

11. Ярочкин В. С., Панов В. П., Максимов П. И. Острая кровопотеря. М.: Медицина, 2004.
12. Banić M., Malfertheiner P., Babić Z. Historical impact to drive research in peptic ulcer disease // Dig. Dis. 2011. Vol. 29(5). P. 444–453.
13. Oburoglu L., Romano M., Taylor N., Kinet S. Metabolic regulation of hematopoietic stem cell commitment and erythroid differentiation // Curr. Opin. Hematol. 2016. Vol. 23(3). P. 198–205.
14. Palmer K. Acute upper gastrointestinal haemorrhage // Br. Med. Bull. 2007. Vol. 83. P. 307–324.
15. Ruiz L., Jensen E., Bustos R. Adaptive responses of mitochondria to mild copper deprivation involve changes in morphology, OXPHOS remodeling and bioenergetics // J. Cell Physiol. 2014. Vol. 229(5). P. 607–619.

*Ерофеева Л. М.*

## ГИСТОФИЗИОЛОГИЯ ТИМУСА КРЫС ПРИ АДАПТАЦИИ К ГИПЕРГРАВИТАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

*Центральная патологоанатомическая лаборатория  
(заведующий — чл.-корр. РАН, проф. Л.В. Кактурский)*

*Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Научно-исследовательский институт морфологии человека», Москва,  
e-mail: gystology@mail.ru*

---

Перспектива длительных межпланетных космических экспедиций делает актуальной проблему повышения устойчивости организма космонавтов к длительному воздействию факторов космического полета. Наиболее перспективным считается воздействие искусственной силы тяжести малой величины [4]. Показана возможность формирования в организме животных адапционной памяти на гравитационный стимул [1, 5]. Адаптация органов иммунной системы к гипергравитационному воздействию до настоящего времени не изучалась.

**Цель работы:** исследование морфофункционального состояния тимуса при длительном воздействии гипергравитации силой 2G и возможности усиления адапционного потенциала органа посредством повторного воздействия этого фактора.

**Материал и методы.** Экспериментальная часть работы была выполнена на базе ГНЦ РФ «Институт медико-биологических проблем» РАН. Гистологическими и морфометрическими методами исследовали структуру и клеточный состав тимуса крыс-самцов Вистар массой 197±2 г после воздействия гипергравитации в однократном и повторном режимах (по 10 особей в группе). Гипергравитацию моделировали путем непрерывного вращения животных в периферических клетках центрифуги ЦФКБ-365 с радиусом 1,41 м. Скорость вращения центрифуги — 33,3 об./мин., величина перегрузки — 2g. Вращение животных 1-й группы осуществляли однократно в течение 5 суток, 2-й группы — двукратно, 19 и 5 суток с интервалом в 30 суток между вращениями. Контролем служили интактные животные (10 особей). Программа исследований одобрена Комиссией по биоме-

дицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН. Все манипуляции с животными проводились с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», регламентированных Приказом № 755 Министерства здравоохранения СССР от 12 августа 1987 года.

**Результаты.** После пребывания крыс в условиях гипергравитации в течение 5 суток [2] в тимусе выявлены признаки акцидентальной инволюции, такие как уменьшение размеров органа, истончение коркового слоя, обеднение его лимфоцитами, стирание кортико-медуллярной границы, а также интерстициальные и периваскулярные отеки, венозный застой и диапедез. По данным морфометрии после однократного 5-суточного воздействия гипергравитации в тимусе происходило нарушение корково-мозгового соотношения за счет достоверного уменьшения площади коры и увеличения площади мозгового вещества. Уменьшалась также доля тимусных телец и кровеносных сосудов в общей площади среза. Спустя 30 суток после окончания воздействия в тимусе выявлена гипертрофия коркового слоя и скопления жировых клеток в корковых перегородках, что является признаком возрастной инволюции. Повторное воздействие гипергравитации также приводило к уменьшению площади коры и увеличению площади мозгового вещества по сравнению с исходным уровнем (т. е. после реадaptации). Однако при этом корково-мозговое соотношение не изменялось.

Однократное воздействие приводило к усилению деструкции клеток как в корковом, так и в мозговом веществе и усилению макрофагальной реакции (рис. 1). Повторное воздействие не вызывало усиления процессов деструкции клеток. Содержание малых лимфоцитов в корковом веществе тимуса после однократного воздействия повышенной гравитации достоверно уменьшалось, но за период реадaptации практически восстановилось до уровня контроля (рис. 2). Повторное воздействие не приводило к достоверно значимым изменениям содержания малых лимфоцитов в корковом веществе тимуса.



Рис. 1. Относительное содержание деструктивно измененных клеток в тимусе крыс после воздействия гипергравитации силой 2g. Здесь и в следующих рисунках достоверные различия отмечены звездочкой (\*)



Рис. 2. Относительное содержание малых лимфоцитов в тимусе крыс после воздействия гипергравитации силой 2g

Содержание лимфоцитов в мозговом веществе при воздействии гипергравитации практически не изменялось.

Важным показателем функциональной активности тимуса является уровень лимфоцитопоза, который характеризуется содержанием митотически делящихся и бластных форм лимфоцитов. Однократное воздействие приводило к уменьшению митотического индекса в функциональных компонентах органа (рис. 3). За период реадaptации пролиферативная активность лимфоцитов не восстановилась до уровня контроля. После повторного воздействия во всех структурах тимуса наблюдалось увеличение доли митотически делящихся клеток относительно исходного уровня (т. е. после реадaptации). Аналогичная динамика была отмечена и в содержании бластных форм и больших лимфоцитов.

Таким образом, длительное пребывание крыс в условиях повышенной силы тяжести сопровождалось выраженными морфологическими изменениями в тимусе, характерными для стресса: снижение уровня лимфоцитопоза и усиление процессов деструкции клеток, что приводило к истончению коркового слоя и обеднению его лимфоцитами. Эти нарушения не нормализовались даже на 30-е сутки периода реадaptации животных к условиям силы тяжести Земли.

Повторное гипергравитационное воздействие вызывало в тимусе менее значительное усиление процессов деструкции клеток и практически не изменяло содержание малых лимфоцитов. Однако уровень митотической активности в подкапсулярной зоне коры и в мозговом веществе, напротив, был выше, чем у животных в контроле и после реабилитационного периода (т. е. исходного уровня). По нашему мнению, это может свидетельствовать о повышении адаптационных возможностей тимуса посредством повторного воздействия экстремального фактора [3]. Учитывая данные литературы [6, 7], можно предположить возможность формирования «гравитационной памяти» у лимфоцитов тимуса при повторном длительном воздействии гипергравитации, а также вовлеченность иммунной си-



Рис. 3. Процентное содержание клеток в стадиях митоза в тимусе крыс после воздействия гипергравитации силой 2g

стемы в реакцию отсроченной потенции, возникшей в организме животных в условиях повышенной силы тяжести.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячкова Л. Н., Краснов И. Б. Ультраструктура соматосенсорной коры головного мозга крыс, развившихся в условиях гипергравитации // Космическая биология и авиакосмическая медицина. Тез. докл. XI конференции. Т. 1. М., 1998. С. 249–250.
2. Ерофеева Л. М., Краснов И. Б., Сапин М. Р. Структурно-функциональное состояние тимуса при адаптации крыс к условиям повышенной гравитации // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2003. № 2. С. 219–222.
3. Ерофеева Л. М., Краснов И. Б., Сапин М. Р. Особенности изменения цитоархитектоники тимуса крыс при повторном воздействии гипергравитации // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2005. № 8. С. 218–221.
4. Котовская А. Р., Виль-Вильямс И. Ф. Современная концепция противоперегрузочной защиты космонавтов // Организм и окружающая среда: жизнеобеспечение и защита человека в экстремальных условиях. Т. 1. М., 2000. С. 227–229.
5. Краснов И. Б., Алексеева Е. И., Логинов В. И., Бурковская Т. Е., Чельная Н. А. Повторное воздействие гипергравитации: морфологическое исследование гипофиза, щитовидной железы, крови и костного мозга крыс // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1998. Т. 32, № 5. С. 28–31.

6. *Краснов И. Б.* Отсроченная потенция как эффект повторного воздействия гипергравитации // *Космическая биология и авиакосмическая медицина. Тез. докл. XII конференции.* М., 2002. С. 192–193.
7. *Krasnov I. B.* Gravity induced postponed potentiation as a result of repeated 2G influence on rat // *Journal of Gravitational Physiology.* 2002. Vol. 9(1). P.41–42.

*Затолокина М. А.<sup>1</sup>, Кузнецов С. Л.<sup>2</sup>*

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА  
В МОРФОЛОГИИ НА ПРИМЕРЕ ОСОБЕННОСТЕЙ  
МОРФОГЕНЕЗА ПАРАНЕВРАЛЬНЫХ  
СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННЫХ СТРУКТУР  
В ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОМ РЯДУ**

<sup>1</sup>*Кафедра гистологии, цитологии, эмбриологии (заведующий – профессор А. В. Иванов)  
Курского государственного медицинского университета, Курск,  
e-mail: marika1212@mail.ru*

<sup>2</sup>*Кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии  
(заведующий – профессор С. Л. Кузнецов) Первого Московского государственного  
медицинского университета имени И.М. Сеченова, Москва,  
e-mail: vakmedbiol@rambler.ru*

---

В настоящее время идея системности и системный подход в области медицины считаются ведущими методологическими ориентирами. Под системой принято понимать совокупность любых элементов, которые находятся в определенных связях между собой и реагируют на изменения окружающей среды только как целое. Элементом, в свою очередь, называют неделимую по отношению к системе ее часть. Еще великий физиолог Иван Петрович Павлов считал, что всякий живой организм «представляет крайне сложную систему, состоящую из почти бесконечного ряда частей, связанных друг с другом, так и в виде единого комплекса с окружающей средой». Многообразие и сложность строения живых организмов явились предпосылкой для использования системного подхода к их изучению [5].

Потребность в использовании системного подхода в изучении морфогенеза параневральных структур возникла в связи со сложностью их организации, многогранностью функций, а также наличием определенной взаимосвязи составляющих элементов друг с другом, с окружающими структурами и способными реагировать, обладать некой реактивностью на действие факторов внешней среды как единое целое, как система [2, 3, 4].

Следует отметить, что системный подход – это многоступенчатый процесс познания, поиска причин и принятия решений для достижения поставленной цели. В нашей работе имеются четыре этапа исследования, логично следующие друг за другом. На 1-м этапе были определены наличие и степень выраженности параневральных структур у разных животных филогенетического ряда; на 2-м