

УДК 612.172.2

Влияние геомагнитных условий, ассоциированных с космическим полетом, на вегетативную регуляцию ритма сердца человека

Попова Ольга Владимировна^(*)popovaov@imbp.ru
SPIN-код: 7004-6637

Русанов Василий Борисович

rusvb@imbp.ru
SPIN-код: 7657-9184

Орлов Олег Игоревич

orlov@imbp.ru
SPIN-код: 8253-7817

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Необходимость изучения ранее незначимых или комбинированных факторов космического полета связана с дальнейшими перспективами космических перелетов за пределы низкой околоземной орбиты (НОО). За пределами НОО особое значение приобретают гипوماгнитные условия (ГМУ), существенно влияющие на сердечно-сосудистую систему (ССС). Авторы провели исследования параметров вегетативной регуляции ритма сердца и дальнейший анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) в следующих экспериментальных моделях: антиортостатической гипокинезии (АНОГ), 365 суточной изоляции, 24-часовой экспозиции в условиях сниженного геомагнитного поля (ГМП) и в космическом полете (КП). Анализ полученных данных показывает, что сдвиг вегетативного баланса может провоцировать нарушения сердечного ритма и функциональное ремоделирование синоатриального (СА) узла сердца.

Ключевые слова: гипوماгнитное поле, факторы космического полета, вегетативная регуляция ритма сердца

Введение. К настоящему времени количество публикаций о влиянии сниженного ГМП Земли в КП на человека изучено недостаточно [1]. За последние 10 лет в Scopus/WOS по поиску «влияние ГМУ на организм человека» обнаружено менее 300 публикаций, содержащих незначительный объем экспериментальных данных. В КП на борту Международной космической станции (МКС) недостаток таких исследований связан прежде всего с тем, что ее орбита находится на расстоянии около 400 км от поверхности Земли. На такой высоте ГМП снижено незначительно и близко к наземным значениям. В результате изучение действия ГМУ на организм человека было неактуально. Однако некоторые исследования [2, 3] демонстрируют, что изменения ГМП в КП могут влиять на показатели ССС, являющейся одной из электрозависимых систем организма.

Методы и материалы; результаты. В качестве экспериментальных моделей были использованы АНОГ длительностью 21 сутки, изоляция, проведенная в рамках проекта длительностью 365 суток и 24-часовая экспозиция в условиях сниженного ГМП. Экспозиция добровольцев в ГМУ условиях течение 4-х часов была также проведена до и после годового изоляционного

эксперимента. Полученные в ходе наземного моделирования факторов КП данные были сопоставлены с данными 24-х космонавтов, полученными в реальном КП в эксперименте «Кардиовектор», проведенном на российском сегменте МКС ($46,6 \pm 4,9$ лет, $23,75 \pm 6,4$ кг/м²). В эксперименте АНОГ приняло участие 6 мужчин-добровольцев (32 ± 8 лет, $23,8 \pm 2,7$ кг/м²), в изоляционном эксперименте 2 мужчин ($22,13 \pm 0,57$ кг/м²) и 4 женщины ($20,25 \pm 1,4$ кг/м²) в возрасте от 25 до 37 лет. Исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики. Космонавты и участники наземных экспериментов представили добровольное письменное информированное согласие. Научная программа каждого эксперимента была утверждена на заседании Ученого совета и одобрена комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ-ИМБП РАН. Моделирование ГМУ было проведено в системе моделирования магнитных полей (СММП) «Арфа» (РИД №684–871–913 от 09.09.2019 г.). Для регистрации параметров вегетативной регуляции ритма сердца использовалось российское оборудование: аппаратно-программные комплексы для регистрации электрокардиограммы (ЭКГ), обработки кардиоинтервалограмм и анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард 2.8» (ООО «РАМЕНА», Рязань, Россия), «Космокард» и «Кардиовектор» (оба ГНЦ РФ – ИМБП РАН). Применялись стандартные протоколы измерения и анализа ВСР с учетом некоторых актуализированных методологических аспектов планирования исследования, анализа и представления данных [4].

Было показано, что в ГМУ различной кратности наблюдаются изменение вегетативного баланса и риск ишемизации миокарда. Общая тенденция динамики изменения активности нейровегетативных механизмов в изоляции была направлена на усиление парасимпатических модулирующих влияний начиная с 1-го месяца нахождения в гермообъекте. В условиях АНОГ было обнаружено появление сердечно-сосудистых событий на первые сутки эксперимента, сопряженные с увеличением парасимпатических модулирующих влияний. Аналогичное усиление парасимпатической активности было обнаружено на начальных этапах КП. В любых экстремальных условиях организму нужна стабильность функций ССС как одной из важнейших физиологических систем, реализующей возможность адаптационных изменений и, как было показано, в том числе, и в КП, это обеспечивается регуляторными механизмами.

Заключение. На основе экспериментальных данных, полученных в наземных экспериментах и сопоставления их с группой сравнения космонавтов в реальном КП, был описан физиологический механизм, связанный с вегетативным балансом парасимпатических и симпатических влияний на ритм сердца. Показано, что его сдвиг в область доминирования модулирующих влияний, независимо от отдела вегетативной нервной системы, способен провоцировать нарушения сердечного ритма и функциональное ремоделирование на уровне синоатриального узла сердца человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Binhi V.N., Prato F.S. Biological effects of the hypomagnetic field: an analytical review of experiments and theories. *PLoS ONE*, 2017, 12 p.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179340>
- [2] Breus T.K., Baevskii R.M., Chernikova A.G. Effects of geomagnetic disturbances on human's functional state in space flight. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 2012, pp. 341–355. <https://doi.org/10.4236/jbise.2012.56044>
- [3] Otsuka K., Cornelissen G., Kubo Y. et al. Anti-aging effects of long-term space missions, estimated by heart rate variability. *Sci Rep.*, 2019, vol. 9.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-45387-6>
- [4] Laborde S., Mosley E., Thayer J.F. Heart Rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – recommendations for experiment planning. *Front. Psychol.*, 2017. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>