герметично замкнутом объекте фактором риска для слизистой оболочки глотки и носа являлось снижение уровня колонизационной резистентности. Это проявлялось главным образом в количественном увеличении золотистого стафилококка, развивавшегося на фоне количественного уменьшения бактерий защитной группы.

На фоне приема Эубикора отмечали активацию облигатной флоры, снижение колебаний микрофлоры кишечника и времени элиминации патогенной флоры. Максимальная доза Эубикора приводит к наиболее быстрой коррекции микробиоценоза с улучшением состояния через месяц после приема (табл. 3).

Выводы

1. В эксперименте с изоляцией у волонтеров при приеме Эубикора отмечали активацию облигатной флоры, снижение колебаний микрофлоры кишечника и времени элиминации патогенной флоры.

2. Используемая доза Эубикора приводила к быстрой коррекции микробиоценоза с улучшением состояния через 2 недели после приема.

Список литературы

1. Ильин В.К., Воложин А.И., Виха Г.В. Колонизационная резистентность организма в измененной среде обитания. М., 2005.

Ilyin V.K., Volozhin A.I., Vikha G.V. Colonization resistance of the organism in modified environment. Moscow, 2005.

2. Ильин В.К., Суворов А.Н., Кирюхина Н.В. и др. Аутопробиотики как средство профилактики инфекционно-воспалительных заболеваний у человека в

искусственной среде обитания // Вестник РАМН. 2013. № 2. С. 56–62.

Ilyin V.K., Suvorov A.N., Kiryukhina N.V. et al. Autoprobiotics as a means of prevention of infectious and inflammatory diseases in humans in an artificial environment // Vestnik RAMN. 2013. № 2. P. 56–62.

3. Гриневиц В.Б., Сас Е.И., Лубашев Я.А., Дячук А.В. Применение Эубикора в составе комплексной терапии больных неалкогольным стеатогепатитом для коррекции нарушений липидного и углеводного видов обмена // Медицинский альманах. 2008. № 1.

Grinevich V.B., Sas E.I., Lubashev Ya.A., Dyachuk A.V. Eubikor application in the complex therapy of patients with non-alcoholic steatohepatitis for the correction of lipid and carbohydrate metabolism types // Meditsinskiy almanakh. 2008. № 1.

Поступила 15.06.2015

EFFECT OF PROPHYLACTIC CONSUMPTION OF PREBIOTIC EUBIKOR ON MICROFLORA IN AN EXPERIMENT WITH ISOLATION

Smirnov S.K., Ilyin V.K., Usanova N.A., Orlov O.I.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 53–56

The purpose is to evaluate benefits from prebiotic Eubikor (a biologically active substance) as an anti-disbacteriosis agent for human subjects exposed to changed environments.

Effectiveness of the prebiotic was tested in volunteers for a chamber experiment. Eubikor was found to activate obligatory flora, to decrease variations in intestinal microflora and to reduce time for elimination of pathogens.

Key words: prebiotics, habitable hermetic chambers, microflora.

УДК 613.693+159.9.072.43

МЕЖЛИЧНОСТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ АУТОНОМНОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МЕЖПЛАНЕТНОГО ПОЛЕТА (ЭКСПЕРИМЕНТ «МАРС-500»)

Кузнецова П.Г., Гущин В.И., Виноходова А.Г., Чекалина А.И., Швед Д.М.

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва
E-mail: polina_ky@mail.ru

В работе рассматривается влияние социального статуса и уровня психологической устойчивости человека на его коммуникативное поведение применительно к условиям космического полета. Проводился ретроспективный анализ результатов эксперимента «Марс-500», 6 участников которого находились в длительной изоляции при моделировании межпланетного полета. Использовались сочетание классических социально-психологических методик и наблюдения за поведением обследуемых (анализ видеозаписей). Выявлена связь коммуникативного поведения членов экипажа с уровнем личной тревожности и социальным положением в изолированной малой группе.

Ключевые слова: длительная изоляция, коммуникативные стратегии, психологическая устойчивость, тревожность, лидерство, видеонаблюдение.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 57–63.

Проблема адаптации человека к экстремальным условиям среды обитания приобрела особую остроту в современных условиях существования и деятельности человека. Вопросы изучения изолированных малых групп (экипажи космических кораблей, подводных лодок и т.п.) занимают важное место в ряду задач психологии в XXI в. В настоящее время общепризнанно, что наиболее значимой медицинской и психологической проблемой межпланетного полета к Марсу является фактор автономности [1]. Сохранение эффективности взаимодействия и оптимального психологического климата в изолированной малой группе в условиях длительного автономного полета имеет большое значение для успешного выполнения программы экспедиции.

Фактор высокой автономности в межпланетном полете характеризуется риском для жизни и здоровья, отсутствием опыта подобных экспедиций, большой длительностью полета, жесткими ограничениями потребления и невозможностью допоставки жизненно важных ресурсов (воды, пищи, медикаментов, запасов для систем жизнеобеспечения, топлива и т.д.), невозможностью досрочного возвращения на Землю, нарастающими задержками коммуникаций с Землей. По мнению многих специалистов [1–3], это может усугубить негативное

влияние на членов экипажа уже известных факторов орбитального полета.

Классические психологические исследования территориального поведения в ограниченном пространстве [4, 5] показали, что в экстремальных условиях изоляции человек оказывается перед лицом диалектического противоречия потребностей: с одной стороны, в частной жизни, персональном пространстве и уединении и, с другой стороны, в аффилиции, проявляемой открытостью и экспрессивностью в общении. Аффилиативная (желание теплых, доверительных, эмоционально значимых отношений с другими людьми) и коммуникативная потребности человека особенно обостряются при длительном пребывании в гермокамере, нарастании сенсорной депривации, монотонии, ослаблении социальной поддержки близких, недостатке персонального пространства и навязанном характере контактов [6, 7]. В автономном полете по вышеуказанным причинам эти социальные потребности могут быть реализованы в основном только внутри экипажа, в ходе непосредственного общения членов группы. Исследованиями территориального поведения в гермокамерах [4] показано, что возрастающая в экстремальных условиях личностная тревога может сопровождаться желанием увеличения персонального пространства и дистанцированием от других членов группы. Аналогичные данные были получены в экспериментах по программам HUBES-94 и SFINCSS-99 [8–10]. Исходя из этого, в соответствии с предварительной гипотезой коммуникативное поведение в автономной малой группе должно определяться, с одной стороны, возросшим уровнем социальных потребностей человека, а с другой – его личностными особенностями и психофизиологическим состоянием в экстремальных условиях обитания.

Ранее в качестве ведущего индивидуально-психологического свойства, определяющего успешную адаптацию к автономным условиям и выполнение задач экспедиции, была выделена способность к произвольной саморегуляции эмоционального состояния [11]. Показано, что испытуемые, обладающие способностью к произвольной саморегуляции своего состояния, в условиях, моделирующих

основные экстремальные факторы космического полета (КП), демонстрируют большую устойчивость к стрессу и более высокий уровень психической работоспособности [12].

Способность к саморегуляции, по нашему мнению, является частью психологической устойчивости как комплексного свойства человека. Понятие психологической устойчивости имеет важное значение при проведении профессионального психологического отбора. В работах отечественных психологов Л.С. Выготского, Л.Г. Дикой, Б.Ф. Ломова, В.Э. Чудновского и др. устойчивость и зрелость личности характеризуются как умение ориентироваться на определенные цели, организовать свою деятельность. С точки зрения психологического отбора к деятельности в экстремальных условиях (КП, зимовки, автономные плавания и т.п.) психологическая устойчивость чаще понимается как устойчивость к стрессу. Поэтому широкое распространение получили такие понятия, как введенная Г. Селье, Г. Лазарусом и др. стрессоустойчивость и используемая Е.П. Ильиным, М.И. Дьяченко, В.А. Пономаренко и др. эмоциональная устойчивость. В наших исследованиях тревожность рассматривается как свойство, противоположное психологической устойчивости. Преодоление тревожности характеризует способность индивидуума к саморегуляции. Исходя из этого, психологическая устойчивость определяется как способность личности противостоять тревоге, сохранять оптимальное психофизиологическое состояние и высокую работоспособность в экстремальных условиях, когда стрессовая нагрузка намного выше, чем в обычной жизни. В это понятие включаются эмоциональные, волевые и когнитивные компоненты, которые проявляются не только в устойчивости психики (резистентности к негативным воздействиям), но и в саморегуляции человеком собственного состояния. При этом определяющим фактором становится способность к овладению стрессом, или «совладающее поведение» (coping). Такое поведение в стрессовой ситуации является следствием как приобретения человеком соответствующего опыта, так и специального обучения и подготовки [13]. Индивидуумы не подчиняются пассивно требованиям среды, а управляют средой в зависимости от своих потребностей и возможностей. Поэтому способность к активному управлению и средой обитания, и эмоциональным состоянием в условиях стресса может служить показателем психологической устойчивости личности.

Целью работы являлось изучение особенностей коммуникативного поведения обследуемых в зависимости от уровня психологической устойчивости и группового (социометрического) статуса в автономных условиях.

Исследования проводились на основе анализа данных, полученных в ходе реализации

эксперимента «Марс-500» с участием международного экипажа из 6 добровольцев – мужчин в возрасте от 25 до 40 лет: 3 россиян, 2 представителей Европейского космического агентства (ЕКА): итальянца и француза и представителя Китайского космического агентства [1]. В ходе 520-суточной изоляции экипаж выполнял научную программу, включающую свыше 100 экспериментов, и мероприятия по профилактике неблагоприятного действия факторов КП. Автономные условия существования моделировались путем ограничения количества имеющихся у экипажа ресурсов (питания, расходных материалов, запчастей и пр.) и прекращения их допоставки, начиная с 36-х суток эксперимента. Впервые применительно к межпланетному полету с помощью компьютерной сети воссоздавалась нарастающая задержка связи Центра управления с экипажем, которая в ходе эксперимента достигала 16 мин. Кроме того, в 320–327-е сутки эксперимента моделировалось полное прекращение связи с экипажем («период высокой автономности»).

Методика

Для изучения социальных предпочтений в группе использовался классический социометрический опросник Дж. Морено, описанный в работе [14]. Участники эксперимента выбирали тех представителей группы, с которыми они хотели бы участвовать в аналогичных экспериментах с изоляцией (лидеров популярности для выполнения профессиональной деятельности), и тех, с кем бы хотели провести вместе досуг (неформальные, эмоциональные лидеры). Подсчитывался социометрический статус (популярность) каждого члена экипажа, который отражал успешность индивидуальной адаптации и ролевое распределение в группе. Опрос по методике проводился 1 раз в мес.

Для оценки психологической устойчивости каждого члена экипажа на этапе отбора и после окончания периода изоляции применялся компьютеризированный метод оценки способности к произвольной психофизиологической саморегуляции («Релаксометр») [15]. Наблюдая актуальное значение электрокожного сопротивления (в кОм), обследуемый должен расслабиться привычным ему способом за 5 мин и изменить (в сторону повышения) это значение. Регистрировались и рассчитывались следующие параметры: величина электрокожного сопротивления (ЭКС) в начале и в конце выполнения теста; средняя величина ЭКС за весь период теста; абсолютное изменение ЭКС (кОм) и относительное изменение ЭКС (%) – параметры, отражающие динамику ЭКС при выполнении теста «Релаксометр» и характеризующие способность к произвольной релаксации. Исследования по этой методике проводились до начала и по окончании эксперимента.

Таблица 1

Средние значения исследуемых показателей

Код испытателя	Социометрия:		Тревожность
	Работа	Досуг	
	Баллы (в среднем за период изоляции)		
R*	1,31	0,57	0,09
U*	0,92	1,82	0,88
E*	0,98	0,46	2,14
N	0,03	0,40	4,75
S	0,31	0,30	6,49
G	0,08	0,22	6,86

Примечание. Здесь и в табл. 2: * – социометрические лидеры.

Таблица 2

Время присутствия членов экипажа на видеозаписи за все время видеонаблюдения

Код испытателя	До 18.00	После 18.00	Суммарное время
R*	3.58.22	2.41.43	6.40.05
U*	9.58.41	7.31.30	17.30.11
S	4.08.54	1.54.47	6.03.41
E*	7.11.38	9.23.11	16.34.49
N	21.46.45	13.26.04	35.12.49
G	7.07.44	6.48.08	13.55.52

Примечание. Время указано в формате: часы, минуты, секунды.

Для выявления уровня тревожности использовался компьютеризированный тест цветовых выборов М. Люшера в модификации автора работы [16] (проводился 1 раз в 2 нед). Данная методика позволяет оценить текущее эмоциональное состояние и, в частности, интенсивность тревоги. Преимущество этого проективного метода заключается в том, что он позволяет избежать социально желательных ответов, характерных для опросников.

В материалах опубликованных исследований А.Г. Виноходовой, А.Ф. Быстрицкой и Т.М. Смирновой в 2003–2005 гг. показано, что устойчивость малой группы к информационному стрессу и ее адаптивность определяются способностью группы к самоорганизации, т.е. наличием развитой функционально-ролевой структуры и эффективного лидерства. В предшествующих экспериментах с менее длительной изоляцией акцент делался на изучении совместного решения так называемых ресурсных гомеостатических задач, требующих совместной деятельности членов группы [7]. Для моделирования подобной деятельности необходима коммуникация с экипажем, позволяющая экспериментатору выбирать уровень сложности задачи. При работе в условиях высокой автономности и сверхдлительной изоляции потребовались не прямые методы исследования поведения, не предусматривающие взаимодействия членов экипажа и группы исследователей. Поэтому для оценки межличностного взаимодействия (в том числе коммуникативного) применялся метод видеонаблюдения за поведением группы, обеспечивающий получение объективных данных об особенностях групповой динамики в условиях высокой автономности [17]. Для обеспечения соблюдения этических норм исследования было получено Информированное согласие участников эксперимента на проведение непрерывного 7-суточного видеонаблюдения. Но для сохранения приватности запись в личных каютах не производилась. В работе представлены результаты анализа видеозаписей из модулей наземного экспериментального комплекса (НЭК), где находятся кухня (столовая), кают-компания и коридор, ведущий в каюты. Эти отсеки интересны тем, что там чаще всего происходило нерегламентированное профессиональными задачами общение: прием пищи и совместный досуг. Взаимодействия носили преимущественно неформальный характер. Видеозапись осуществлялась непрерывно в период от подъема до отбоя в течение 1 нед.

С помощью метода наблюдения проанализированы видеозаписи 6 сут изоляции (в период отсутствия связи с Землей, 320–327-е сутки эксперимента), подсчитано количество контактов каждого члена экипажа с остальными участниками эксперимента в рабочее (8.00–18.00) и свободное время (18.00–23.00), количество инициируемых и принимаемых взаимодействий. К инициируемым

взаимодействиям относились вербальные коммуникации, которые субъект инициировал по отношению к другим членам экипажа. К принимаемым взаимодействиям – контакты, инициированные членами экипажа по отношению к субъекту.

Результаты и обсуждение

В исследуемой группе выявлена сильная корреляционная связь между уровнем тревожности и социометрическим статусом членов экипажа (-0,86893 по критерию «совместная работа» и -0,7925 по критерию «совместное проведение досуга»). Были выделены 2 подгруппы по 3 человека: социометрические лидеры с низким уровнем тревожности и менее популярные члены экипажа с более высокими показателями тревожности (табл. 1).

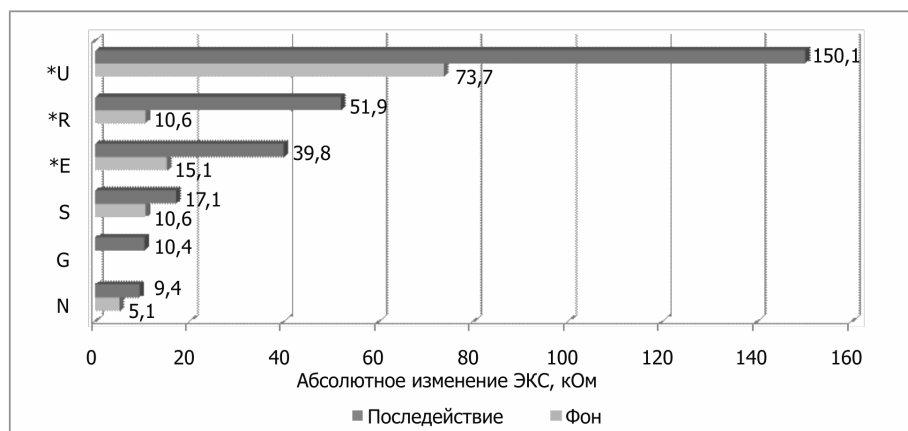


Рис. 1. Результаты теста «Релаксометр». Здесь и на рис. 2: * – социометрические лидеры

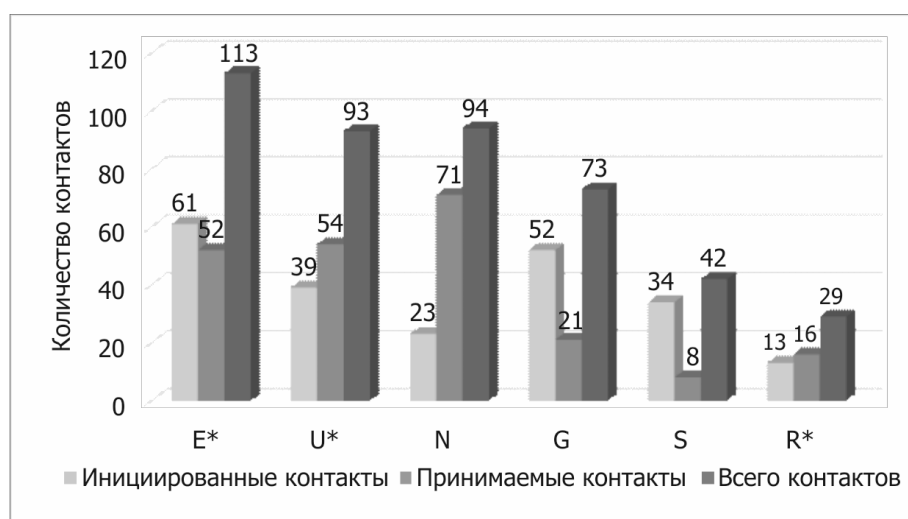


Рис. 2. Иницируемые и принимаемые контакты

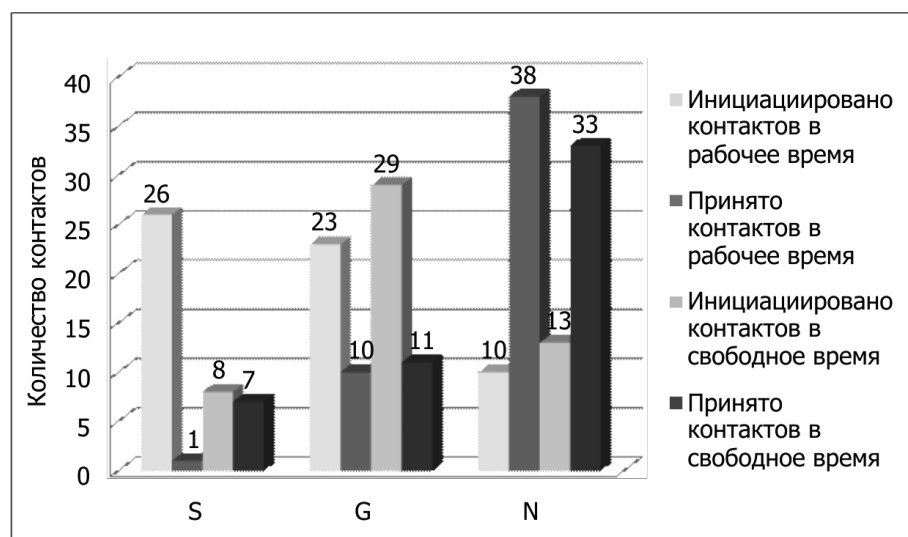


Рис. 3. Инициация и принятие контактов в рабочее и свободное время

У менее тревожных членов экипажа по результатам теста «Релаксометр» (рис. 1) наблюдались позитивные изменения способности к произвольной саморегуляции своего психофизического состояния. Они не только сохранили эту способность, но и значительно развили ее за время длительной изоляции. Повышение способности к саморегуляции, но менее выражено, проявилось и у 2 более тревожных обследуемых. С членом экипажа G фоновое исследование не проводилось.

При анализе видеозаписей обнаружилось, что менее популярные члены экипажа чаще инициировали общение, чем лидеры популярности (при сравнении количества инициируемых и принимаемых взаимодействий). Разница между количеством инициируемых и принимаемых взаимодействий совпадает с уровнем тревожности: чем менее тревожен человек, тем меньше взаимодействий он инициирует и тем больше взаимодействий он принимает, и наоборот (рис. 2, табл. 1).

При сравнении количества взаимодействий 2 менее популярных членов экипажа в рабочее и свободное время (рис. 3) видно, что один из них (S) инициировал и принимал взаимодействия в основном в рабочее время, тогда как другой (G) активно принимал участие в общении и в свободное время. Поэтому можно предположить, что S, так же как и один из лидеров популярности (R), в меньшей степени, чем остальные члены экипажа, использует общение в качестве способа снятия напряжения.

Данные одного из обследуемых (N) со средним уровнем тревожности представляют особый интерес (табл. 2). Этот член экипажа, в отличие от других участников, большую часть времени находился не в личной каюте, а в кают-компании, через которую члены экипажа проходили в другие помещения НЭК. Эта позиция и обусловила, что с ним зафиксировано больше всего контактов. Присутствие N вне каюты позволяло ему не оставаться в одиночестве и косвенно контролировать происходящее в группе. Следует особо указать, что в кают-компании он располагался в положении лицом к стене, спиной к пространству комнаты, работая за своим ноутбуком, чаще всего в наушниках. Позиция спиной к пространству комнаты привела к тому, что большинство из зафиксированных контактов были короткими и инициировались другими участниками.

Психологическая (эмоциональная) устойчивость – это не только способность к адаптации, но и способность личности поддерживать динамическое равновесие между сохранением адекватного поведения в эмоционально значимой ситуации (к которой безусловно относятся условия долговременной изоляции) и восстановлением и/или поддержанием комфортного эмоционального состояния [18].

Как показано ранее [19], работа в экстремальных условиях может положительно повлиять на

личностный рост человека. И психологическая устойчивость, необходимая для адаптации к неблагоприятным факторам, может развиваться, «тренироваться». Но степень ее развития, вероятно, зависит от успешности адаптации к стрессогенной среде. Наименее тревожные члены экипажа «Марс-500», являющиеся одновременно социометрическими лидерами, показали значительно большее развитие способности к саморегуляции.

Будучи психологически более устойчивыми, социометрические лидеры оказываются привлекательными для остальных членов экипажа в качестве партнеров по общению, поскольку могут оказывать на них благоприятное, эмоционально поддерживающее воздействие.

Исследования коммуникативного поведения, проведенные в ходе эксперимента «Марс-500» [17], показали, что профили невербального и вербального поведения (лицевая экспрессия, коллатеральные акты и коммуникации) соответствуют уровню социальной активности и социально-психологическому статусу в экипаже. Два члена экипажа с более высоким социометрическим статусом и меньшей тревожностью чаще других обследуемых вовлекались в межличностную коммуникацию. Они инициировали и принимали большее количество взаимодействий и много свободного времени проводили в зонах совместного пребывания (кают-компания и столовая). При этом их коммуникации отличались более выраженной мимической активностью, отражающей аффективную (эмоциональную) экспрессию.

Таким образом, по результатам видеоанализа показано, что социометрических лидеров изолированной малой группы отличает способность эффективно удовлетворять в ходе коммуникации потребность в аффиляции. Во-первых, демонстрируемое такими членами группы чувство уверенности привлекало тех, кто был психологически менее устойчив, люди тянулись к ним. Во-вторых, лидеры отличала повышенная открытость, эмоциональная экспрессивность. При этом в коммуникативном контакте они удовлетворяли и собственную потребность в доверительных, эмоционально значимых отношениях, формируя их своим позитивным, уверенным поведением.

Один из наиболее «социометрически» популярных членов экипажа (R) отличался наименьшим уровнем тревоги, но редко инициировал контакты, а свободное время предпочитал проводить в собственной каюте. Аналогичное поведение было характерно для ряда участников других гермокамерных экспериментов [8–10] и могло быть проявлением стратегии избегания навязанного общения, типичного для ситуации скученности. Такое поведение может быть отражением его роли функционального, а не эмоционального лидера в данной группе. В то же время коммуникативное поведение 2 других

социометрических лидеров, напротив, отражало их эмоциональное лидерство, способствующее созданию благоприятной атмосферы в малой группе.

Испытывая в ходе длительного пребывания в гермокамере социальную фрустрацию и связанную с этим тревогу, человек стремится контактировать и получить поддержку от тех членов группы, которые более расслаблены и чувствуют себя уверенно. Поэтому менее популярные члены экипажа более всего нуждались в контактах с лидерами, вероятно, для снижения уровня своей тревожности. Общаясь с малотревожными и излучающими доброе отношение лидерами, они удовлетворяли обостренную потребность в аффиляции и эмпатии. Этим объясняется коммуникативное поведение менее популярных членов экипажа, инициировавших большое количество контактов, чтобы получить поддержку. При этом с ними инициировалось меньшее количество взаимодействий, поскольку сами они в меньшей степени проявляли открытость и экспрессивность в контактах.

Применение различных коммуникативных стратегий определялось уровнем личной тревожности и статусом обследуемого в группе. Но независимо от этих характеристик проявлялось более (U, E, G) и менее (R, S) активное стремление к установлению контактов с другими членами экипажа. Это может объясняться рядом независимых переменных, таких, как принадлежность к определенной культуре, экстра- или интроверсия и т.д., однако данная проблема требует дальнейшего изучения.

Выводы

1. Стиль лидерства и способ индивидуальной адаптации в группе являются важными детерминантами успешности деятельности всей группы. Подтвердились полученные ранее данные о взаимосвязи уровня тревожности, способности к произвольной саморегуляции и успешности групповой адаптации.

2. Выявлены индивидуальные коммуникативные стратегии членов экипажа, связанные с уровнем тревожности и популярностью в группе.

3. Комплексное использование классических социально-психологических методов и видеоанализа группового поведения позволило всесторонне оценить успешность индивидуальной и групповой адаптации к условиям высокой автономности.

4. При отборе в экипаж межпланетной миссии необходимо учитывать, с одной стороны, уровень индивидуальной психологической устойчивости, а с другой – способность экипажа в целом противостоять стрессу и сохранять высокую эффективность при выполнении задач миссии.

Работа выполнена при финансовой поддержке РАН, тема 63.2.

Список литературы

1. Ушаков И.Б., Моруков Б.В., Бубеев Ю.А. и др. Основные результаты психофизиологических исследований в эксперименте «Марс-500» // Вестник РАН. 2014. Т. 84. № 3. С. 18–27.
2. Ushakov I.B., Morukov B.V., Bubeev Yu.A. et al. The main results of the psycho-physiological research in the experiment Mars-500 // Vestnik RAN. 2014. V. 84. № 3. P. 18–27.
3. Григорьев А.И., Демин Е.П., Быстрицкая А.Ф. и др. Некоторые принципы организации жизнедеятельности экипажа марсианской экспедиции // Авиакосм. и экол. мед. 2002. Т. 36. № 5. С. 3–7.
4. Grigoriev A.I., Demin E.P., Bystritskaya A.F. et al. Some principles of Mars mission crew life and performance organisation // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2002. V. 36. № 5. P. 3–7.
5. Kanas N., Manzey D. Space psychology and psychiatry. Springer, 2008.
6. Altman I., Taylor D.A., Wheeler L. Ecological aspects of group behavior in social isolation // J. of Applied Psychol. 1971. № 1. P. 76–100.
7. Palinkas L.A. The psychology of isolated and confined environments: understanding human behavior in Antarctica // Amer. Psychologist. 2003. № 58:5. P. 353–363.
8. Harrison F., Connors M. Groups in exotic environments // Adv. in Experim. Social Psychol. 1984. № 18. P. 49–87.
9. Новиков М.А. Психофизиологические и экопсихологические аспекты межличностного взаимодействия в автономных условиях // Проблема общения в психологии. М., 1981. С. 178–218.
10. Novikov M.A. Psychophysiological and ecopsychological aspects of interpersonal interactions in autonomous environment // Problem of communication in psychology. Moscow, 1981. P. 178–217.
11. Гущин В.И., Заприса Н., Колинченко Т.Б. и др. Динамика субъективного восприятия взаимоотношений в экипаже в условиях длительной изоляции // Авиакосм. и экол. мед. 1997. Т. 31. № 4. С. 23–29.
12. Gushchin V.I., Zaprisa N., Kolinichenko T.B. et al. The dynamics of the communicative interaction of crew with external parties during long-term isolation // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 1997. V. 31. № 4. P. 23–29.
13. Gushchin V.I., Pystinnikova J., Smirnova T.M. Interrelations between the small isolated groups with homogeneous and heterogeneous composition // J. of Human Performance in Extreme Environments. December, 2001. V. 6. № 1. P. 25–33.
14. Модельный эксперимент с длительной изоляцией: проблемы и достижения / В.М. Баранов, ред. М., 2001. Simulation of extended isolation: advances and problems / V.M. Baranov, ed. Moscow, 2001.
15. Хананашвили М.М., Виноходова А.Г., Гущин В.И., Сальницкий В.П. Новое в психологическом отборе, подготовке и комплектовании экипажа применительно к

условиям пилотируемой экспедиции на Марс // Вестник Рос. гуманитарного науч. фонда. 2008. № 1 (50). С. 137–146.

Khananashvili M.M., Vinokhodova A.G., Gushchin V.I., Salnitsky V.P. The novelty in crew psychological selection, training and manning as applied to the conditions of piloted expedition to Mars // Vestnik Rossiyskogo humanitarnogo nauchnogo fonda. 2008. № 1 (50). P. 137–146.

12. *Виноходова А.Г., Быстрицкая А.Ф., Смирнова Т.М.* Способность к психической саморегуляции как фактор устойчивости к стрессу в экстремальных условиях космического полета // Авиакосм. и экол. мед. 2005. Т. 39. № 5. С. 14–18.

Vinokhodova A.G., Bysritskaya A.F., Smirnova T.M. The ability for psychic self-regulation as a factor in resistance to stress in extreme conditions of space flight // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2005. V. 39. № 5. P. 14–18.

13. *Rivolier J.* Stress et anxiété: les faux-semblants. Paris, 1994.

14. Социально-психологический климат коллектива: Спецпрактикум по социальной психологии / Ю.М. Жуков, ред. М., 1981.

The socio-psychological atmosphere of the collective: Special practical work for the course of social psychology / Yu.M. Zhukov, ed. Moscow, 1981.

15. *Виноходова А.Г., Быстрицкая А.Ф., Смирнова Т.М.* Применение метода оценки индивидуальной стрессоустойчивости космонавтов в целях профессионального отбора специалистов для выполнения сложных и ответственных видов деятельности // Авиакосм. и экол. мед. 2007. Т. 41. № 6/1. С. 20–22.

Vinokhodova A.G., Bysritskaya A.F., Smirnova T.M. Application of the method for assessment of cosmonauts' individual stress-tolerance in purpose of professional selection of the specialists, performing difficult and responsible work // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2007. V. 41. № 6/1. P. 20–22.

16. *Собчик Л.Н.* Метод цветowych выборов – модификация восьмицветового теста Люшера: Практическое руководство. СПб., 2007.

Sobchik L.N. The method of color selection – modification of eight color Luscher test: A Practical Guide. St. Petersburg, 2007.

17. *Tafforin C., Vinokhodova A., Chekalina A., Gushin V.* Correlation of etho-social and psycho-social

data from «Mars-500» interplanetary simulation // Acta Astronautica. June–July. V. III. 2015. P. 19–28.

18. *Мальгина Л.Ф.* Эмоциональная устойчивость как средство формирования интеллектуальных способностей личности: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. Новосибирск, 2009.

Malgina L.F. Emotional stability as a means of creating the intellectual abilities of the individual // Avtoreferat dissertatsii ... kandidata psichologicheskikh nauk. Novosibirsk, 2009.

19. *Шольцова И., Виноходова А.Г.* Локус контроля, устойчивость к стрессу и личностный рост участников эксперимента «Марс-500» // Авиакосм. и экол. мед. 2013. Т. 47. № 3. С. 24–29.

Solcova I., Vinokhodova A.G. Control locus, stress resistance and personal growth of the participants in experiment Mars-500 // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina. 2013. V. 47. № 3. P. 24–29.

Поступила 15.10.2015

INTERPERSONAL INTERACTION IN THE CONDITION OF HIGH AUTONOMY SIMULATING A SPACE EXPLORATION MISSION («MARS-500» EXPERIMENT)

Kuznetsova P.G., Gushchin V.I., Vinokhodova A.G., Chekalina A.I., Shved D.M.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 57–63

The paper discusses the influence of social status and psychological stability on communicative behavior in space flight on the basis of retrospective analysis of the findings in "Mars-500" experiment with 6 subjects isolated for a period simulating a long-term exploration mission. Data were obtained using both classic social-psychological methods and observation of video recorded behavior. Communicative behavior of the crew members was dependent on level of individual anxiety and social status in the isolated small group.

Key words: long-term isolation, communication strategies, psychological stability, anxiety, leadership, video monitoring.

УДК 611.08:599.3/8+615.216.85

ДЕЙСТВИЕ НОВОГО СОЕДИНЕНИЯ С ВЕСТИБУЛОПРОТЕКТОРНОЙ АКТИВНОСТЬЮ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЕ НЕЙРОНЫ

Яснецов В.В.¹, Цублова Е.Г.², Яснецов Вик.В.¹, Карсанова С.К.¹

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 кошках установлено, что новое производное 3-гидроксипиридина – 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат – при пневмомикроинъекции оказывало прямое влияние на 79 % нейронов медиального вестибулярного ядра (МВЯ) и 73 % клеток Пуркинье; при этом тормозная реакция на пневмомикроинъекцию соединения встречалась чаще, чем возбуждающая (в МВЯ – в 4,2 раза, у клеток Пуркинье – в 4,5 раза). Специфический неконкурентный антагонист NMDA-рецепторного комплекса МК-801 полностью предотвращал или существенно ослаблял угнетающий эффект соединения на спонтанную активность у 83 % нейронов МВЯ и 75 % клеток Пуркинье. Это свидетельствует о том, что у этих нейронов МВЯ и коры мозжечка угнетающее действие соединения реализуется главным образом через NMDA-рецепторный комплекс. На переживающих срезах гиппокампа крыс показано, что 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат (в концентрации 5 мМ) значимо подавлял ортодромные популяционные ответы на 50 ± 3 %, а на фоне действия МК-801 (50 мкМ) депрессирующий эффект соединения ослаблялся на 71 ± 5 %. Следовательно, 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат способен существенно угнетать синаптическую передачу в системе коллатерали Шаффера – пирамидные нейроны поля CA1 гиппокампа крыс, а МК-801 в значительной степени ослабляет это действие.

Ключевые слова: новое производное 3-гидроксипиридина, медиальное вестибулярное ядро, мозжечок, клетки Пуркинье, гиппокамп.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 64–68.

В настоящее время профилактика и лечение болезни движения, или укачивания, является одной из важнейших проблем авиационной, космической и морской медицины, а также для путешественников [1–3]. Более того, лекарственный арсенал используемых эффективных противouкачивающих средств довольно беден [4–6]. Поэтому поиск и изучение действия новых эффективных веществ с вестибулопротекторной активностью на разных уровнях центральной нервной системы животных является своевременным и актуальным.

Ранее в экспериментах на крысах было установлено, что новое производное 3-гидроксипиридина – соединение 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат – оказывало выраженное вестибулопротекторное действие [7]. При этом оно превосходило такой препарат сравнения, как хорошо известный вестибулопротектор прометазин, и не уступало другому производному 3-гидроксипиридина – этилметилгидроксипиридина сукцинату (лекарственный препарат мексидол).

Для исследования были выбраны следующие 3 структуры головного мозга животных.

Первая – медиальное вестибулярное ядро (МВЯ), являющееся одним из центральных звеньев вестибуловегетативных рефлексов [8, 9].

Вторая – мозжечок, участвующий в моторном контроле, осуществлении вестибулярной функции, когнитивных процессов и др. [10, 11]. При этом ключевой элемент мозжечка – клетки Пуркинье – представляют собой высокодифференцированные нейроны с обширным ветвлением дендритов и различными типами многочисленных синаптических контактов и обеспечивают единственный выход из мозжечка, являясь ГАМК-ергическими.

Третья структура головного мозга для исследования – гиппокамп. Хорошо известна его важная роль в процессах обучения и памяти у человека и животных, в том числе при укачивании [12, 13].

В данной работе проведено исследование влияния нового соединения 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината на центральные нейроны животных, а именно МВЯ и клетки Пуркинье кошек и гиппокамп крыс.

Методика

Эксперименты проводили на 6 обездвиженных миорелаксантами кошках-самцах массой 3,0–3,9 кг, находящихся на искусственной вентиляции легких. Все хирургические манипуляции осуществляли в условиях общей анестезии барбитуратами (внутрибрюшинно этаминал-натрий в дозе 35 мг/кг). Внеклеточную регистрацию

Таблица

Влияние 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината (при пневмомикроинъекции) на спонтанную активность нейронов медиального вестибулярного ядра (МВЯ) и клеток Пуркинье кошек

Область головного мозга	Всего нейронов	Эффект 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината	
		Возбуждающий	Угнетающий
МВЯ	33 (100 %)	5 (15,2 %)	21 (63,6 %)
		Отсутствует	7 (21,2 %)
		Возбуждающий	4 (13,3 %)
Мозжечок: клетки Пуркинье	30 (100 %)	18 (60,0 %)	8 (26,7 %)
		Отсутствует	4 (13,3 %)
		Возбуждающий	7 (23,3 %)

биоэлектрической активности отдельных нейронов МВЯ и клеток Пуркинье, а также микроионофорез/пневмомикроинъекцию (3–10 psi (1 psi $\approx$ 6894,76 Па)) веществ осуществляли с помощью многоканальных стеклянных электродов. Более подробно методика описана ранее в работе [9].

Проведение экспериментов одобрено Комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Также проводили эксперименты на переживающих срезах гиппокампа белых нелинейных крыс-самцов массой 200–220 г (13 животных). Приготовление и инкубирование срезов проводилось так, как описано ранее в работе [14]. Состав перфузионной среды (мМ): NaCl – 126, KCl – 3, NaH_2PO_4 – 1,25, MgSO_4 – 1,2, CaCl_2 – 2, NaHCO_3 – 26, глюкоза – 10. Раствор насыщали газовой смесью 95 % O_2 и 5 % CO_2 (pH 7,4 при температуре $35 \pm 0,5$ °C). Скорость потока составляла 2 мл/мин. Период адаптации среза к указанной солевой среде продолжался не менее 1 ч, после чего приступали к регистрации исходных показателей. В пирамидном слое поля CA1 регистрировали ортодромные популяционные ответы, что подробно описано ранее в работе [15].

В работе использовали новое производное 3-гидроксипиридина 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат (АО «ВНЦ БАВ») и специфический неконкурентный антагонист NMDA-рецепторного комплекса МК-801 (Sigma-Aldrich, США) в качестве анализаторного вещества.

Статистическую обработку результатов исследований проводили с использованием программ BioStat 2009 Professional и OriginPro 8 SRO.

Результаты и обсуждение

Было обнаружено, что 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат (при пневмомикроинъекции) оказал сходное влияние на спонтанную активность нейронов обеих структур головного мозга кошек, а именно МВЯ и коры мозжечка (таблица). Так, 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат в основном угнетал фоновую импульсацию нейронов (у 64 % клеток МВЯ и 60 % клеток Пуркинье), а

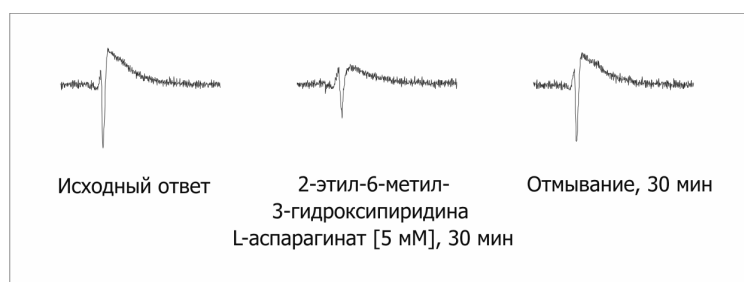
усиление спонтанной активности наблюдалось значительно реже (у 15 % клеток МВЯ и 13 % клеток Пуркинье). Часть нейронов (21 % в МВЯ и 27 % клеток Пуркинье) обеих структур оказались нечувствительными к соединению.

Итак, 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат оказывает прямое влияние на 79 % нейронов МВЯ и 73 % клеток Пуркинье. При этом тормозная реакция на пневмомикроинъекцию соединения встречается чаще, чем возбуждающая (в МВЯ – в 4,2 раза, у клеток Пуркинье – в 4,5 раза; $p < 0,001$).

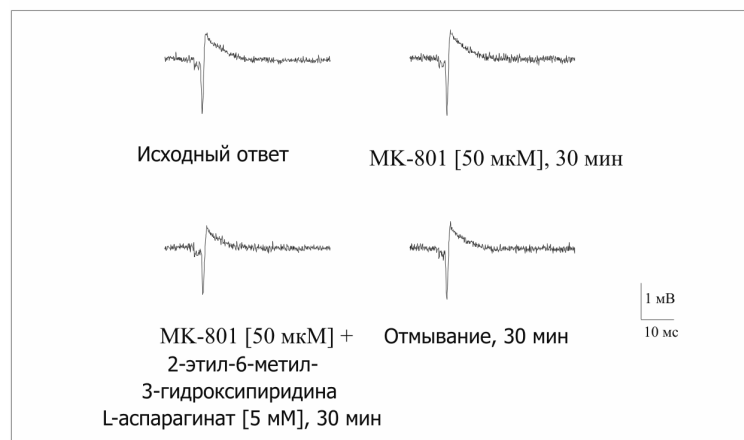
На фоне действия специфического неконкурентного антагониста NMDA-рецепторного комплекса МК-801 (микроионофорез до пневмомикроинъекции 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината) угнетающее влияние соединения на спонтанную активность у 15 (83 %) нейронов МВЯ из 18 и у 12 (75 %) клеток Пуркинье из 16 полностью предотвращалось или существенно ослаблялось. Это свидетельствует о том, что у этих нейронов МВЯ и коры мозжечка угнетающее действие соединения реализуется главным образом через NMDA-рецепторный комплекс.

На переживающих срезах гиппокампа крыс установлено, что 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат в концентрациях от 1 мкМ до 2 мМ ($n = 10$) существенно не изменял ортодромные популяционные ответы (латентный период, амплитуда и их форма существенно не изменялись) в поле CA1. Соединение в концентрации 5 мМ ($n = 8$) значительно ($p < 0,05$) подавляло ортодромные популяционные ответы на $50 \pm 3\%$ (рисунок, А). После отмывания вещества (до 1 ч) популяционные ответы полностью восстанавливались.

На фоне действия специфического неконкурентного антагониста NMDA-рецепторного комплекса МК-801 (добавление в перфузирующую жидкость в концентрации 50 мкМ до введения в среду 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината ($n = 7$) в концентрации 5 мМ) депрессирующий эффект вещества значимо ($p < 0,001$) ослаблялся на $71 \pm 5\%$ (см. рис., Б).



А



Б

Рисунок. Действие 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината в концентрации 5 мМ (А) и его влияние на фоне МК-801 в концентрации 50 мкМ (Б) на ортодромные популяционные ответы в поле CA1 гиппокампа крыс.

По оси абсцисс – время, 10 мс; по оси ординат – амплитуда, 1 мВ

Итак, 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат (в концентрации 5 мМ) существенно угнетает синаптическую передачу в системе коллатерали Шаффера – пирамидные нейроны поля CA1 гиппокампа крыс. Специфический неконкурентный антагонист NMDA-рецепторного комплекса МК-801 в значительной степени ослабляет угнетающее действие соединения на $71 \pm 5 \%$.

Полученные результаты согласуются с данными литературы. Так, в сходных экспериментальных условиях в поле CA1 гиппокампа крыс хорошо известное производное 3-гидроксипиридина этилметилгидроксипиридина сукцинат (лекарственные препараты мексидол и мексикор) оказывает близкое по выраженности действие, в значительной степени ослабляемое МК-801 [15, 16]. Также в экспериментах на кошках и кроликах с помощью метода микроионофореза/пневмомикроинъекции физиологически активных веществ показано, что этилметилгидроксипиридина сукцинат оказывает главным образом угнетающее влияние на большую часть нейронов разных структур головного мозга, в частности МВЯ, заднего вентрального ядра таламуса, гиппокампа,

неокортекса и коры мозжечка, которое на нейронном уровне реализуется путем ингибирования ионных токов через каналы NMDA-рецепторного комплекса (почти у 80 % нейронов) [17–19].

Таким образом, можно заключить, что МВЯ, кора мозжечка и гиппокамп играют важную роль в реализации центрального, в том числе и противоукачивающего, действия нового производного 3-гидроксипиридина – 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагината. При этом угнетающее влияние соединения на центральные нейроны реализуется главным образом через NMDA-рецепторный комплекс.

Выводы

1. У кошек новое производное 3-гидроксипиридина – 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат – при пневмомикроинъекции оказывает прямое влияние на 79 % нейронов МВЯ и 73 % клеток Пуркинье; при этом тормозная реакция на пневмомикроинъекцию соединения встречается чаще, чем возбуждающая (в МВЯ – в 4,2 раза, у клеток Пуркинье – в 4,5 раза). Специфический неконкурентный антагонист NMDA-рецепторного комплекса МК-801 полностью предотвращает или существенно ослабляет угнетающий эффект соединения на спонтанную активность у 83 % нейронов МВЯ и 75 % клеток Пуркинье.

2. На переживающих срезах гиппокампа белых нелинейных крыс-самцов 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридина L-аспарагинат (в концентрации 5 мМ) значительно подавляет ортодромные популяционные ответы на $50 \pm 3 \%$, а на фоне действия МК-801 (50 мкМ) депрессирующий эффект соединения ослабляется на $71 \pm 5 \%$.

Работа выполнена по Программе фундаментальных научных исследований государственных Академий наук на 2013–2020 гг.

Список литературы

1. Matsnev E.I., Sigaleva E.E. Efficacy of histaminergic drugs in experimental motion sickness // J. Vestib. Res. 2007. V. 17. № 5–6. P. 313–321.
2. Thornton W.E., Bonato F. Space motion sickness and motion sickness: symptoms and etiology // Aviat. Space Environ. Med. 2013. V. 84. № 7. P. 716–721.
3. Knox G.W. Motion sickness: an evolutionary and genetic basis for the negative reinforcement model // Ibid. 2014. V. 85. № 1. P. 46–49.

4. Shi S.J., Platts S.H., Ziegler M.G., Meck J.V. Effects of promethazine and midodrine on orthostatic tolerance // *Ibid.* 2011. V. 82. № 1. P. 9–12.
5. Weerts A.P., De Meyer G., Pauwels G. et al. Pharmaceutical countermeasures have opposite effects on the utricles and semicircular canals in man // *Audiol. Neurotol.* 2012. V. 17 № 4. P. 235–242.
6. Lyon R.F., Rush S.C., Roland J.T. Jr. et al. Cinnarizine for sea sickness during a remote Pacific Ocean rescue mission // *J. Spec. Oper. Med.* 2015. V. 15. № 2. P. 1–6.
7. Яснецов В.В., Цублова Е.Г., Яснецов Вик.В. и др. Вестибуло- и термопротекторные свойства нового актопротектора // *Авиакосм. и экол. мед.* 2015. Т. 49. № 6. С. 29–32.
8. Яснецов В.В., Цублова Е.Г., Яснецов Вик.В. et al. Vestibulo- and thermoprotective effects of new actoprotector // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina.* 2015. V. 49. № 6. P. 29–32.
9. Разумеев А.Н., Шипов А.А. Нервные механизмы вестибулярных реакций. М., 1969.
10. Razumeev A.N., Shipov A.A. Neural mechanism of vestibular reactions. Moscow, 1969.
11. Яснецов В.В., Шашков В.С. Нейрохимические и фармакотерапевтические аспекты болезни движения. М., 1993.
12. Яснецов В.В., Шашков В.С. Neurochemical and pharmacotherapeutic aspects of motion sickness. Moscow, 1993.
13. Фанарджян В.В., Григорьян Р.А. Интегративные механизмы мозжечка: Руководство по физиологии. Частная физиология нервной системы. Л., 1983. С. 112–170.
14. Fanardzhyan V.V., Grigoryan R.A. Integrative mechanism of cerebellum: The guide to physiology. Private physiology of nervous system. Leningrad, 1983. P. 112–170.
15. Hawkes R. Purkinje cell stripes and long-term depression at the parallel fiber – Purkinje cell synapse // *Front Syst. Neurosci.* 2014. V. 8. Art. 41. P. 1–11.
16. Яснецов В.В., Крылова И.Н. Мнестические расстройства, вызванные экстремальными воздействиями, и их фармакологическая коррекция // *Успехи физиол. наук.* 1997. Т. 28. № 1. С. 97–116.
17. Яснецов В.В., Крылова И.Н. Memory disorders due to extreme exposures and their pharmacological correction // *Uspekhi fiziologicheskikh nauk.* 1997. V. 28. № 1. P. 97–116.
18. Coras R., Pauli E., Li J. et al. Differential influence of hippocampal subfields to memory formation: insights from patients with temporal lobe epilepsy // *Brain.* 2014. V. 137. Pt. 7. P. 1945–1957.
19. Мотин В.Г., Яснецов В.В., Ковалев С.М., Крылова И.Н. Влияние ноотропов на электрическую активность в поле CA1 гиппокампа крыс // *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2000. Т. 130. № 9. С. 252–254.
20. Мотин В.Г., Яснецов В.В., Ковалев С.М., Крылова И.Н. Effects of nootropes on electrical activity in CA1 area of rat hippocampus // *Byulleten experimentalnoy biologii i meditsiny.* 2000. V. 130. № 9. P. 252–254.
21. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Иванов Ю.В. и др. Исследование противогипоксического и антиамнестического действия мексидора у животных // *Авиакосм. и экол. мед.* 2009. Т. 43. № 6. С. 31–36.
22. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Иванов Ю.В. et al. Evaluation of antihypoxic and antiamnestic effects of mexicor in animals // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina.* 2009. V. 43. № 6. P. 31–36.
23. Яснецов Вик.В., Воронина Т.А. Исследование противогипоксических и антиамнестических свойств мексидола и семакса // *Эксперим. и клин. фармакология.* 2010. Т. 73. № 4. С. 2–7.
24. Яснецов Вик.В., Воронина Т.А. Antihypoxic and antiamnesic effects of mexidol and semax // *Eksperimentalnaya i klinicheskaya farmakologiya.* 2010. V. 73. № 4. P. 2–7.
25. Соловьев Н.А., Яснецов Вик.В. Экспериментально-клиническое исследование действия мексидола при некоторой патологии. Выяснение возможной локализации и механизма действия // *Бюл. эксперим. биол. и мед.* 2006. Прил. 1. «Мексидол в клинике и эксперименте». С. 230–242.
26. Соловьев Н.А., Яснецов Вик.В. Experimental and clinical study of mexidol effect in some pathology. Determination of possible localization and mechanism of the effect // *Byulleten experimentalnoy biologii i meditsiny.* 2006. Suppl. 1. «Mexidol in clinic and experiment». P. 230–242.
27. Яснецов В.В., Мотин В.Г., Яснецов Вик.В. и др. Действие вестибулопротекторов мексидола и мелатонина на уровне мозжечка животных // *Авиакосм. и экол. мед.* 2014. Т. 48. № 6. С. 30–33.
28. Яснецов В.В., Мотин В.Г., Яснецов Вик.В. et al. Effects of vestibuloprotectors mexidol and melatonin on animal cerebellum // *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina.* 2014. V. 48. № 6. P. 30–33.
29. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Яснецов Вик.В. Новый подход к изысканию вестибулопротекторов // *Там же.* 2015. Т. 49. № 1. С. 5–12.
30. Яснецов В.В., Карсанова С.К., Яснецов Вик.В. A new approach to the search for vestibuloprotectors // *Ibid.* 2015. V. 49. № 1. P. 5–12.

Поступила 15.09.2015

ACTION OF A NEW COMPOUND WITH A VESTIBULOPROTECTIVE ACTIVITY ON CENTRAL NEURONS

Yasnetsov V.V., Tsublova E.G., Yasnetsov Vik.V., Karsanova S.K.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 64–68

Experiments with cats demonstrated that pneumatic microinjection of 2-ethyl-6-methyl-3-hydroxypyridine L-asparaginate, a new 3-hydroxypyridine derivative, exerted

a direct action on 79 % neurons of the medial vestibular nucleus (MVN) and 73 % Purkinje cells. Interestingly, the inhibitory response to microinjection was 4.2 and 4.5 times oftener than activation in MVN and Purkinje cells respectively. Specific noncompetitive antagonist of NMDA receptor complex (MK-801) prevented fully or mitigated considerably the inhibitory effect on spontaneous activity of 83 % MVN neurons and 75 % Purkinje cells. It can be deduced that inhibition of MVN and cerebellum cortex neurons occurs mainly with involvement of the NMDA-receptor complex.

Survival sections of rat's hippocampus were used to show that 2-ethyl-6-methyl-3-hydroxypyridine L-asparaginate (5 mM) inhibits orthodromic population responses by 50 ± 3 %; in the presence of MK-801 (50 μ M) the depressing effect was attenuated 71 ± 5 %. Therefore, 2-ethyl-6-methyl-3-hydroxypyridine L-asparaginate is capable to inhibit materially the synaptic pathway via Schaffer collaterals – CA1 pyramidal neurons, while MK-801 counteracts this effect.

Key words: new 3-hydroxypyridine derivative, medial vestibular nucleus, cerebellum, Purkinje cells, hippocampus.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 612.88

ВЛИЯНИЕ КУРСОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТРАНКВИЛИЗАЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА СТАТОКИНЕТИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Буйнов Л.Г.¹, Благинин А.А.², Котов О.В.², Сорокина Л.А.¹

¹Образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург

²Военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Санкт-Петербург

E-mail: buynoff@yandex.ru

Исследовалась эффективность метода электротранквилизации центральной нервной системы для повышения общей и неспецифической резистентности организма, в том числе переносимости статокINETических нагрузок.

Ключевые слова: летный состав, статокINETическая устойчивость, электротранквилизация центральной нервной системы.

Авиакосмическая и экологическая медицина. 2016. Т. 50. № 2. С. 69–71.

Безопасное осуществление авиационных полетов возможно только при наличии оптимального функционального состояния организма в сочетании с высоким уровнем профессиональной работоспособности всех членов летного экипажа.

Достаточный уровень работоспособности человека, находящегося на борту динамического объекта, зависит в том числе и от уровня его статокINETической устойчивости. Одно из направлений в решении задачи повышения устойчивости человека к укачиванию предполагает изыскание эффективных средств и методов оптимизации функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС), играющей ведущую роль в обеспечении устойчивости человека к статокINETическим нагрузкам.

Неблагоприятное действие факторов полета вызывает у летного состава увеличение уровня нервно-эмоционального напряжения [1, 2], развитие утомления [3], возникновение иллюзорных нарушений [4]. В конечном счете развиваются вестибулосенсорные, вестибуловегетативные и вестибулосоматические реакции, свидетельствующие о снижении уровня статокINETической устойчивости [5], приводящие к дезориентации в пространстве и снижению уровня профессиональной работоспособности [6].

Целью данной работы являлось исследование эффективности метода электротранквилизации

центральной нервной системы (ЭТ ЦНС) для улучшения переносимости человеком статокINETических нагрузок.

Методика

Исследование выполнено на базе кафедры авиационной и космической медицины Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова с участием 25 практически здоровых мужчин в возрасте 18–20 лет.

В начале эксперимента было проведено обследование участников с определением времени максимальной переносимости пробы с непрерывной кумуляцией ускорений Кориолиса (НКУК) и регистрацией выраженности сенсорных, вегетативных и соматических реакций. В дальнейшем обследуемые экспериментальной группы получали в течение 10 сут сеансы ЭТ ЦНС. Обследуемые контрольной группы получали «плацебо-сеансы» ЭТ ЦНС.

В конце эксперимента было проведено заключительное обследование участников в объеме первоначального.

Результаты и обсуждение

По переносимости пробы НКУК и степени выраженности сенсорных, вегетативных и соматических реакций обследуемые были разделены на 3 группы. Первая группа – лица с низкой устойчивостью (переносимость НКУК менее 2 мин), 2-я – со средней устойчивостью (от 2 до 5 мин), 3-я группа – лица с высокой устойчивостью (переносимость НКУК более 5 мин).

Параметры ЭТ ЦНС выставлялись по стандартной методике (частота 200–300 Гц, длительность 0,2 мс, с медленным увеличением напряжения до «чувства покалывания под электродами»). Продолжительность 1 сеанса составляла 45,0 мин. Во

время проведения «плацебо-сеансов» ЭТ ЦНС в контрольной группе имитировалась.

Анализ представленных материалов свидетельствует о том, что после 10-суточного применения ЭТ ЦНС лица экспериментальной группы достоверно ($p < 0,05$ и $p < 0,01$) лучше переносили пробу НКУК.

В контрольной группе достоверно значимых различий ни по одному из определяемых в ходе исследования показателей установить не удалось.

Сходная тенденция у лиц экспериментальной и контрольной групп отмечена и по переносимости стабильнографических тестов (достоверность различий: $p < 0,05$ и $p < 0,01$ соответственно по сравнению с исходными показателями).

В основе положительного влияния сеансов ЭТ ЦНС лежит эффект электротранквилизации отдельных участков лобных долей коры головного мозга, что, в свою очередь, приводит к снижению возбудимости эмоциогенных зон гипоталамуса и как бы «отсечению» слабых сенсорных импульсов, поступающих с периферии [1, 7]. Тем самым достигается эффект уменьшения их общего числа и выраженности, при этом не нарушается работоспособность человека, что особенно важно в том случае, когда речь идет о профессиональной деятельности летного состава.

В результате уменьшения чрезмерного потока импульсов поступающих с периферии, в головном мозге происходит уменьшение интенсивности углеводного обмена в целом, включая его аэробную и анаэробную фазы, значительно уменьшается образование и накопление недоокисленных продуктов. Происходит нормализация энергетических и метаболических показателей. Улучшаются условия для усиления процессов саморегуляции в тканях головного мозга, ускоряется процесс восстановления энергоресурсов. В конечном итоге оптимизируется деятельность ЦНС, что ведет к улучшению самочувствия, повышению общей и неспецифической резистентности организма [6–9].

Выводы

Для улучшения переносимости статокINETических нагрузок членами летных экипажей целесообразно использовать курсовые сеансы ЭТ ЦНС.

Список литературы

1. Каструбин Э.М. Центральная импульсная нейрорегуляция и работоспособность операторов летного профиля // Актуальные вопросы медицинского обеспечения полетов, врачебно-летная экспертиза и реабилитация летного состава: Тез. докл.

5-го Европейского семинара по авиационной медицине. М., 1996. С. 100–102.

Kastrubin E.M. Central pulse neuroregulation and work ability of flight profile operators // Aktualnye voprosy meditsinskogo obespecheniya poletov: vrachebno-letnaya ekspertiza i reabilitatsiya letnogo sostava: Tezisy docladov 5-go Evropeyskogo seminar po aviatsionnoy meditsine. Moscow, 1996. P. 100–102.

2. Глазников Л.А., Буйнов Л.Г., Шабанов П.Д. Бемитил повышает статокINETическую устойчивость человека // Психофарм. и биол. наркология. 2002. Т. 2. № 1–2. С. 225.

Glaznikov L.A., Buynov L.G., Shabanov P.D. Bemithyl increases statokinetic stability in humans // Psikhofarmakologiya i biologicheskaya narkologiya. 2002. V. 2. № 1–2. P. 225.

3. Лапа В.В., Пономаренко В.А. Психофизиологическая характеристика деятельности летчика // Авиационная медицина. М., 1986. С. 308–313.

Lapa V.V., Ponomarenko V.A. Psychophysiological characteristic of pilot's performance // Aviatsionnaya meditsina. Moscow, 1986. P. 308–313.

4. Ушаков И.Б. Манифест экологии человека опасных профессий // Вестник Рос. ВМедА. 2000. № 2. С. 23–28.

Ushakov I.B. Manifesto of human ecology of hazardous occupations // Vestnik Rossiyskoy VMedA. 2000. № 2. P. 23–28.

5. Копанев В.И. Проблема статокINETической устойчивости человека в авиационной и космической медицине // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1974. № 4. С. 476–498.

Kopanev V.I. Problem of human statokinetic stability in aviation and space medicine // Izvestiya AN SSSR. Ser. Biol. 1974. № 4. P. 476–498.

6. Мельник С.Г., Шакула А.В., Иванов В.В. Использование метода электротранквилизации для повышения вестибулярной устойчивости человека // Воен.-мед. журн. 1986. № 8. С. 42–45.

Melnik S.G., Shakula A.V., Ivanov V.V. Use of the method of electro-tranquilization for vestibular stability improving of man // Voenno-meditsinskiy zhurnal. 1986. № 8. P. 42–45.

7. Батхин Л.Н. Лечебное применение импульсных токов с низкой частотой следования импульсов // Восстановительное лечение. СПб., 1997. С. 80–81.

Batkhin L.N. Therapeutic use of pulsed currents with low repetition rate pulses // Vostanovitelnoe lechenie. St. Petersburg, 1997. P. 80–81.

8. Глазников Л.А., Буйнов Л.Г., Сорокина Л.А. Патогенетический подход к разработке средств и методов повышения статокINETической устойчивости операторов авиакосмического профиля // Вестник оториноларингологии. 2012. № 4. С. 33–36.

Glaznikov L.A., Buynov L.G., Sorokina L.A. Pathogenetic approach to the development of tools and methods of statokinetic stability increasing of aerospace profile operators // Vestnik otorinolaringologii. 2012. № 4. P. 33–36.

9. Иванов К.П., Кисляков Ю.Я. Энергетические потребности и кислородное обеспечение головного мозга: экспериментальные материалы исследований. Л., 1979.

Ivanov K.P., Kislyakov Yu.Ya. Energy necessity and oxygen supply of the brain: experimental studies. Leningrad, 1979.

Поступила 08.06.2015

EFFECT OF THE COURSE ELECTRICAL TRANQUILIZATION OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM ON THE STATOKINETIC STABILITY OF THE HUMAN

Buynov L.G., Blaginin A.A., Kotov O.V., Sorokina L.A.

Aviakosmicheskaya i Ekologicheskaya Meditsina (Russia). 2016. V. 50. № 2. P. 69–71

Electrical tranquilization of the central nervous system was investigated as a method of strengthening general and nonspecific resistance of human organism including tolerance to statokinetic loads.

Key words: flight personnel, statokinetic stability, electrical tranquilization of the central nervous system.

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

Буйлова Сергея Павловича,

Гордеева Юрия Васильевича

Добрые вам пожелания и плодотворного сотрудничества
с нашим журналом!