

УДК 57.017.32

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы женщин в условиях 5-суточной «сухой» иммерсии и космического полета

Федчук Мария Владимировна^(*) fedchmaria@gmail.com
SPIN-код: 8912-3403

Лучицкая Елена Сергеевна e.luchitskaya@gmail.com
SPIN-код: 7869-3853

Русанов Василий Борисович rusvb@imbp.ru
SPIN-код: 7657-9184

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Проведено сравнительное исследование реакции сердечно-сосудистой системы (ССС) женщин на условия реального космического полета (КП) и наземного аналогового эксперимента — 5-суточной «сухой» иммерсии (СИ). Целью работы было изучение особенностей вегетативной регуляции и гемодинамики у женщин в экстремальных условиях. С помощью комплекса методов анализа вариабельности сердечного ритма и гемодинамики выявлены односторонние сдвиги вегетативного баланса как в КП, так и в СИ, выражающиеся в снижении парасимпатических влияний. Обнаружены выраженные индивидуальные особенности гемодинамического ответа на иммерсионное воздействие.

Ключевые слова: женская «сухая» иммерсия, сердечно-сосудистая система, вариабельность сердечного ритма, гемодинамика, адаптационные реакции

Введение. Метод «сухой» иммерсии (СИ) давно и успешно применяется в качестве наземной модели для имитации ключевых эффектов космического полета (КП) [1]. Однако исследования регуляции сердечно-сосудистой системы (ССС) и в КП, и в наземных экспериментах в основном ограничиваются когортой мужчин как космонавтов, так и добровольцев. Эксперименты с участием женщин остаются единичными [2, 3]. В свете планируемого увеличения участия женщин в космических миссиях возникает необходимость в детальном изучении особенностей функционирования их ССС в экстремальных условиях КП. Такие исследования крайне важны для точного прогнозирования рисков и разработки эффективных профилактических мер, обусловленных половыми особенностями.

Методы и материалы; результаты. В представленном исследовании анализированы данные вариабельности сердечного ритма (ВСР) и гемодинамики у женщин в условиях 5-суточной СИ (7 женщин, возраст 21–43 лет) и в условиях реального КП (2 женщины-космонавта, возраст 39 лет). До и после СИ проводилась пассивная ортопроба. Начало исследований в СИ у женщин было синхронизировано с фазами менструального цикла (МЦ).

Проведенные исследования одобрены комиссией по биомедицинской этике ГНЦ РФ — ИМБП РАН и проведены с соблюдением всех биоэтических норм.

С целью комплексной оценки гемодинамического и вегетативного ответа применялся полимодальный мониторинг, включавший электрокардиографию (ЭКГ), в первую очередь для анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР); импедансную кардиографию (ICG) для расчета ударного объема и оценки сократимости; сейсмокардиографию (SCG) для прецизионной детекции фаз сердечного цикла; и трехосевую баллистокардиографию (BCG) для анализа механических проявлений сердечной деятельности. Такой подход позволил провести интегральный анализ как управляющих влияний вегетативной нервной системы, так и эффективности их реализации на уровне насосной функции сердца.

Было показано, что как в КП, так и при моделировании эффектов микрогравитации независимо от исходного типа регуляции ССС у женщин происходят однонаправленные изменения вегетативного баланса, выраженные в уменьшении доли парасимпатических влияний. Анализ гемодинамических параметров выявил снижение среднединамического давления (СДД) во время СИ у трех из семи участниц, что свидетельствует о неполной компенсации эффектов моделируемой микрогравитации. Выявлено закономерное ухудшение переносимости ортопробы, выраженное в увеличении прироста частоты сердечных при вертикализации.

Заключение. Комплексный полимодальный мониторинг, включавший анализ ВСР и гемодинамических параметров, подтвердил свою эффективность для интегральной оценки состояния кардиореспираторной системы. Полученные данные являются важным вкладом в понимание физиологических особенностей женского организма в экстремальных условиях и необходимы для разработки точных прогностических моделей и эффективных профилактических мер для будущих КП с участием женщин-космонавтов.

Исследования выполнены в рамках базовой темы FMFR-2024-0042.

Список источников

- [1] Amirova L., Navasiolava N., Rukavishnikov I., Gauquelin-Koch G. Cardiovascular system under simulated weightlessness: head-down bed rest vs. dry immersion. *Front. Physiol.*, 2020, vol. 11, art. no. 395. <http://doi.org/10.3389/fphys.2020.00395>
- [2] Tomilovskaya E., Amirova L., Nosikova I., Rukavishnikov I. The First female dry immersion (naiad-2020): design and specifics of a 3-day study. *Front Physiol*, 2021, vol. 12, art. no. 661959. <http://doi.org/10.3389/fphys.2021.661959>
- [3] Robin A., Van Ombergen A., Laurens C., Bergouignan A. et al. Comprehensive assessment of physiological responses in women during the ESA dry immersion VIVALDI microgravity simulation. *Nat. Commun.*, 2023, vol. 14, no. 1, art. no. 6311. <http://doi.org/10.1038/s41467-023-41990-4>