



Наблюдение за изменениями состава тела человека при космическом полете

(Космический эксперимент «СПРУТ-2»)

В.Б. Носков, И.А. Ничипорук, Г.Ю. Васильева, Ю.И. Смирнов
ГНЦ РФ – ИМБП РАН

Под термином «состав тела» физиологи и врачи понимают количество мышечной и жировой массы тела, а также структуру жидкостных пространств организма, таких как внеклеточная и внутриклеточная жидкость и их общее количество. Отсутствие силы тяжести (гравитации) вызывает перестройку обмена веществ, состава тела и изменения в жидкостях организма человека, что, в свою очередь, оказывает влияние на другие функции организма. Такие сдвиги приводят к развитию послеполётной ортостатической неустойчивости и неблагоприятны для деятельности сердечно-сосудистой системы. Поэтому исследования состава тела и, в том числе, структуры жидкостных пространств в условиях космических полётов имеют не только научный интерес, но и направлены на решение практических задач по использованию средств профилактики и коррекции с целью повышения работоспособности космонавтов и их послеполётной ортостойчивости, то есть способности передвигаться в вертикальном положении.

Однако до настоящего времени изучение водных пространств и состава тела в космических полетах было затруднено из-за отсутствия методов исследования, пригодных для условий космического полета. В клиниках для этих целей обычно применяют радиоактивные метки или красители, которые вводят внутривенно, а затем берут для анализа кровь. Преимущества биоимпедансного анализа (БИА) по сравнению с другими методами обуславливаются, в первую очередь, его неинвазивностью, то есть для получения данных нет необходимости что-либо вводить в организм или брать кровь, потому что этот метод основан на физических, а не биохимических принципах. В клинической практике безопасные и нетравматичные методы БИА в настоящее время широко применяются даже у беременных и новорождённых детей и не имеют никаких противопоказаний.

Цель космического эксперимента «Спрут» состояла в изучении жидкостных пространств и состава тела человека в условиях длительного космического полёта на борту международной космической станции (МКС) с помощью биоимпедансометрии.

Биоимпедансный анализ основан на измерении электрической проводимости различных тканей тела, потому что переменный электрический ток разной частоты проводится тканями организма по-разному. Импеданс тела при сравнительно низкой частоте тока отражает количество внеклеточной жидкости, а импеданс на высокой частоте – объем общей жидкости организма. Для получения данных о составе тела человека в условиях космического полета был создан малогабаритный бортовой биоимпедансометр СПРУТ-2. Импедансометрическое обследование космонавтов проводилось в утренние часы суток, натощак. Во время каждого сеанса обследования, после наложения 5-ти пар электродов на лоб, запястья и голени, производилась запись данных в течение 1 минуты.

Исходя из импедансов и измеренных заранее антропометрических параметров (длины и окружности различных частей тела и вес) обследуемого человека вычислялось общее содержание жидкости, объем внеклеточной и внутриклеточной жидкости, а также количество тощей и жировой составляющих массы тела. В ходе орбитальных полетов на МКС обследование каждого из 15 космонавтов проводилось 4-5 раз с 30-суточными интервалами между сеансами. Импедансометрическое обследование проводилось также до старта и на 1-е и 7-е сутки после окончания полётов.



Космонавт во время проведения сеанса эксперимента «Спрут-2» на орбитальной станции.

Прибор укреплен на спине обследуемого, а на теле размещено 5 пар одноразовых электродов.

Управление сеансом космического эксперимента осуществляется через экран компьютера.

(Фото предоставлено «Роскосмосом»)

Общая масса тела, также как тощая (главным образом мышечная ткань) и жировая составляющие массы тела за время космического полёта изменялись, но не наблюдалось тревожных прогрессирующих тенденций. Так, общая масса тела, как и количество мышечной массы во время полугодового полёта незначительно уменьшались (в среднем на 2,7 – 4,9 %) по сравнению с дополётным уровнем. Одновременно содержание жира в теле у большинства космонавтов, наоборот, увеличивалось. Количество общей жидкости, а также внеклеточной и внутриклеточной её частей во время полёта уменьшалось по сравнению с дополётными значениями. При этом соотношение общей жидкости к весу тела существенно не сдвигалось, что отражало стабильность структуры тела и свидетельствовало о равномерной небольшой убыли жидкости из различных водных пространств организма в условиях длительного космического полёта.

Следует отметить, что у всех 15-ти космонавтов, участников эксперимента, несмотря на индивидуальные особенности, наблюдались однонаправленные изменения как водного гомеостаза, так и мышечной массы тела. При этом у большинства космонавтов

максимальные величины дефицита жидких сред отмечены сразу после возвращения на Землю, что говорит об особой интенсивности воздействия на водно-солевой обмен на заключительном этапе полёта и при приземлении. Через неделю после окончания полёта все исследуемые параметры состава тела имели отчётливую тенденцию к восстановлению, что свидетельствует о довольно быстром возвращении космонавтов к своему обычному, дополётному гидратационному статусу и исходной массе тела.

Таким образом, проведение импедансометрических исследований на борту орбитальной станции с помощью бортового анализатора СПРУТ-2 показало, что биоимпедансометрический метод – это неинвазивный, быстрый, легковыполнимый и безопасный метод определения состава тела, основанный на электрических свойствах биологических тканей. Использование этого метода дало возможность многократно определить состояние мышечной ткани и основных жидкостных пространств организма человека непосредственно в условиях длительного полёта и получить прямые доказательства равномерной убыли как внеклеточной, так и внутриклеточной жидкости и развития атрофических явлений в мышечной ткани. Такое состояние сохраняется в течение всего времени пребывания в условиях невесомости и отражает процесс приспособления (адаптации) организма человека и стабилизацию водно-электролитного обмена на новом уровне. Характер восстановления массы тела и исходного водного гомеостаза в течение нескольких суток после посадки свидетельствует о том, что общий объём жидкости организма достаточно быстро возвращается к предполётному уровню, обеспечивая адекватный земным условиям жидкостной статус и стабилизацию гемодинамики. Полученные в космическом эксперименте «Спрут» результаты сопоставимы с данными, наблюдаемыми в модельных экспериментах, и согласуются с выводами о том, что во время длительной невесомости или гипокинезии снижается количество жидкости в организме человека при одновременном уменьшении мышечной массы.

Результаты настоящего исследования показывают перспективу использования БИА в целях оперативного медицинского контроля во время будущих длительных космических экспедиций, потому что обследование с помощью бортового импедансометра может быть проведено многократно и в любой момент. Кроме того, портативность и высокая помехоустойчивость позволяет использовать импедансометры типа прибора СПРУТ-2 в так называемых «полевых» условиях, например, в машинах скорой медицинской помощи, для решения специальных задач медицины катастроф, в военной медицине и в других экстремальных ситуациях.