

УДК 612.176

Оценка структурно-функциональных изменений сердца методом МРТ-сканирования у космонавтов до и после космического полета

Лучицкая Елена Сергеевна

e.luchitskaya@gmail.com

SPIN-код: 7869-3853

ГНЦ РФ — ИМБП РАН, Москва, Россия

Аннотация. Считается, что нахождение в условиях микрогравитации вызывает детренированность сердца, в первую очередь из-за гиповолемии и гиподинамии. В работе проанализированы данные девяти российских космонавтов, совершивших космические полеты разной продолжительности. Исследования выполнены на МРТ-сканере оснащенном кардиоиндукционной катушкой до и после космических миссий. Показано, что космический полет (КП) не повлиял на объемы и фракцию выброса левого желудочка (ЛЖ), но было отмечено достоверное увеличение частоты сердечных сокращений, сердечный выброс и параметры продольной деформации. Важным выводом является достоверное снижение массы папиллярных мышц ЛЖ с тенденцией к увеличению массы ЛЖ, увеличение диаметра митрального кольца и увеличение сферичности ЛЖ. Эти данные свидетельствуют о том, что ЛЖ адаптируется к работе в условиях микрогравитации, изменяя геометрию, но атрофия папиллярных мышц, зарегистрированная впервые, требует дальнейшего изучения для оценки различных режимов тренировок, мер профилактики и долгосрочных последствий КП.

Ключевые слова: космический полет, сердечно-сосудистая система, МРТ-сканирование сердца, левый желудочек, папиллярные мышцы

Введение. Без профилактических мер в виде физических упражнений длительное воздействие такой мультифакторной экстремальной среды, как космический полет, приводит к снижению функции ЛЖ, выражающееся в снижении ударного объема [1] и увеличении сферичности полости ЛЖ [2]. Хорошо известно, что изменения геометрической формы сердца приводят к региональным изменениям напряжения стенки желудочка и ремоделированию миокарда. Единственное исследование, в котором описываются изменения именно папиллярных мышц ЛЖ после воздействия микрогравитации, было опубликовано в 1992 г. и касалось экспериментов на животных [3]. Было показано, что после 14-дневного воздействия микрогравитации на крыс средняя площадь поперечного сечения миофибрилл папиллярных мышц была значительно (на 19 %) уменьшена по сравнению с группой контроля. Подобных исследований с участием космонавтов до настоящего времени не проводилось.

Методы и материалы; результаты. Исследования проводились на МРТ-сканере с использованием рутинных кино-последовательностей с ретроспективной ЭКГ-синхронизацией с многократными задержками дыхания в режиме bSSFP. Протокол сканирования, соответствующий международным реко-

мендациям, включал несколько кино-последовательностей: в двухкамерной проекции ЛЖ, в трехкамерной проекции на уровне центра выходного тракта ЛЖ, в четырехкамерной проекции и по короткой оси желудочков.

Проанализированы данные 9 космонавтов (мужчины, $44 \pm 5,5$ года; ИМТ $26,3 \pm 1,8$ кг/м²), выполнявших космический эксперимент «Кардиовектор». Шесть из них совершили полугодовые КП, трое участвовали в длительных годовых полетах на МКС.

При сопоставлении результатов до и после длительных КП не выявлено существенных различий в конечно-диастолическом и конечно-систолическом объемах (КДО и КСО) левого желудочка, ударном объеме (УО) и фракции выброса (ФВ). Однако из-за более высокой ЧСС после полета по сравнению с предполетным периодом наблюдалось увеличение сердечного выброса (МОК) после полета ($6,0 \pm 1,0$ против $5,2 \pm 1,3$). Выявлено уменьшение на 14 % массы папиллярных мышц после КП ($10,1 \pm 1,8$ и $8,7 \pm 1,8$ соответственно) — структурных элементов клапанного аппарата, которые чаще не выделяются отдельно при анализе массы миокарда. Обнаружено значительное увеличение диаметра митрального кольца после длительного КП ($36,8 \pm 4,4$ мм по сравнению с $34,8 \pm 4,0$ мм в фоне).

Заключение. Исследование показало, что 6-месячное (и более длительное) воздействие микрогравитации вызывает атрофию папиллярных мышц ЛЖ сердца с сопутствующей кольцевой дилатацией митрального клапана. Эта физиологическая атрофия требует наблюдения в динамике, т. к. может привести к субклиническим изменениям функции митрального клапана и, как следствие, возможным нарушениям в работе сердца. Из-за объективных ограничений (малая выборка, неодинаковое количество участников КП разной длительности, смена диагностического оборудования и др.) выводы не могут быть однозначны и требуют дальнейшего исследования. Несмотря на выявленную достоверную атрофию папиллярных мышц, левый желудочек адаптируется к воздействию условий космического полета достаточно адекватно, сохраняя стабильными и практически неизменными КДО и КСО, УО и ФВ.

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

Список источников

- [1] Herault S. Cardiac, arterial and venous adaptation to weightlessness during 6-month MIR spaceflights with and without thigh cuffs (bracelets). *Eur. J. Appl. Physiol*, 2000, vol. 81 (5), pp. 384–390.
- [2] Summers R.L. Ventricular chamber sphericity during spaceflight and parabolic flight intervals of less than 1 G. *Aviat Space Environ Med.*, 2010, vol. 81, pp. 506–510.
- [3] Goldstein M.A., Edwards R.J., Schroeter J.P. Cardiac morphology after conditions of microgravity during COSMOS 2044. *J. Appl. Physiol.*, 1985, vol. 73, art. no. 94S-100S.