

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ МЕХАНИКО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЗВОНКОВ КРЫС МОЛОДОГО ВОЗРАСТА ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЕРЕГРУЗКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ, ПОВЫШАЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ДЕЙСТВИЮ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ

Кутя С.А., Столоногов А.О., Лискевич Р.В.

ГУ «Крымский государственный медицинский университет имени С.И. Георгиевского»

Одним из направлений в современных медико-биологических исследованиях является изучение причин и механизма устойчивости биобъектов к действию факторов, неблагоприятно влияющих на них. Так, в сфере космонавтики и авиации ведущую позицию занимает проблема влияния гравитационных перегрузок на организм человека, в связи с усовершенствованием старых и появлением новых сверхскоростных летательных аппаратов [1-3, 8, 10]. Среди систем органов, подвергающихся структурным и функциональным изменениям под действием данного фактора, далеко не последнее место занимает опорно-двигательный аппарат. Не меньший интерес представляет и дальнейшая разработка методов повышения устойчивости пилотов к перегрузкам, действующим при взлете, полете и посадке пилотируемого аппарата. Вышеупомянутые факты стали основополагающими при выборе темы исследования и постановке цели, которой явилось установление закономерностей изменений механико-пластических характеристик позвонков крыс молодого возраста под влиянием систематического гипергравитационного воздействия с использованием различных методов противоперегрузочной защиты.

Материалы и методы исследования. Эксперимент был проведен на 108 крысах самцах линии Вистар молодого возраста. На начало эксперимента животные были шестимесячными с исходной массой 200-220 г.

Животные были разделены на 6 серий по 18 крыс в каждой. Животных первой серии (серия П) ежедневно подвергали воздействию поперечных гравитационных перегрузок величиной 9g в течение 10 минут в виде следующих друг за другом трех «площадок» продолжительностью по 3 минуты (с двумя 30-ти секундными перерывами между ними), что соответствует средней длительности пилотажного комплекса, выполняемого современным высокоманевренным самолетом [10]. Гипергравитационное воздействие моделировали путем вращения животных в периферических контейнерах на центрифуге Ц-2/500 (рабочий диапазон от 1 до 50 g, радиус плеча 50 см, градиент нарастания – 1,6 g/c, градиент спада – 0,6-0,8 g/c).

Животным второй серии (серия Г) за 30 минут до моделирования гипергравитации внутрибрюшинно вводили глутаргин («Здоров'я», Харьков) в дозе 100 мг/кг массы крысы [5]. Крыс

третьей серии (серия ГЗ) подвергали воздействию перегрузок в условиях комбинированной защиты: физической и глутаргина. Физическая противоперегрузочная защита обеспечивалась помещением крыс в эластичный герметичный контейнер, снабженный системой вентиляции, который в свою очередь помещался в жесткий цилиндр, состоящий из непрозрачной металлической и прозрачной пластиковой частей. Эластичный контейнер выполнен из прозрачного полихлорвинила, и является капсулой жизнеобеспечения. Пространство между эластичной капсулой и жестким цилиндром заполнялось водой. Жесткий цилиндр крепился в центрифуге вместе с газовым баллоном [4]. Животным четвертой серии (серия Л) за 30 минут до сеанса гипергравитации внутрибрюшинно вводился липофлавон («Биолек», Харьков) в дозе 2,5 мг/кг (по кверцетину) массы крысы [6]. Контролем (К-1) для серии П служили животные, которых на период сеанса гипергравитации помещали в аналогичные контейнеры и размещали на верхней платформе центрифуги. Контролем (К-2) для остальных серий служили крысы, которым за 30 минут до помещения в контейнеры внутрибрюшинно вводили стерильный физиологический раствор в эквивалентных объемах.

По истечении сроков эксперимента на 11-й, 31-й и 61-й день животных декапитировали под эфирным наркозом. Проводили скелетирование, освобождая от мягких тканей V поясничные позвонки.

Биомеханические параметры костей на сжатие исследовали при помощи устройства собственной конструкции (рис. 1) со скоростью нагружения 0,25 мм/мин до полного разрушения [7]. Рассчитывали несущую способность, жесткость, предел прочности и модуль упругости [9].

Результаты исследования и их обсуждение. Десятикратное воздействие гравитационных перегрузок не оказало существенного влияния на изучавшиеся показатели. Однако, обращает на себя внимание тот факт, что все они были меньше контрольных значений.

Тридцатикратное воздействие гравитационных перегрузок привело к уменьшению значений всех изучавшихся показателей свойств позвонков как материала и конструкции относительно результатов, полученных в контрольной серии: предела прочности позвонков на 12,95 % ($p < 0,05$) их модуля упругости на

16,53 % ($p < 0,05$), несущей способности на 5,85 % ($p < 0,05$), и жесткости на 12,40 % ($p < 0,05$) (рис. 2, 3). Эти данные указывают на снижение прочности позвонков, а также способности сопротивляться деформации и разрушению.



Рис. 1. Внешний вид устройства для определения биомеханических характеристик костей крыс.

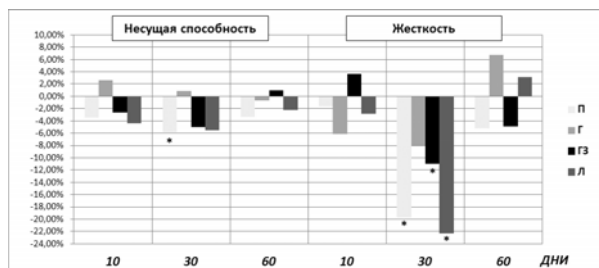


Рис. 2. Динамика изменения показателей, характеризующих позвонки крыс как конструкцию в сравнении с контролем (* - $p < 0,05$).

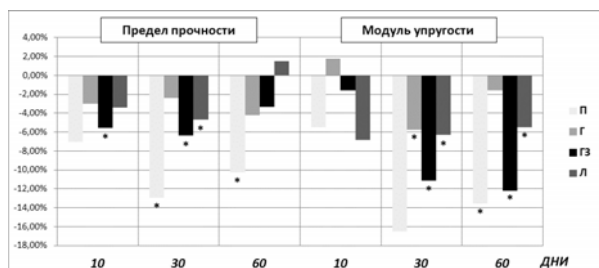


Рис. 3. Динамика изменения показателей, характеризующих позвонки крыс как материал в сравнении с контролем (* - $p < 0,05$).

Похожие изменения были выявлены и после шестидесяти сеансов моделирования гравитационных перегрузок, но меньшей степени выраженности. Значения показателей, отражающих конструкционные особенности позвонков, были меньше контрольных на 3,36 % ($p > 0,05$) (несущая способность) и 5,26 % ($p > 0,05$) (жесткость) (рис. 2). Отклонения величин остальных показателей были менее выраженными, чем после тридцатикратного воздействия. Так, предел прочности был сниженным относительно контроля на

10,27 % ($p < 0,05$), а модуль упругости – на 13,56 % ($p < 0,05$) (рис. 3).

У животных серий с парентеральным введением глутаргина, липофлавона и комбинации глутаргина с физической защитой, также как и у крыс серии П, десятикратное воздействие гравитационных перегрузок на организм, не вызвало существенного изменения показателей биомеханических свойств позвонков при проведении испытаний на сжатие, так как подавляющее большинство полученных результатов были статистически недостоверными (рис. 2, 3).

После ежедневного тридцатикратного воздействия гравитационных перегрузок показатель несущей способности позвонков у животных серии с применением глутаргина незначительно отличался от контрольных значений, в то время как у крыс серий с комбинированной защитой и введением липофлавона снизился, в сравнении с данными в контрольной серии, на 4,97 % ($p > 0,05$) и 5,52 % ($p < 0,05$) соответственно, что было на уровне отклонения в серии П (рис. 2). Показатель жесткости позвонков снизился, в сравнении с контрольными данными, у животных всех групп в 1,1-1,3 раза, однако, его отклонение в серии с применением липофлавона было большим, чем в серии П, в отличие от остальных серий (рис. 2).

Наблюдавшееся у животных серии П существенное уменьшение предела прочности, обнаружили и у крыс остальных экспериментальных серий, хотя, обращает на себя внимание меньшая степень отклонения от контроля: на 2,41 % ($p > 0,05$) в серии с применением глутаргина, 6,39 % ($p < 0,05$) в серии с комбинированным использованием глутаргина и физической защиты и 4,70 % ($p < 0,05$) в серии парентеральным применением липофлавона (рис. 3). Аналогичную тенденцию выявили и при определении модуля упругости, значение которого снизилось, относительно контроля, у крыс серии с парентеральным введением глутаргина на 5,77 % ($p < 0,05$), в серии с сочетанным применением глутаргина и физической защиты на 11,12 % ($p < 0,05$), а в серии с использованием липосомальной формы кверцетина на 6,33 % ($p < 0,05$), что было меньше отклонения в серии П на 10,76 %, 5,41 % и 10,22 % (рис. 3).

После шестидесятикратного воздействия перегрузок у животных серий с использованием способов повышения устойчивости к их действию, также как и у крыс серии без их применения, не наблюдали значимого изменения показателей несущей способности и жесткости позвонков (рис. 2). Показатель предела прочности у животных серий с использованием глутаргина и его комбинации с физической защитой меньше снизился относительно контроля, чем у крыс серии П, на 4,22 % ($p > 0,05$) и 3,32 % ($p > 0,05$) соответственно, а у животных серии с предварительным введением липофлавона его значение несколько превышало контрольное (рис. 3). Значительное уменьшение модуля упругости позвонков, обнаруженное в серии П, наблюдали и

у крыс серії з комбінованим використанням фізичної захисти і глутаргіна, де його відхилення від контролю склало 12,19 % ($p < 0,05$). В той час як в серії з використанням ліпофлавона його значення знизилось відносно контролю всього на 5,48 % ($p < 0,05$), а в серії з парентеральним введенням глутаргіна відповідувало контролю (рис. 3).

Висновки:

1. Під дією багаторазово повторюваних гравітаційних перевантажень у молодого віку знизюється міцність позвонків, а також їх здатність протидіяти деформації і руйнуванню, більш виражені при 30-денному експерименті.

2. Застосування всіх способів протидії перевантаженню, а саме: парентеральне введення глутаргіна, ліпофлавона, а також використання капсули життєзабезпечення, при середній і більшій кратності гіпергравітаційного впливу приводить до менш вираженого знизення міцності і деформаційних властивостей позвонків. Найбільш виражений ефект протидії перевантаженню був виражений у глутаргіна.

В перспективі нами планується дослідження біомеханічних характеристик позвонків крыс в умовах гіпергравітаційного впливу при інших видах деформації (кручення, розрив).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бухтияров И.В. Сравнительная характеристика показателей газоэнергообмена при воздействии боковых (G_y), продольных (G_x) и продольно-боковых (G_z/G_y) перегрузок / И.В. Бухтияров, О.Л. Головкина // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2005. – Т. 39, №5. – С. 10–13.
2. Вартбаронов Р.А. Методологические проблемы влияния пилотажных перегрузок на функциональное состояние и профессиональное здоровье летчика / Р.А. Вартбаронов, М.Н. Хоменко, Р.А. Бондаренко // Вестник РАМН. – 1996. – №7. – С. 19–26.
3. Гипобарическая интервальная гипоксия как метод для повышения устойчивости к воздействию профессионально вредных факторов / И.Б. Ушаков, И.В. Бухтияров, А.А. Шишов, Н.И. Оленев // Вестник РАМН. – 2010. – № 12. – С. 3–7.
4. Пат. 16546 Україна, МПК А 61В10/00. Пристрій для захисту біологічних об'єктів при гравітаційних перевантаженнях / Мостовий С.О., Пикалюк В.С., винахідники і власники С.О. Мостовий, В.С. Пикалюк. – № 200509257; заявл. 3.10.2005, опубл. 15.03.2006, Бюл. № 3, 2006.
5. Пат. 35792 Україна, МПК А 61В 5/145. Спосіб корекції несприятливої дії гравітаційних перевантажень в експерименті / Пикалюк В.С., Кутя С.А., Мороз Г.О., Коняєва О.І., винахідники і власники В.С. Пикалюк, С.А.Кутя, Г.О. Мороз, О.І. Коняєва. – № 200803985; заявл. 31.03.2008, опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19, 2008.
6. Пат. 37164 Україна, МПК А 61В 5/145. Спосіб ко-

рекції несприятливої дії гравітаційних перевантажень препаратом „Ліпофлавоп” в експерименті / Пикалюк В.С., Мороз Г.О., Кутя С.А., Коняєва О.І., винахідники і власники В.С. Пикалюк, Г.О. Мороз, С.А.Кутя, О.І. Коняєва. – № 200804002; заявл. 31.03.2008, опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22, 2008.

7. Пат. 74237 Україна, МПК А 61В 5/00, G 01L 1/00. Пристрій для вимірювання біомеханічних характеристик кісток дрібних тварин / Пикалюк В.С., Кутя С.А., Мороз Г.О., Столоногов О.О., Ліскевич Р.В., винахідники і власники Пикалюк В.С., Кутя С.А., Мороз Г.О., Столоногов О.О., Ліскевич Р.В. – № 201203226; заявл. 19.03.2012, опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20, 2012.

8. Професійно обумовлена захворюваність авіаційних спеціалістів / С.К. Солдатов, И.В. Бухтияров, В.Н. Зинкин и др. // Медицина труда и промышленная экология. – 2010. – №9. – С. 35–40.

9. Ступаков Г.П. Биомеханика позвоночника при ударных перегрузках в практике авиационных и космических полетов / Г.П. Ступаков, А.П. Козловский, В.С. Казейкин. — Л. : Наука, 1987. — 240 с. — (Проблемы космической биологии; т. 56).

10. Хоменко М.Н. Медицинское обеспечение и психофизиологическая подготовка летчиков к полетам на высокоманевренных самолетах / М.Н. Хоменко, Р.А. Вартбаронов, И.В. Бухтияров // Военно-медицинский журнал. – 2000. – № 10. – С. 56–61.

Кутя С.А., Столоногов О.О., Ліскевич Р.В. Закономірності змін механіко-пластичних характеристик хребців щурів молодого віку при систематичному гравітаційному перевантаженні з використанням засобів, що підвищують стійкість до дії гіпергравітації // Український медичний альманах. – 2012. – Том 15, № 5. – С. 100-102.

Вивчені закономірності змін біомеханічних параметрів хребців щурів молодого віку під впливом гравітаційних перевантажень (9g, 10 хв, щодня, 10, 30 і 60-разово) з використанням засобів, що підвищують стійкість до дії гіпергравітації. Вплив систематичних гравітаційних перевантажень на організм щурів викликає знизення міцності хребців, а також їх здатності чинити опір деформації та руйнуванню. Парентеральне введення глутаргіну значною мірою попереджає погіршення міцності та деформаційних властивостей хребців за умов гіпергравітаційного впливу.

Ключові слова: гравітаційне перевантаження, хребець, біомеханіка, стійкість.

Кутя С.А., Столоногов А.О., Ліскевич Р.В. Закономерности изменений механико-пластических характеристик позвонков крыс молодого возраста при систематической гравитационной перегрузке с использованием средств, повышающих устойчивость к действию гипергравитации // Украинский медицинский альманах. – 2012. – Том 15, № 5. – С. 100-102.

Изучены закономерности изменений биомеханических параметров позвонков крыс молодого возраста под воздействием гравитационных перегрузок (9g, 10 мин, ежедневно, 10, 30 и 60-кратно) с использованием средств повышающих устойчивость к действию гипергравитации. Воздействие систематических гравитационных перегрузок на организм крыс вызывает снижение прочности позвонков, а также их способности сопротивляться деформации и разрушению. Парентеральное введение глутаргина в значительной степени предотвращает ухудшение прочностных и деформационных свойств позвонков в условиях гипергравитационного воздействия.

Ключевые слова: гравитационная перегрузка, позвонок, биомеханика, устойчивость.

Kutya S.A., Stolonogov A.O., Liskevitch R.V. Biomechanical properties of vertebrae of young rats exposed to gravitational overloads with antihypergravity protection // Украинский медицинский альманах. – 2012. – Том 15, № 5. – С. 100-102.

Changes of biomechanical properties of vertebrae of young rats subjected to hypergravity (9g, 10 min, daily, 10, 30, 60 times) with antihypergravity protection were investigated. Hypergravity decreases breaking strength and strain resistance of vertebrae. Injections of glutargin substantially prevents impairment of biomechanical characteristics of vertebrae in hypergravity conditions.

Key words: gravitational overload, vertebra, biomechanics, resistance.

Надійшла 04.09.2012 р.
Рецензент: проф. В.І.Лузін