

© Верченко И.А.

УДК 611.7:591.134:531.5

ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА ПОЗВОНКОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ

И.А.Верченко

Кафедра нормальной анатомии человека (зав. – проф. В.С.Пикалюк) Крымского государственного медицинского университета им. С.И.Георгиевского, г. Симферополь

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОГЕНЕЗУ ХРЕБЦІВ ЗА УМОВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ГІПЕРГРАВИТАЦІЇ

Резюме. На 48 білих статевозрілих лабораторних щурах вивчені особливості морфогенезу хребців при дії гіпергравітації. Ступінь змін у хребцях залежить від тривалості дії гіпергравітації. Ростові процеси, гістоструктура, хімічний склад хребців зазнають істотних змін, спрямованих на адаптацію хребта до умов зміненої гравітації.

Ключові слова: хребці, гіпергравітація, морфогенез.

Проблема влияния ускорений на организм человека находится в центре пристального внимания специалистов по авиационной и космической медицине, что вызвано необходимостью решения задач, связанных с обеспечением устойчивости организма к воздействию длительных ускорений, и, как следствие, безопасности полетов на современных высокоманевренных самолётах [1-4]. Для успешного решения данных проблем необходимо в первую очередь выяснить механизмы физиологических реакций, возникающих в организме под влиянием гравитационных перегрузок, объяснить их природу и сущность. В связи с вышесказанным становится понятной важность и практическая необходимость изучения влияния гравитационных перегрузок на различные органы и системы человеческого организма.

Работа выполнена в соответствии с планом научных исследований Крымского государственного медицинского университета им. С.И.Георгиевского и является составной частью научно-исследовательской темы кафедры нормальной анатомии человека "Возрастные морфофункциональные особенности отдельных органов и систем

организма под влиянием гравитационных перегрузок и различных методов их коррекции" (№ 0104U002080).

Цель исследования. Определить особенности морфогенеза позвонков крыс при воздействии гравитационных перегрузок.

Материал и методы. Экспериментальное исследование проведено на 48 белых половозрелых крысах линии Вистар с исходной массой 200-220 г. Были выделены две серии: 1 – контрольная серия, животные которой содержались в условиях вивария; 2 серия – экспериментальная, животные которой подвергались гравитационным перегрузкам. В зависимости от срока в каждой серии эксперимента были выделены: подгруппа А – воздействие гравитационных перегрузок в течение 10 дней, подгруппа Б – в течение 30 дней. В качестве воздействующего фактора применяли режим повторяющихся перегрузок поперечного направления, величиной 9 единиц с 3 площадками длительностью по 3 минуты каждая, создаваемых ежедневно экспериментальной центрифугой с радиусом вращения 50 см, что соответствует средней длительности пилотажного комплекса,

выполняемого современным высокоманевренным самолетом [4]. Условия опыта соответствовали правилам Европейской конвенции защиты позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (Страсбург, 1986).

По истечении 10 и 30 дней эксперимента животных декапитировали под эфирным наркозом. Производили забор материала из трех отделов: шейного, грудного и поясничного. В ходе исследования проводилась остеометрия для определения темпов роста и формообразования позвонков; гистоморфометрия для определения морфометрических параметров ростовых пластинок и трабекулярной структуры позвонков; процентно-весовые определения соотношения воды, органических и неорганических веществ; биохимическое исследование макроэлементного состава позвонков; методы вариационной статистики для определения достоверности полученных результатов, их взаимосвязи и взаимообусловленности. Гистологическое и гистоморфометрическое исследование срезов проводили с помощью цитоморфологического комплекса "Olympus"-CX 31 и цифровой видеокамеры "Olympus"-C 5050 ZOOM с объективами микроскопа Plan 10x/0,25 и Plan 40x/0,65 с использованием программы Image-Pro Plus 4.5.0.29.

Результаты исследования и их обсуждение. Воздействие на организм белых крыс гравитационных перегрузок приводит к замедлению темпов роста позвонков. При изучении остеометрических показателей обнаружено, что после 10 дней эксперимента размеры поперечного диаметра краниальной поверхности Th₄ не достигают контрольных на 9,68%, а тот же показатель C₆, Th₁₁ и L₃ меньше контрольных значений на 1,04 %, 3,82 % и 2,05 % соответственно. Аналогично размеры сагиттального диаметра краниальной поверхности не достигают контрольных на 4,17 %, 5,96 % и 0,52 % для Th₄, Th₁₁ и L₃ соответственно. Размеры каудальной поверхности так же меньше конт-

рольных во всех исследуемых позвонках.

На 30-е сутки эксперимента изменения носят ту же направленность, однако их выраженность несколько больше. Дорсальная длина не достигает контроля на 7,12 % в C₆, на 4,97 % – в Th₄, на 9,45 % – в Th₁₁. Размеры сагиттального диаметра краниальной поверхности не достигают контроля во всех отделах позвоночного столба: они меньше контроля на 5,53 % в шейном отделе; на 6,84 % – в верхнегрудном; на 8,25 % – в нижнегрудном и на 6,96 % – в поясничном отделе позвоночного столба.

При исследовании гистоструктуры хряща ростовых пластинок нами обнаружены признаки, свидетельствующие о его повышенной функциональной активности. При гистоморфометрическом исследовании срезов позвонков через 10 дней эксперимента в шейных позвонках животных, подвергнутых гипергравитационному воздействию без использования защиты, увеличивается ширина краниальной ростовой пластинки на 3,89%, ширина зоны пролиферативного хряща краниальной хрящевой пластинки – на 4,35 %, а так же коэффициента удельной плотности клеток зоны пролиферативного хряща – на 8,34 %. Аналогичные изменения различной степени выраженности происходят и с остальными показателями гистоморфометрии. Обращает на себя внимание увеличение в сравнении с контролем общей площади трабекул на 6,0 %, объемной плотности трабекул – на 8,12 %.

Анализ гистоморфометрических показателей грудных позвонков показывает ту же направленность изменений, однако их выраженность гораздо больше. В сравнении с контролем увеличивается ширина хрящевой ростовой пластинки краниальной и каудальной поверхности на 3,7 % и 6,38 %, ширина зоны пролиферативного хряща краниальной и каудальной поверхностей – на 4,87 % и 5,79 %, ширина зоны дефинитивного хряща краниальной и каудальной поверхностей – на 4,10 % и 6,70 %, так же увеличивается общая площадь и объемная

плотность трабекул в теле позвонка на 7,10 % и 9,37 % соответственно. В поясничных позвонках динамика показателей гистоморфометрии сохраняется: увеличивается общая площадь трабекул на 3,68 %, объемная плотность трабекул – на 10,36 % и ширина компактного слоя – на 8,54 %.

Через 30 дней воздействия гравитационных перегрузок обращает на себя внимание меньшая выраженность изменений, практически отсутствуют достоверные отклонения от контроля. Наибольшая выраженность изменений отмечена в грудном отделе позвоночного столба, где максимально увеличивается общая площадь трабекул на 4,87 %. Также возрастает ширина зоны пролиферативного хряща краниальной поверхности на 2,36 %. Изменения других гистоморфометрических параметров не имеют статистической достоверности. Увеличение ширины зоны пролиферативного хряща и количества формирующих её хондроцитов свидетельствует об отсутствии процессов, ингибирующих дифференцировку клеток, а увеличение зоны дефинитивного хряща должно, в свою очередь, свидетельствовать о некотором торможении первичного остеогенеза, что подтверждается данными, характеризующими первичную спонгиозу. Процессы, активизирующие дифференцировку и размножение хондроцитов, не вызывают выраженного продольного роста позвонков, что может быть связано с ингибированием процессов "созревания" хондроцитов в дефинитивной зоне, что, в свою очередь, объясняется угнетением остеогенеза в ранние сроки эксперимента.

Изменения химического состава позвонков под воздействием гипергравитации носят однонаправленный характер и различаются лишь количественно. В большинстве случаев отмечена гипогидратация при нарастании процентного содержания минеральных веществ. Достоверные изменения по сравнению с контрольными данными выявлены лишь в теле 4-го грудного позвонка после 30 суток эксперимента, где со-

держание воды уменьшилось на 13,74 %, а минерализация возросла на 14,51 %.

Изменениям подвержен макроэлементный состав неорганического остатка позвонков. Так, на 10-е сутки эксперимента в шейных позвонках повышается содержание фосфора, кальция и магния на 2,46 %, 1,21 % и 2,16 % соответственно, а содержание натрия не достигает контрольных данных на 3,45 %. В грудных позвонках направленность изменений та же: на 1,04 % увеличивается содержание фосфора, на 2,09 % – содержание кальция и на 0,8 % – содержание магния, при этом содержание натрия меньше контрольных значений на 4,62 %. Содержание кальция в поясничных позвонках нарастает в соотношении с контролем на 2,07 %, а натрия на 4,28 %. Как видно, отклонения не отличаются большой выраженностью и, за исключением кальция, не обладают статистической достоверностью. На 30-е сутки эксперимента содержание кальция превышает контроль на 1,44 % в шейных позвонках на 3,44 % – в грудных позвонках и на 1,04 % – в поясничных позвонках. Также нарастает содержание фосфора на 2,45 % и 4,33 % в шейных и грудных позвонках соответственно. В грудных позвонках на фоне дегидратации снижается и содержание натрия на 10,76 %. Содержание магния тоже превышает контрольные значения от 1,05 % до 2,43 %, в зависимости от отдела.

Таким образом, на протяжении всего опыта ростовые процессы, гистоструктура, химический состав и биомеханические свойства позвонков животных претерпевают существенные изменения, ориентированные, в первую очередь, на адаптацию позвоночного столба к условиям измененной гравитации.

Влиянию гипергравитации более подвержены позвонки грудного отдела. Объяснением этому может служить положение "о единстве и взаимосвязи структуры и функции". У грызунов грудной отдел позвоночного столба имеет меньшую функциональную нагрузку, в связи с чем грудные поз-

вонки, в отличие от поясничных, более нагружаемых, "тренированных", оказываются в менее выгодных условиях и обладают пониженной устойчивостью к воздействию гравитационных перегрузок. Кроме того, возможной причиной более интенсивных преобразований в грудном отделе может быть направление вектора гравитационной перегрузки – "грудь-спина".

Выводы. 1. Воздействие гравитационных перегрузок приводит к замедлению темпов роста позвонков, которое более выражено в грудном и поясничном отделах

позвоночного столба. 2. Определяемая четкая "зональность" ростовой пластинки, а также нормальное строение хондроцитов свидетельствует об отсутствии явно выраженных изменений ее структуры. Расширение хрящевой пластинки роста связано с задержкой первичного остеогенеза. 3. Воздействие гравитационных перегрузок приводит к увеличению содержания минеральных веществ в исследуемых позвонках, что может быть объяснено увеличением костной массы позвонков в связи с усилением трабекулярной структуры.

Литература

1. Бухтияров И.В., Взаимодействие зрительной, вестибулярной и проприоцептивной систем в процессе пространственной ориентировки человека в условиях воздействия боковых и продольно-боковых перегрузок / И.В. Бухтияров, О.А.Воробьев, М.Н.Хоменко // *Авиакосмич. и экол. мед.* – 2002. – Т. 36, № 6. – С. 3-8.
2. Структурні зміни, що виникають у довгих трубчастих кістках статевозрілих щурів під впливом гравітаційного перевантаження / В.С.Пикалюк, А.Т.Чернов, С.А.Кутя, Н.К.Каширіна // *Укр. морфол. альманах.* – 2006. – Т. 4, № 2. – С. 90-92.
3. Пономаренко В.А. Медико-психологические проблемы деятельности лётчика в высокоманевренном полёте / В.А.Пономаренко // *Авиакосмич. и экол. медицина.* – 2001. – Т. 35, № 2. – С. 22-26.
4. Хоменко М.Н. Медицинское обеспечение и психофизиологическая подготовка лётчиков к полётам на высокоманевренных самолётах / М.Н.Хоменко, Р.А.Вартбаронов, И.В.Бухтияров // *Военно-мед. ж.* – 2000. – № 10. – С. 56-61.

ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕНЕЗА ПОЗВОНКОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРГРАВИТАЦИИ

Резюме. На 48 белых половозрелых лабораторных крысах изучены особенности морфогенеза позвонков под действием гипергравитации. Степень изменений в позвонках зависит от продолжительности гипергравитации. Ростовые процессы, химический состав позвонков поддаются существенным изменениям, направленных на адаптацию позвоночника к условиям измененной гравитации.

Ключевые слова: позвонки, гипергравитация, морфогенез.

PECULIARITIES OF THE MORPHOGENESIS OF THE VERTEBRAE UNDER THE CONDITIONS OF EXPERIMENTAL HYPERGRAVITATION

Abstract. The peculiarities of the morphogenesis of the vertebrae have been studied on 48 albino sexually mature laboratory rats under the action of hypergravitations. A degree of changes in the vertebrae depends on the duration of the action of hypergravitation. The growth processes, histostructure, the chemical composition of the vertebrae undergo essential changes directed at the adaptation of the spinal column to the conditions of changed gravitation.

Key words: vertebrae, hypergravitation, morphogenesis.

S.I.Georgiievskiy Crimean State Medical University (Simferopol')

Надійшла 30.10.2008 р.
Рецензент – проф. Я.І.Федонюк (Тернопіль)