

МОБИЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И ПРОГРАММНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗДОРОВЬЯ И МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АСТРОНАВТОВ

В. И. Ярмолинский

Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

e-mail: Yarmolinskiy@bsu.by

Рассматриваются современные подходы к организации самоконтроля здоровья, а также технологии слежения за состоянием операторов, к числу которых относятся пилоты и астронавты, испытатели систем жизнеобеспечения, диспетчеры центра управления полетами и др. Предложены технические решения и методики, которые могут содействовать контролю и поддержанию здоровья человека как на земле, так и при длительных полетах.

Ключевые слова: человек-оператор; астронавт; здоровье; функциональный контроль; самоконтроль; носимая электроника; мобильные приложения.

THE MOBILE DEVICES AND APPLICATION PROGRAMMS FOR SELF-CONTROL OF HEALTH AND MONITORING PHYSICAL CONDITION OF ASTRONAUTS

V. I. Yarmolinskiy

Belarusian State University

Minsk, Belarus

The article reveals the analysis of modern solutions in self-control of the human health, also monitoring the physical condition of operators, which include pilots and astronauts, testers of life-support system, specialists of flight control centre. The author offers own developments and methods that can help monitoring and maintain the health both on the ground and during long flight.

Keywords: operator; astronaut; health; functional control; self-control; wearable electronics; mobile application.

ВВЕДЕНИЕ

Успехи белорусской космической науки заставляют задуматься над возможными пилотируемыми полетами в будущем собственных летательных аппаратов. Сегодня уже можно подумать над формированием национальных экипажей. Развитие средств и систем контроля за здоровьем специалистов в космических экспедициях имеет множество оснований. Это важно как для перспективы, т. е. все более дальних полетов, так и для решения ряда земных проблем. Работа испытателей новой техники, диспетчеров центров управления полетами, наземным транспортом, АЭС и иных ответственных

производств, где может проявиться человеческих фактор, требует определенных гарантий своевременного обнаружения ухудшения самочувствия и работоспособности специалиста, а в отдельных случаях – его засыпания в силу накопленной усталости. В космических полетах рабочая обстановка усугубляется невесомостью, искусственной гравитацией, радиационным фоном, стесненным пространством, постоянным окружением экипажа, ограничениями скафандра, опасениями возможного отказа узлов станции. Стрессы, напряжение в космических полетах – не редкость, а при движении к другим планетам – тем более.

Для поддержания здоровья, психологической устойчивости, мышечного тонуса космонавты обязаны регулярно выполнять дозированные физические нагрузки, проводить электростимуляцию мышц, отдельные формы физиотерапии и др. Поэтому крайне важно, особенно при длительных экспедициях, отслеживать результирующее влияние всех действующих на организм факторов, найти правильные меры противодействия негативным проявлениям в работе функциональных систем организма.

Многие космические технологии диагностики и укрепления здоровья успешно переключались в обычное здравоохранение, и их разработка послужила фундаментом для развития телемедицины, систем удаленного мониторинга, приборов для контроля состояния наземных операторов, тестирования спортсменов и т. д. Ярким примером трансфера таких технологий является методика экспресс-оценки здоровья по показателям вариабельности сердечного ритма, предложенная известным физиологом Р. М. Баевским [1]. На ее основе создано немало количество приборов, применяемых в современной клинике, спорте, при домашнем самоконтроле и даже при занятии фитнесом. Авиакосмическая медицина решила многие проблемы длительного пребывания человека в космосе, однако прогнозируемые полеты на Марс и другие планеты требуют продолжения работ по повышению надежности контроля за состоянием людей, рискующих действовать в автономном полете. С увеличением времени пребывания на иных орбитах существенно возрастает роль бортового контроля и самоконтроля состояния астронавтов, компьютерных программ и мобильных приложений, позволяющих без участия ЦУП быстро оценивать и прогнозировать состояние организма, определять готовность к выполнению плановых работ. Своевременное выявление ранних признаков заболевания, преморбидных и ургентных состояний, психоэмоциональных стрессов повышает шансы выполнения экипажем возложенной на него миссии и благополучного возвращения на Землю.

ЦЕЛЬ ДОКЛАДА

Целью доклада является анализ технических и технологических решений по обеспечению контроля и самоконтроля физического и функционального состояния человека, в том числе оператора, спортсмена, космонавта, и оценка их пригодности для использования в условиях дальних космических экспедиций.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Осуществление длительных космических полетов требует обязательного выполнения трех ключевых условий: надежной работы ракетных двигателей, наличия системы электропитания, восполняемого внешними источниками, и устойчивого здоровья астронавтов. Мы определим состояние третьей проблемы.

В настоящее время в космической медицине сложилась научно обоснованная система контроля за здоровьем космонавтов, осуществляемая согласно действующему

Положению и подтвержденная практикой пилотируемых полетов. Программа углубленных медицинских обследований (УМО) проводится на этапе отбора кандидатов в космонавты и предполагает использование широкого спектра лабораторных и функциональных исследований. Программа этапных обследований (ЭМО) предусматривает воздействие на организм различными физическими факторами, в числе которых гравитационные и тепловые нагрузки, имитация невесомости, высокогорья и др. Срочные осмотры (СМО) проводятся по возникающим в процессе подготовки основаниям, в том числе при заболеваниях, резком снижении работоспособности.

Что же касается непосредственно полетов, то ЦУП ЦНИИмаш в мае 2016 г. сообщил о переходе на качественно новый уровень медицинского контроля российских членов экипажа международной космической станции (МКС) [2]. В НИИ разработано новое программное обеспечение, позволяющее в режиме онлайн получать и обрабатывать информацию о состоянии здоровья космонавтов, контролировать медицинские показатели и оперативно давать необходимые рекомендации. Совместно с техническими специалистами ЦУП представители ИМБП участвуют в работе Главной оперативной группы управления российским сегментом МКС. Во время выхода космонавтов в открытый космос в феврале 2016 г. врачи в режиме онлайн следили за показателями работы сердечно-сосудистой и легочной систем космонавтов, передавали команды по корректировке интенсивности проводимых работ.

На борту КС «Мир» и МКС многие годы проводились медико-биологические эксперименты, физические тренировки с использованием бортовой медицинской аппаратуры. Ранее применяемые приборы «Альфа», «Бета» и «Гамма», с которыми довелось работать автору, дополнены новым устройством «Кардиомед», расширяющим возможности изучения воздействия неблагоприятных факторов полета на организм.

Здесь важно сделать краткое отступление, раскрывающее особенности современной космонавтики, в частности физическое состояние специалистов, отправляемых сегодня на станцию. Согласно данным В. И. Почуева [3], повышение безопасности полетов позволило включать в состав экипажей людей с различным уровнем здоровья. Но при этом потребовалось усилить спецподготовку кандидатов в космонавты и выработать дифференцированную систему допуска к полетам.

На основе анализа многолетних материалов В. И. Почуевым было установлено, что в большинстве случаев (32 %) причиной дисквалификации космонавтов по состоянию здоровья являлись заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС). Среди других медицинских причин непригодности названы заболевания мочевыделительной системы (20 %), пищеварительной системы (12 %) и др. О принципиальности отбора кандидатов говорят те факты, что из 457 человек годными были признаны лишь 18, что составляет менее 4 %. Препятствием к подготовке послужили болезни ЛОР (34 %), внутренних органов (27 %), стоматологические заболевания (22 %) и др.

Еще одним частым фактором отказа от продолжения подготовки служит низкая переносимость физических нагрузок. Так, при выполнении нагрузочных тестов у 7 человек из 25 были выявлены неадекватные реакции, развитие функциональных нарушений и даже патологические состояния. Все это указывает на необходимость использования, как в предполетный период, так и в ходе полета, эффективной программы профилактики ССС. Дозированная физическая нагрузка, как известно, является сильнейшим средством улучшения состояния сердца и всего организма, потому ей уделяется серьезное внимание. Вопрос в том, насколько глубоко в космической медицине проработаны рекомендации по выполнению этих нагрузок при длительных полетах и по каким критериям осуществляется их индивидуализация.

Вторая важнейшая функциональная система, которая требует к себе пристального внимания в космических полетах (а также в авиационной, морской, высокогорной медицине, арктических походах) – это легочная система (ЛС). В перечисленных условиях легкие становятся мишенью для воздействующих факторов и создают дополнительную нагрузку на сердце, пытающееся компенсировать кислородный дефицит. Невесомость оказывает выраженные воздействия на вестибулярный аппарат, вегетативную и зрительную системы, но допустить отек легких – значит создать прямую угрозу жизни. Гравитационный градиент легочной вентиляции в невесомости перестает действовать, изменяется механизм кровообращения в легких, а при выходе в открытый космос меняется характер и среда для легочной вентиляции. Именно поэтому в ЦУП контролируют прежде всего состояние ССС и ЛС.

Возвращаясь к задачам бортового медицинского контроля, попытаемся смоделировать возможные ситуации при межпланетном полете. Разрыв связи с ЦУП или отказ бортового питания позволяет рассчитывать астронавтам только на собственные знания и ощущения (которые порой запаздывают), а также наносимые приборы. Проведение наружных, ремонтных работ, десант на поверхность новой планеты априори должны опираться на размещенные на теле или внутри скафандра медицинские датчики. Выполнение нагрузочных тестов и тренировок, даже с учетом благополучной работы бортовых систем, также удобнее выполнять с применением беспроводной и встроенной в одежду аппаратуры, обладающей интеллектом.

Однако носимая диагностическая техника пока только развивается. Холтеровские кардиомониторы лишь накапливают данные в памяти и требуют ретроспективного анализа ЭКГ. Сомнологическое оборудование не приспособлено для свободного перемещения. Поэтому первой площадкой, которую следует рассмотреть на предмет поиска перспективных разработок, является область спорта. Ведь именно в спортивной отрасли к носимым приборам предъявляются высокие требования по снижению габаритов и веса, низкому энергопотреблению, высокой надежности, информативности, помехоустойчивости к движениям, а на современном этапе – наличию памяти и производительности процессора для онлайн-мониторинга и расчета информативных показателей, беспроводного интерфейса для связи с компьютером или мобильным телефоном. Простейшим примером таких приборов являются фитнес-трекеры, смарт-браслеты, умные часы, различные гаджеты и собственно портативные приборы, которые созданы для домашних условий [4]. К последним относятся измерители частоты пульса и дыхания, АД, показателей глюкозы, лактата, мочевины, компонентного состава тела, водно-солевого баланса, температуры, pO_2 , сопротивления кожи, мышечной силы, зрительно-моторной реакции и др. По сути, весь арсенал клинических методов постепенно перемещается в область спортивной медицины.

В сравнительно узком круге известных разработок для контроля состояния наземных операторов (комплексы «Реология», «Виктория», «Нейроком», «Нейрософт» и др.) нет приборов, обладающих высокой мобильностью, автономностью питания и процессором для онлайн-обработки данных. Поэтому автором предлагаются собственные проекты и наработки, апробированные в сфере спорта [5]. К ним относятся микрокардиограф-стресстестер «Сателлит» [6], кардиомонитор с биообратной связью «Вектор-4» [7], реоплетизмограф легких РПГ2-05 [8], экспресс-анализатор частоты пульса «Олимп-ТМ» [5] и др., которые можно адаптировать к космическим условиям и задачам контроля ССС и ЛС.

Анализируя популярные гаджеты и мобильные приложения, следует отметить, что их функции мало отвечают полетным требованиям и предназначены лишь для

стимулирования физической активности. Поэтому важно создать специализированные приборы и интеллектуальные приложения, выявляющие динамику жизненно важных процессов. Эти приложения должны решать задачу интерпретации трендов и давать голосовые сообщения о необходимости принятия профилактических мер. Для этого можно формализовать алгоритмы решений, которые используют врачи ЦУП в ходе онлайн-мониторинга состояния космонавтов. В части физического тренинга следует больше внимания уделить развитию приборов биообратной связи с индивидуально программируемой нагрузкой и автоматической оценкой резервов регуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задача непрерывного наблюдения за функциональным состоянием астронавтов обостряется по мере роста дальности космических экспедиций. Особое внимание должно уделяться тем системам организма, которые могут стать «фактором риска» и являются слабым звеном у конкретного участника полета. По сути, для каждого астронавта необходимо применять индивидуальный подход и персональные меры профилактики. Оптимизация объема, периодичности и характера физических нагрузок, необходимых для поддержания здоровья, напрямую связана с личными темпами восстановления, особенностями питания и психологическим статусом. Готовность к выполнению тренировки или регламентных работ должна подтверждаться объективными критериями, чтобы избежать перенапряжения и срыва адаптации.

Решению проблемы самостоятельного контроля жизненно важных функций у астронавтов может помочь развитие носимых энергонезависимых интеллектуальных мониторов, обеспечивающих онлайн-анализ трендов физиологических параметров и немедленно сообщаящих об истощении ресурсов организма, подсказывающих оптимальные способы сохранения здоровья и дееспособности. Это научное направление следует рассматривать как одно из условий успешной подготовки национальных экипажей и участия белорусских специалистов в дальних космических экспедициях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М. : Медицина, 1979. 295 с.
2. ЦНИИмаш. Новости (12.05.2016). Медицинский контроль состояния здоровья экипажа МКС выведен на новый уровень / ЦНИИмаш. [Электронный ресурс]. 2016. Режим доступа: www.goscosmos.ru/22229/ (дата доступа: 25.07.2016).
3. Почуев В. И. Совершенствование системы оценки состояния здоровья космонавтов и медицинского контроля на этапах подготовки в целях врачебной экспертизы : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.32. М. : РГНИИЦПК им. Ю. А. Гагарина, 2007. 25 с.
4. Ярмолинский В. И., Лебедев А. Ю. Гаджеты и мобильные приложения для оперативного контроля здоровья и работы сердца // Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма : сб. статей (материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., 6–7 окт. 2016 г.). Мозырь : МГПУ им. Шамякина, 2016.
5. Ярмолинский В. И. Авторские методики и технические разработки для сферы физической культуры и спорта // Вопр. физического воспитания студентов вузов : сб. науч. ст. / ред.кол.: В. А. Коледа (отв. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2016 г. Вып. 12. С. 152–173.
6. Технологии самоконтроля, минимизирующие риски перенапряжения и внезапной смерти спортсменов / В. И. Ярмолинский [и др.] // Состояние и перспективы технического обеспечения спортивной деятельности : сб. статей (материалы III Междунар. науч.-практ. конф., 13–14 февр. 2014 г.). Минск : БНТУ, 2014. С. 5–10.

7. Разработка целевых методик индивидуального дозирования физических нагрузок с применением программируемых микроконтроллеров ЧСС. Заключ. отчет о НИР (№ г.р. 20001968). науч. рук. – канд. техн. наук В. И. Ярмолинский. Минск : БГУ, 2002. 115 с.

8. Ярмолинский В. И. Биоимпедансный метод и аппаратура для неинвазивного исследования вентиляционной функции легких : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.11.17. М. : ВНИИП, 1992. 24 с.