

УДК 577.29

Поиск белков, включенных в молекулярные сети регуляции костной ткани во время космического полета

Пастушкова Людмила Ханифовна^(*)

lpastushkova@mail.ru

Гончарова Анна Георгиевна

goncharova.anna@gmail.com

Каширина Дарья Николаевна

daryakudryavtseva@mail.ru

Гончаров Игорь Николаевич

igorgoncharov@gmail.com

Ларина Ирина Михайловна

irina.larina@gmail.com

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Факторы космического полета значительно снижают минеральную плотность костной ткани в результате повышенной резорбции и снижения усвоения кальция. Для изучения белковых участников данных процессов исследовали высушенные пятна капиллярной крови российских космонавтов, полученные непосредственно во время космического полета в ходе эксперимента «ОМИКи-СПК». В результате количественного хромато-масс-спектрометрического анализа белковых экстрактов пятен выявлены белки, участвующие в регуляции биологических процессов в костной ткани, таких как резорбция, ремоделирование, минерализация кости, дифференциация остеокластов, остеобластов и др.

Ключевые слова: космический полет, космонавты, белки крови, минеральная плотность, костная ткань

Введение. Влияние комплекса факторов длительных космических полетов (КП) снижает минеральную плотность костей из-за множества механизмов, повышая риск травм и снижения работоспособности. Большое внимание вызывает уязвимость опорно-двигательной системы к воздействию микрогравитации, гипوماгнитной среды и радиационного облучения во время длительных космических полетов и предстоящих космических миссий. Ранее были исследованы маркеры резорбции костей, кальцитропные гормоны и кинетика кальция у членов экипажа в космических миссиях продолжительностью 4–6 месяцев. Потеря костной массы была связана с повышенной резорбцией и снижением усвоения кальция [1, 2]. Целью работы являлось изучение белковых участников данных процессов.

Материалы и методы; результаты. Эксперимент на борту Российского сегмента Международной космической станции (РС МКС), с участием космонавтов, в рамках которого выполнены исследования, был одобрен Комиссией по биомедицинской этике Института медико-биологических проблем РАН и Международной многосторонней комиссией по экспертизе научных исследований с участием человека (Human Research Multilateral Review Board). В исследовании принимали участие 13 российских космонавтов ($M \pm \pm SD$ возраст: 44 ± 6 лет, все мужчины). Образцы сухих пятен крови были по-

лучены и проанализированы в рамках космического эксперимента «Оценка состояния здоровья и адаптивных резервов человека по сухим пятнам крови методами протеомики, метаболомики и липидомики» (шифр ОМИКи-СПК). Таргетный количественный хромато-масс-спектрометрический анализ с мониторингом множественных реакций (LC-MRM MS) проводили с использованием синтетических внутренних стандартов (SIS), меченных стабильными изотопами, для измерения соответствующих белков в пятнах по стандартным кривым. Статистическая обработка протеома «сухих пятен» крови проводилась с применением пакета Statistica 13. Для получения информации о белках и биологических процессах применялись биоинформационные методы с привлечением программного обеспечения ANDvisio, UniProtKB, PubMed.

Выявлены достоверно изменяющиеся белки, участвующие в регуляции биологических процессов в костной ткани на 7 суток, 3 и 6 месяц КП. На 7 суток полета с биологическими процессами костной системы связаны 11 белков. На 3 месяц в биологических процессах участвует 13 достоверно изменяющихся белков, из них 6 белков появились в этом временном периоде. На 6 месяц определены 10 белков, из них вновь появившихся — два белка. С помощью инновационных биоинформатических ресурсов определены основные процессы (такие как резорбция кости, ремоделирование кости, дифференциация остеокластов, минерализация кости, окостенение, регенерация кости, созревание кости, регуляция дифференциации остеобластов), в которых участвуют эти белки на разных этапах космического полета.

Заключение. Полученные данные имеют уникальную фундаментальную ценность и практическую направленность на совершенствование медико-биологического обеспечения полетов.

Отбор проб биологического материала выполнен при финансировании Госкорпорации «Роскосмос». Комплексный анализ данных выполнен в рамках госзадания FMFR-2024-0032.

Список источников

- [1] Smith S.M., Wastney M.E., O'Brien K.O. Bone markers, calcium metabolism, and calcium kinetics during extended-duration space flight on the mir space station. *J. Bone Miner. Res.*, 2005, vol. 20 (2), pp. 208–218. <https://doi.org/10.1359/JBMR.041105>
- [2] Jullienne A., Malo M., Shaw K. Musculoskeletal perturbations of deep space radiation: Assessment using a Gateway MRI. *Life Sci. Space Res. (Amst.)*, 2024, vol. 42, pp. 74–83. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2024.05.004>