

## **Космический эксперимент «Нейроиммунитет» - мультидисциплинарный подход к оценке влияния стресса на иммунитет и системы стресс-реактивности в космосе**

Васильева Г.Ю., Седлецкий В.С., Ничипорук И.А.

ГНЦ РФ - ИМБП РАН

Космический эксперимент «Оценка влияния стресса на иммунитет и системы стресс-реактивности в космосе: мультидисциплинарный подход» (КЭ «Нейроиммунитет») – новое комплексное исследование, которое направлено на получение научных знаний о стадиях физиологической адаптации человека к непривычной среде обитания во время длительных космических полетов.

В настоящее время не вызывает сомнений тот факт, что во время космического полета на организм космонавтов действует большое количество стрессоров, которые запускают психологическую и физиологическую системы стрессовой реакции [А.И. Григорьев, 2007], влияют на эмоциональное и когнитивное состояние человека [В.И. Гущин, А.К. Юсупова, 2007]. По результатам анализов иммунологической реактивности предыдущих научных исследований выявлены изменения в медиаторах иммунной системы у космонавтов и астронавтов, совершивших кратковременные и длительные космические полеты [А. Chouker et al., 2013; Т. Берендеева и др., 2006; С. Strewе et al., 2012]. В работе [М.П. Рыкова, 2013] показано, что механизмы адаптационной перестройки системы иммунитета человека в ответ на комплексное воздействие факторов космического полета закономерно приводят к изменению параметров, характеризующих состояние врожденного и адаптивного иммунитета.

Являясь логическим продолжением КЭ «Иммуно», проведенного совместно Роскосмосом, ГНЦ РФ – ИМБП РАН и Европейским космическим агентством на РС МКС (2007-2016 гг.) [I.Pagel et al., 2015], КЭ «Нейроиммунитет» ставит более сложные научные задачи. В настоящее время исследователей особенно интересуют механизмы взаимодействия системы иммунитета и вегетативной нервной (ВНС), эндоканнабиноидной (ЭКС) и пуринергической (ПС) систем. На данный момент установлено, что два основных типа рецепторов ЭКС отвечают: 1) за двигательные и когнитивные функции и 2) опосредуют иммунорегуляторный эффект [Ю.К. Караман, Е.Г. Лобанова, 2013]. Также известно, что пуринергическая система принимает участие в иннервации внутренних органов, а один из эндогенных пуриновых нуклеозидов — аденозин, является сильным противовоспалительным

агентом. Переход на новые методы анализа показателей, отражающих изменения иммунитета и сдвиги ВНС, ЭКС и ПС до, во время и после космического полёта позволит исследователям установить взаимосвязи изучаемых параметров с когнитивной и эмоциональной функциями, морфологией мозга и эпигенетическим влиянием.

При проведении КЭ «Нейроиммунитет» обследование космонавтов проводится дважды в предполетном периоде (за 90 и 45 суток до старта); в полёте, продолжительностью менее 6 месяцев, – 3 раза (первая сессия через 2 месяца от начала полета, вторая сессия через 4 месяца от начала полета и последняя сессия – за 5-10 дней до окончания полета), для полётов, продолжительностью более 6 месяцев, – 6 раз (первая сессия через 2 месяца от начала полета, далее каждые 2 месяца и последняя сессия за 5-10 дней до окончания полета), а также 4 раза после полета (на 1, 7, 21/28 и 120/200 сутки после посадки).

Во время КП космонавты проводят взятие образцов венозной крови (утром, натощак) и их обработку (центрифугирование и замораживание), приготовление мазков крови, сбор проб слюны и образцов волос. Собранный биологический материал хранится на борту МКС до спуска на Землю для последующего анализа современными лабораторными методами показателей, характеризующих состояние иммунной, эндоканнабиноидной, пуринергической и эндокринной систем.

Для оценки электрофизиологических характеристик миокарда в течение суток накануне взятия крови регистрируются кардиосигналы с использованием прибора «Космокард». В этот же день космонавты отвечают на вопросы, дающие исследователям возможность оценить, как самочувствие космонавта, так и его психологическое состояние в данный момент. Используются такие общепринятые тесты, как «Общий анкетный опрос о состоянии здоровья» (GHQ28), разработанный в 1972 году Д. Голдбергом и В. Хиллером, «Шкала тревоги» (Ч.Д. Спилбергер, 1970), «Шкала депрессии» (Аарон Т. Бек, 1976), направленные на выявление изменений во времени «качества жизни», уровня реактивной и личностной тревожности, когнитивного состояния, а также отражающих возможное возникновение и глубину депрессии.

На первом этапе эксперимента в период подготовки к КП и после приземления, непрерывно в течение 24 – 36 часов, проводится пульсоксиметрия – новый неинвазивный спектрофотометрический метод определения количества кислорода, связанного с гемоглобином, в артериальной крови (Рис.1), а также акселерометрия – регистрации ускорений движения тела для оценки двигательной активности космонавтов (Рис.2). В

настоящее время идёт подготовка второго этапа КЭ «Нейроиммунитет», разработка укладок и сертификация нового оборудования для проведения пульсоксиметрии и акселерометрии во время сессий эксперимента на борту МКС.

Для изучения влияния факторов космического полёта на иммунную систему и системы стресс-реактивности, в лабораториях ГНЦ РФ – ИМБП РАН и Мюнхенского университета им. Людвига Максимилиана (LMU) с использованием методов проточной цитофлюориметрии, иммуноферментного анализа, радиоиммунологического анализа, турбидиметрии проводится большой объём клинико-лабораторных исследований. В частности, исследуются изменения в системах врожденного и адаптивного иммунитета, апоптоз иммунокомпетентных клеток, анализируется уровень цитокинов и содержание в крови гормонов и нейропептидов, принимающих участие в развитии стрессовых реакций.

Авторы предполагают, что результаты данного мультидисциплинарного исследования, которое охватывает много направлений, помогут расшифровать механизм изменений, происходящих в иммунной системе и будут важны для понимания процессов взаимного влияния сознания, стресса и иммунитета, что даст возможность дальнейшего улучшения медико-биологического обеспечения длительных орбитальных и межпланетных полетов, обеспечит необходимые знания для предотвращения нежелательного иммунологического ответа организма при действии различных экстремальных факторов и/или развитии патологических состояний.

**Авторы благодарят космонавтов и астронавтов экипажей МКС 43 - 51, принявших участие в эксперименте, профессора Александра Чукера и его коллег (Университет им. Людвига Максимилиана (LMU), Мюнхен, Германия) за многолетнее плодотворное научное сотрудничество, сотрудников ОАО «РКК «Энергия», ЦУП ЦНИИмаш, ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю. А. Гагарина» и Европейского космического агентства за помощь в подготовке, планировании и реализации полетного эксперимента «Нейроиммунитет» на борту МКС.**



*Рис. 1 Прибор «ПУЛЬСОКСИМЕТР»*



*Рис.2 Проведение акселерометрии*