

УДК 616.858.1

Исследование параметров носового дыхания по данным риноманометрии у добровольцев в условиях моделируемой микрогравитации

Сигалева Елена Эдуардовна

Пасекова Ольга Борисовна^(*)

Марченко Лилия Юрьевна

Сигалева Татьяна Вячеславовна

Иванов Кирилл Петрович

Мацнев Эдуард Иванович

sigaleva@mail.ru

obp1710@gmail.com

golubayavoda@mail.ru

t.arkharova@gmail.com

kpivanov95@gmail.com

e.matsnev@mail.ru

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Проведено экспериментальное исследование функции носового дыхания у восьми здоровых мужчин-добровольцев в условиях 14-суточной «сухой» иммерсии методом антериорной риноманометрии с использованием компьютерного прессотахоспирографа «Ринолан» («Ланамедика», Россия). Полученные результаты показали снижение показателей объема воздушного носового потока, увеличение показателей сопротивления носового дыхания, что указывает на снижение проходимости носовых ходов, свидетельствует о респираторной назальной непроходимости и демонстрирует негативное воздействие условий моделируемой микрогравитации на состояние функции носового дыхания добровольцев.

Ключевые слова: носовое дыхание, риноманометрия, сухая иммерсия, моделируемая микрогравитация

Введение. Известно, что одним из возможных механизмов функциональных изменений в организме человека в условиях космического полета является перераспределение жидких сред организма в краниальном направлении, приводящие к нарушениям церебрального венозного оттока и ликвородинамики [1, 2]. В условиях микрогравитационного перераспределения жидких сред происходит и изменение состояния капиллярного кровотока [3]. По заключению автора, в верхних отделах тела, где капиллярное кровяное давление увеличивается по сравнению со значениями 1G, а давление интерстициальной жидкости падает, транкапиллярный поток интерстициальной жидкости смещается в обратную сторону и вызывает отек тканей лица и верхней половины туловища [3].

Представляется вероятным, что нарушения микроциркуляторной гемодинамики и развитие венозного стаза, обусловленные краниальным перераспределением жидких сред способствуют развитию отека слизистой оболочки носоглотки и слуховой трубы.

Ретроспективный анализ медицинских карт 46-ти членов экипажей американского сегмента Международной космической станции (МКС), совершивших полеты длительностью до 6 месяцев, показал, что одними из основ-

ных жалоб во время полета были длительная заложенность ушей, носа, отек мягких тканей лица, риноррея [4]. По данным анализа заболеваний ЛОР-органов у российских космонавтов во время полетов экипажей 83-х основных экспедиций на МКС отмечались жалобы на заложенность носа, ушей, клинически выявлялись острые риниты, отиты, ринофарингиты [5].

Наземные модельные эксперименты позволяют изучать особенности физиологического состояния организма человека при воздействии отдельных факторов космического полета и выполнять перспективные научные исследования для усовершенствования методов оценки клинико-физиологического состояния космонавтов.

Экспериментальные данные о затруднении венозного оттока из полости черепа, а также о снижении кровотока по яремным венам и церебральному венозному синусу у добровольцев ранее были получены в эксперименте с трехсуточной «сухой» иммерсией. [6].

Собственные исследования [7, 8], в условиях наземного моделирования эффектов микрогравитации – «сухой» иммерсии различной продолжительности продемонстрировали негативное влияние условий моделируемой микрогравитации на функциональное состояние органа слуха добровольцев, обусловленное эффектом перераспределения жидких сред в краниальном направлении [7, 8].

Целью настоящего исследования явилась оценка функции носового дыхания у добровольцев в условиях эксперимента с моделируемой микрогравитацией — 14-суточной «сухой» иммерсией (14СИ)

Методы и материалы; результаты. В исследовании приняли участие 8 здоровых мужчин-добровольцев, в возрасте от 23 до 41 года, средний возраст $32,3 \pm 5,7$ лет. Исследование функции носового дыхания проводилось трижды: в «фоне», на 7-е и 14-е сутки воздействия. Регистрацию риноманометрии проводили с использованием прибора для оценки функционального состояния органов дыхания «Прессотахоспирограф ПТС-14П-01», исполнение «Ринолан» (ООО «Ланамедика», Россия). Регистрировали показатели объема потока, мл/сек, суммарного потока, мл/сек, и сопротивления, даПа. Измерения проводились в течение нескольких дыхательных циклов с помощью датчика, зафиксированного внутри ротоносовой маски. Оценивали функциональные параметры носового дыхания при вдохе и выдохе: объем воздушного потока, мл/сек, и объем носового сопротивления, даПа, для каждой половины носа в отдельности, а также показатели суммарного потока, мл/сек, для обеих половин носа. С учетом полученных данных определяли степень респираторной назальной непроходимости у добровольцев.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Statistica 12.0. Количественные данные представлены в виде среднего значения (Mean) и стандартного отклонения (SD). Для определения значимости отличий использовали непараметрический критерий Вилкоксона. Статистически достоверными считали результаты при $p < 0,05$.

Фоновые значения показателей риноманометрии оценивали согласно нормативным данным. Проходимость носовых ходов в норме определяется при уровне значений объема суммарного воздушного потока 700 мл/сек и выше. Снижение показателя суммарного потока ниже указанных значений определяет степень снижения (умеренное или выраженное) респираторной проходимости.

Показали фоновых значений суммарного потока для обеих половин носа у добровольцев определялись на уровне умеренного снижения и составляли в среднем по группе ($n = 8$) ($\text{Mean} \pm \text{SD}$) — $570,3 \pm 74,7$ мл/сек на вдохе и $630,3 \pm 83,3$ мл/сек на выдохе. Показатели суммарного сопротивления для обеих половин носа составили в фоне $0,27 \pm 0,1$ даПа на вдохе и $0,29 \pm 0,1$ даПа на выдохе. На протяжении эксперимента у всех добровольцев отмечалось последовательное снижение суммарного воздушного потока и увеличение суммарного сопротивления носового дыхания, как на вдохе, так и на выдохе. Также на 7-е и 14-е сутки у добровольцев отмечалось снижение показателей объема воздушного носового потока и увеличение показателей сопротивления носового дыхания, измеренных отдельно для правой и левой половин носа на вдохе и выдохе. Статистически достоверных различий параметров риноманометрии не получено, что, вероятно, связано с небольшой выборкой исследований. Данные динамики показателей риноманометрии представлены графически на рис. 1 и 2.

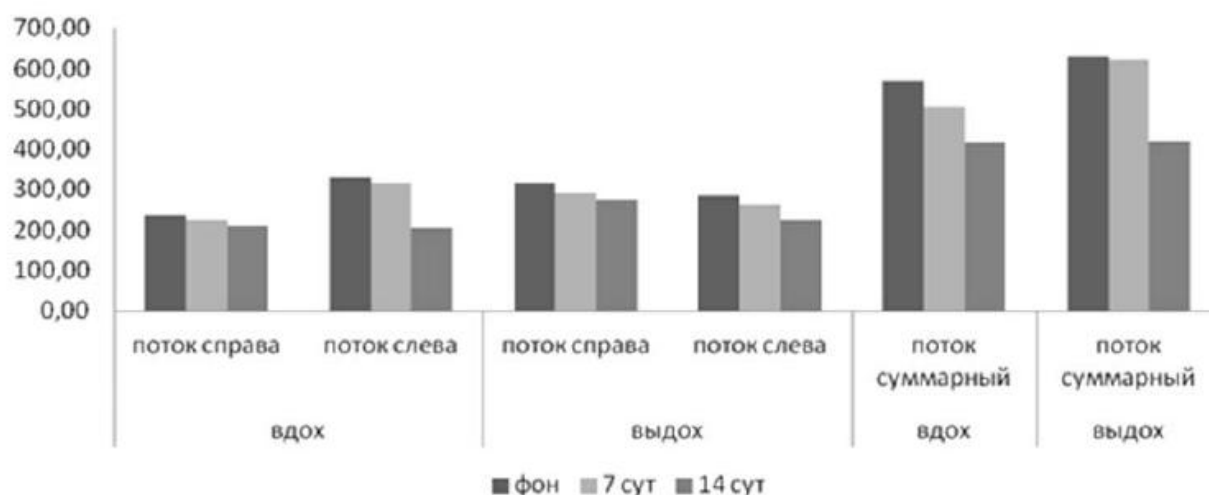


Рис. 1. Динамика показателей объема воздушного потока на вдохе и выдохе, мл/сек, у добровольцев ($n = 8$) в эксперименте с 14 СИ

Закключение. Таким образом, настоящее исследование продемонстрировало, что пребывание в условиях 14 СИ сопровождается развитием нарушений функции носового дыхания у добровольцев. Полученные объективные данные свидетельствуют о развитии функциональных вазомоторных нарушений слизистой оболочки носа и нарушений носового дыхания в условиях

моделируемой микрогравитации, что, предположительно, обусловлено перераспределением жидких сред организма в краниальном направлении. Планируется проведение дальнейших исследований респираторной непреходимости носовых ходов в условиях 14 СИ с участием большего количества добровольцев для получения статистически достоверных данных.

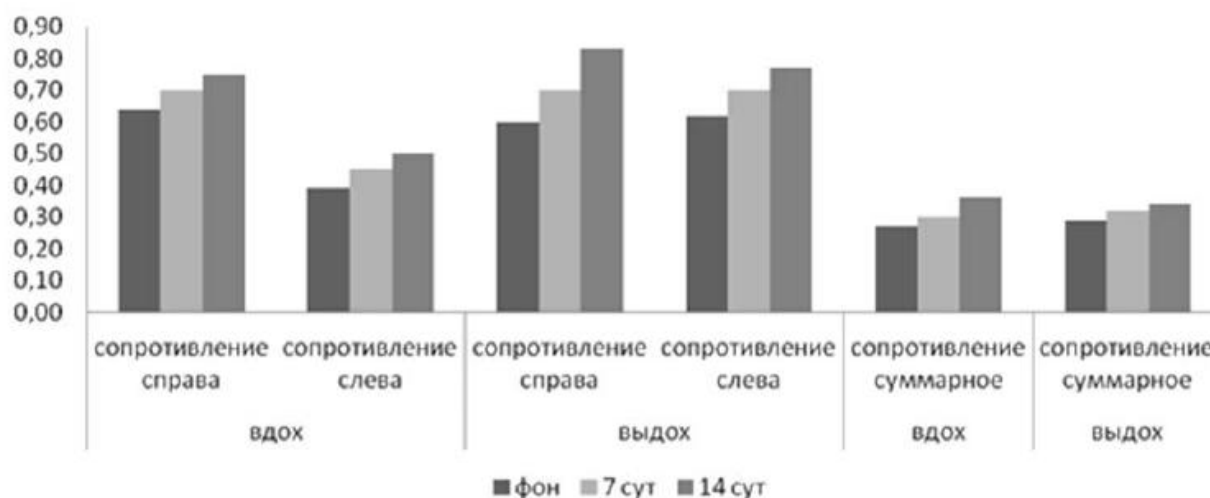


Рис. 2. Динамика показателей носового сопротивления при вдохе и выдохе, даПа, у добровольцев ($n = 8$) в эксперименте с 14 СИ

Объективное исследование параметров носового дыхания необходимо проводить для динамического наблюдения за здоровьем космонавтов в процессе их профессиональной деятельности в целях диагностики возможных патологических изменений слизистой оболочки лор-органов для разработки программы лечебно-профилактических мероприятий для сохранения профессионального долголетия космонавтов с учетом перспективы длительных орбитальных и межпланетных космических полетов.

Исследование выполнено в рамках темы государственного задания FMFR-2024-0039.

Список источников

- [1] Van Ombergen A., Jillings S., Jeurissen B. Brain ventricular volume changes induced by long-duration spaceflight. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2019, vol. 116, no. 21. pp. 10531–10536. <https://doi.org/10.1073/pnas.1820354116>
- [2] Kramer L.A., Sargsyan A.E., Hasan K.M. et al. Orbital and intracranial effects of microgravity: results of 3-T MRI. *Radiol*, 2012, vol. 263, pp. 819–827. <https://doi.org/10.1148/radiol.12111986>
- [3] Hargens A.R., Richardson S. Cardiovascular adaptations, fluid shifts, and countermeasures related to space flight. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2009, vol. 169, pp. s30–s33. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2009.07.005>

-
- [4] Crucian B., Babiak-Vazquez A., Johnston S., Pierson D.L., Ott C.M., Sams C. Incidence of clinical symptoms during long-duration orbital spaceflight. *Int. J. Gen. Med.*, 2016, vol. 9, pp. 383–391. <https://doi.org/10.2147/IJGM.S114188>
- [5] Богомолов В.В., Поляков А.В., Мацнев Э.И., Попова И.И., Ковачевич И.В., Алферова И.В., Репенкова Л.Г., Сигалева Е.Э. Диагностика и лечение заболеваний ЛОР-органов у российских космонавтов в полетах на орбитальной станции «Мир» и МКС, *Авиакосмическая и экологическая медицина*, 2020, т. 54, № 3, с. 22–27.
- [6] Морева Т.И., Криушев Е.С., Морева О.В., Пасекова О.Б. Влияние «сухой» иммерсии на кровоток по яремным венам и церебральному венозному синусу по данным ультразвуковых методов исследования. *Авиакосмическая и экологическая медицина*, 2018, т. 52, № 2, с. 48. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2018-52-2-48-53>
- [7] Пасекова О.Б., Сигалева Е.Э., Марченко Л.Ю., Иванов К.П., Мацнев Э.И., Орлов О.И. Перспектива использования метода регистрации различных классов отоакустической эмиссии для динамической оценки состояния внутричерепного давления. *Сенсорные системы*, 2022, т. 36, № 4, с. 338–348. <https://doi.org/10.31857/S0235009222040059>
- [8] Пасекова О.Б., Сигалева Е.Э., Мацнев Э.И., Марченко Л.Ю., Иванов К.П., Сигалева Т.В., Ильин В.К., Морозова Ю.А., Томиловская Е.С. Динамика показателей функционального состояния органа слуха и состава микрофлоры ЛОР-органов человека в условиях наземного моделирования эффектов микрогравитации. *Авиакосмическая и экологическая медицина*, 2024, т. 58, № 2, с. 81–89. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2024-58-2-81-89>