

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ОТРАЖАЮЩИХ ПЕРЕСТРОЙКУ КОСТЕЙ КРЫС, ПОДВЕРГАВШИХСЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОМУ ГИПЕРГРАВИТАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ Кутя С.А.

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

Кутя С.А. Дисперсионный анализ показателей, отражающих перестройку костей крыс, подвергавшихся систематическому гипергравитационному воздействию // Украинський морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, № 3. – С. 64-66.

Проведен двухфакторный дисперсионный анализ, учитывающий факт и степень влияния двух признаков (кратность действия гравитационных перегрузок и возраст животных) на параметры, характеризующие процессы костной перестройки. Установлено, что гистоморфометрические параметры и показатели механико-пластических свойств в большей степени зависят от возраста подопытных животных, а показатели, отражающие состояние минерального компонента – от кратности гипергравитационного воздействия.

Ключевые слова: гипергравитация, перестройка костей, дисперсионный анализ

Кутя С.А. Дисперсійний аналіз показників, що відображають перебудову кісток щурів, що зазнавали систематичного гіпергравітаційного впливу // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, № 3. – С. 64-66.

Проведено двохфакторний дисперсійний аналіз, що враховує факт і ступінь впливу двох ознак (кратність дії гравітаційних перевантажень та вік тварин) на параметри, що характеризують процеси кісткової перебудови. Встановлено, що гистоморфометричні параметри та показники механіко-пластичних властивостей кісток більшою мірою залежать від віку піддослідних тварин, в той час як показники, що відображають стан мінерального компоненту – від кратності гіпергравітаційної дії.

Ключові слова: гіпергравітація, перебудова кісток, дисперсійний аналіз

Kutya S.A. Dispersive analysis of bone remodeling indicators of rats exposed to systematic hypergravity // Український морфологічний альманах. – 2012. – Том 10, № 3. – С. 64-66.

The two-factorial dispersive analysis considering the fact and degree of influence of two signs (hypergravity multiplicity and age of animals) on bone remodeling parameters. It is established, that histomorphometric parameters and indicators of biomechanical properties depend on animal age, while indicators of bone mineral – on multiplicity of gravitational overloads.

Key words: hypergravity, bone remodeling, dispersive analysis

Проведенные нами многочисленные исследования [1-4, 6] позволили выявить целый ряд характерных изменений, свойственных животным той или иной экспериментальной группы, в зависимости от кратности гипергравитационного воздействия и возраста крыс. С учетом особенностей проведения исследования и анализа полученных экспериментальных данных, целесообразным явилось проведение двухфакторного дисперсионного анализа, учитывающего факт и степень влияния двух контролируемых признаков на результирующие.

Цель. Выявить на основе выборочных данных факт и степень влияния контролируемых факторов (кратность действия гравитационных перегрузок и возраст экспериментальных животных) на результирующие признаки (показатели, характеризующие состав и структуру минеральной фазы, механико-пластические свойства костей, гистоморфометрические параметры)

Материал и методы исследования. Для определения зависимости результирующих признаков (морфо-функциональные показатели структурных преобразований в костях скелета (перечень гистоморфометрических параметров представлен в таблице 1)) от контролируемых факторов (кратность действия гравитационных перегрузок (10, 30 или 60 раз) и возраст животных (ювенильный, молодой, зрелый)) проводили двухфакторный дисперсионный анализ при помощи программы MS Excel [5]. Проверка выдвинутых гипотез (H_A – предположение об отсутствии влияния фактора A (кратность действия гравитационных перегрузок) на результат измерения и H_B – о несущественности (незначимости) фактора B (возраст животных) для рассматриваемых величин) состояла в нахождении

двух сторонних критических интервалов с последующим контролем попадания (или непопадания) в интервал расчетных значений F -критерия ($3,20; +\infty$). Если расчетное значение попадало в критический интервал, то гипотеза H_A (H_B) отвергалась, т.е. считалось, что фактор A (B) влиял на результирующий признак.

Результаты исследования и их обсуждение. Как видно из данных, представленных в таблице 2, расчетные значения F -критерия фактора B (возраст экспериментальных животных) во всех случаях попадали в критическую область, образованную правосторонним интервалом, что позволяет отвергнуть гипотезу H_B , т.е. можно считать, что возраст животных влияет на все исследовавшиеся гистоморфометрические показатели большеберцовых костей. Так как расчетные значения F -критерия фактора A (кратность действия гравитационных перегрузок) в большинстве случаев попадали в критическую область, кроме показателей ES/BS и Es.Pm, то гипотезу H_A отвергли, т.о. считали, что кратность действия гравитационных перегрузок также влияла на изучавшиеся показатели, за исключением эрозированной поверхности в структуре вторичной спонгиозы и эндостального периметра в диафизе костей.

Анализ полученных значений выборочного коэффициента детерминации для фактора A показал, что сила его влияния на изучавшиеся параметры гистоструктуры большеберцовых костей незначительна и колеблется в пределах 1-15 %, за исключением показателя доли костного вещества, содержащегося между двумя кортикальными слоями, 58 % общей выборочной вариации которого связано с кратностью гипергравитационного воздействия. Сила влияния фактора возраста на показатели толщины

остеоида составила 47 %, его объема и поверхности – 77 %, остеобластной поверхности – 79 %, количества остеокластов – 75%, звездчатого объема костномозговых полостей – 89%, периостального периметра – 82 %, эндостального периметра – 78 % и его эрозивной поверхности – 54 % (табл. 2).

Проверка гипотез H_A и H_B показала, что оба фактора оказали влияние на показатели гисто-структуры позвонков (табл. 3), кроме отсутствия факта воздействия фактора B на показатель эрозивной поверхности, так как расчетное значение F -критерия не попало в критическую область.

Таблица 1. Гистоморфометрические показатели, определявшиеся в исследовании

O.Th	толщина остеоида – средняя толщина пластов остеоида в губчатом веществе
OV/BV	объем остеоида – часть (%) губчатого вещества, которая не подверглась кальцификации
OS/BS	поверхность остеоида – часть (%) общего периметра губчатого вещества, покрытого остеоидом
Ob.S/BS	остеобластная поверхность – часть (%) общего периметра губчатого вещества, покрытого активными остеобластами
ES/BS	эрозивная поверхность – часть (%) поверхности губчатого вещества, покрытого лагунами резорбции
N.Oc	количество остеокластов в 1 мм ²
Cn-BV/TV	объем губчатого вещества – % содержание костного вещества между кортикальными слоями
V*	звездчатый объем костномозговых пространств губчатого вещества
St.Wi	ширина кортикальной пластинки позвонков
Ps.Pm	периостальный периметр поперечного среза диафиза
Es.Pm	эндостальный периметр поперечного среза диафиза
Es-%Er.Pm	эрозивная поверхность (%) эндостального периметра

Таблица 2. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателей гистоморфометрии большеберцовой кости

Показатель	Фактор А		Фактор В	
	F_p	ρ^2	F_p	ρ^2
Зона вторичной спонгиозы				
O.Th	20,61	0,109	88,90	0,472
OV/BV	22,82	0,099	176,45	0,766
OS/BS	71,90	0,133	415,16	0,770
Ob.S/BS	68,73	0,078	695,33	0,786
ES/BS	2,36	0,061	8,21	0,213
N.Oc	5,24	0,036	110,26	0,754
Cn-BV/TV	99,62	0,585	16,15	0,095
V*	81,09	0,064	1128,75	0,889
Диафиз				
Ps.Pm	5,03	0,016	258,08	0,819
Es.Pm	1,38	0,010	113,14	0,784
Es-%Er.Pm	16,39	0,150	59,32	0,543

Таблица 3. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателей гистоморфометрии позвонков

Показатель	Фактор А		Фактор В	
	F_p	ρ^2	F_p	ρ^2
O.Th	3,24	0,010	132,71	0,397
OV/BV	6,96	0,049	88,93	0,628
OS/BS	22,03	0,121	97,18	0,533
Ob.S/BS	72,93	0,093	544,43	0,694
ES/BS	3,79	0,092	1,68	0,041
N.Oc	13,54	0,157	27,83	0,322
Cn-BV/TV	12,44	0,042	185,72	0,634
St.Wi	87,04	0,363	71,20	0,297
V*	49,63	0,040	1131,51	0,919

В большинстве случаев наблюдали преобладающее влияние фактора возраста животных, нежели кратности действия перегрузок, на изучавшиеся результативные признаки. Исключение составил показатель ширины кортикальной пластинки, сила влияния фактора А на который равнялась 36 %, а фактора В – 30%. Наибольшая степень влияния фактора В обнаружена при подсчете показателей звездчатого объема костномозговых полостей (92 %), остеобластной поверхности (69 %), доли костной массы в структуре губчатого вещества и объема остеоида (63 %), а также поверхности остеоида (53 %) (см. табл. 3).

Данные анализа влияния контролируемых факторов на изменчивость результативных признаков, отражающих ультраструктуру и фазовый состав минерального компонента, а также содержание основ-

ных макроэлементов в структуре ряда костей (Б/бк – большеберцовые кости, Плк – плечевые кости, Тзк – тазовые кости, Пзк – позвонки) – кальция и фосфора – приведены в таблице 4.

Оба фактора оказывают более слабое влияние на показатели, позволяющие судить о процессах минерализации костного матрикса. При этом, процентное содержание гидроксипатита и размер кристаллитов в приблизительно равной степени зависят от обоих факторов, а однородность ориентации кристаллов на 70% - от кратности гипергравитационного воздействия. Содержание основных макроэлементов в минеральной фазе изучавшихся в работе костей в большей степени зависит от фактора кратности действия гравитационных перегрузок (сила влияния колеблется в пределах 25 – 37 %) (табл. 4).

Таблица 4. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателей, характеризующих структуру минеральной фазы костей

Показатель	Фактор А		Фактор В	
	F_p	ρ^2	F_p	ρ^2
Размер кристаллитов	27,27	0,195	27,85	0,200
Коэффициент микротекстурирования	57,29	0,697	1,07	0,013
Доля гидроксиапатита	65,72	0,344	80,66	0,422
Содержание кальция (Б/бк)	43,75	0,344	33,36	0,262
Содержание фосфора (Б/бк)	13,07	0,305	5,67	0,132
Содержание кальция (Плк)	22,62	0,326	1,32	0,019
Содержание фосфора (Плк)	17,33	0,248	24,48	0,350
Содержание кальция (Тзк)	20,05	0,374	6,30	0,118
Содержание фосфора (Тзк)	12,68	0,294	7,15	0,166
Содержание кальция (Пзк)	23,98	0,348	6,02	0,087
Содержание фосфора (Пзк)	21,97	0,339	15,10	0,233

Из данных, приведенных в таблице 5, следует, что расчетные значения F -критерия фактора А (кратность действия гравитационных перегрузок), за исключением показателя модуля упругости плечевых костей, попадали в критическую область, образованную правосторонним интервалом, что позволяет отвергнуть гипотезу H_A , т.е. можно считать, что кратность действия гравитационных пе-

регрузок оказывает влияние на биомеханические свойства как исследованных длинных трубчатых костей, так и позвонков. При оценке влияния фактора возраста крыс на эту группу результативных признаков, гипотеза H_B была отвергнута во всех случаях, что свидетельствует о наличии факта влияния контролируемого фактора на показатели механико-пластические свойств всех костей.

Таблица 5. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показателей биомеханических характеристик костей

Показатель	Фактор А		Фактор В	
	F_p	ρ^2	F_p	ρ^2
Плечевая кость				
Удельная стрела прогиба	183,03	0,193	512,43	0,540
Предел прочности	18,54	0,064	171,63	0,591
Модуль упругости	0,437	0,004	60,28	0,497
Работа разрушения	13,65	0,172	36,10	0,454
Микротвердость	11,34	0,116	46,98	0,477
Позвонок				
Несущая способность	134,57	0,047	2656,35	0,919
Жесткость	13,78	0,031	359,62	0,813
Предел прочности	111,09	0,064	1331,01	0,773
Модуль упругости	29,70	0,021	1288,76	0,899
Микротвердость	9,88	0,116	35,97	0,423

Анализ полученных значений выборочного коэффициента детерминации показал преимущественное влияние фактора возраста экспериментальных животных на исследованные в этой части работы показатели. При сравнительной оценке влияния возраста экспериментальных животных на показатели биомеханических характеристик разных костей установили наличие более выраженного воздействия на позвонки, за исключением показателя их микротвердости. Степень влияния фактора В колебалась от 77 % (показатель предела прочности) до 92 % (показатель несущей способности), в то время как в плечевых костях ее сила находилась в пределах от 45 % (показатель работы разрушения) до 59 % (показатель предела прочности) (см. табл. 5).

Заключение. Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ позволил вскрыть основные закономерности влияния кратности воздействия гравитационных перегрузок и возраста экспериментальных животных на основные показатели, отражающие процессы перестройки в костях скелета. Обобщая полученные данные, можно сделать вывод о наибольшем влиянии фактора возрастного периода на гистоморфометрические параметры и показатели механико-пластических свойств костей, а кратности гипергравитационного воздействия – на показатели, характеризующие их минеральную фазу.

Для более полного суждения об изменении процессов костной перестройки, биомеханических свойств костей под влиянием гравитационных перегрузок, их взаимосвязи и взаимообусловленности планируется проведение многофакторного регрессионного анализа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кутя С.А. Будова губчастой речовини поперекових хребців щурів лінії Вістар різного віку / С.А. Кутя // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2009. – Т.9, вип. 4., част. 3 – 74 – 77.
2. Кутя С.А. Влияние хронических гравитационных перегрузок на перестройку костной ткани позвонков крыс разного возраста / С.А. Кутя // Вісник СумДУ. Серія Медицина. – 2010. – №2. – С. 38 – 41.
3. Кутя С.А. Возрастные особенности фазового состава костного минерала крыс при воздействии гравитационных перегрузок / С.А. Кутя // Укр. морф. альм. - 2009. – Т.7, №2. – С. 71 – 72.
4. Кутя С.А. Микротвердость костей крыс при гравитационных перегрузках и применении различных способов повышения устойчивости к ним / С.А. Кутя // Укр. морф. альм. – 2009. – Т.7, №3. – С. 46 – 48.
5. Макарова Н.В. Статистика в Excel / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
6. Пикалюк В.С. Возрастные особенности длинных трубчатых костей крыс при воздействии гравитационных перегрузок и при использовании физического метода защиты / В.С. Пикалюк, А.Т. Чернов, С.А. Кутя, И.А. Верченко // Вісник морфології. – 2006. – №2. – С. 177 – 181.

Надійшла 27.06.2012 р.
Рецензент: проф. В.І.Лузін