

УДК: 611.71/.72: 531.113:549.02
© Кутя С.А., 2009

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО СОСТАВА КОСТНОГО МИНЕРАЛА КРЫС ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЕРЕГРУЗОК

Кутя С.А.

Крымский государственный медицинский университет им. С.П.Георгиевского

Кутя С.А. Возрастные особенности фазового состава костного минерала крыс при воздействии гравитационных перегрузок // Украинский морфологический альманах. – 2009. – Том 7, №2. – С. 71-72.

В эксперименте на 72 белых крысах линии Вистар, подвергавшихся ежедневному воздействию гравитационных перегрузок (10 или 30 дней) установлено снижение доли гидроксиапатита и увеличение содержания аморфного фосфата кальция у 6-ти и 12-месячных крыс. У 2-месячных крыс сначала наблюдалось увеличение степени кристаллизации с последующим снижением доли кристаллического гидроксиапатита.

Ключевые слова: гипергравитация, костный минерал, фазовый состав

Кутя С.А. Вікові особливості фазового складу кісткового мінерала щурів під впливом гравітаційних перевантажень // Український морфологічний альманах. – 2009. – Том 7, №2. – С. 71-72.

В експерименті на 72 білих щурах лінії Вістар, що зазнавали щоденно впливу гравітаційних перевантажень (10 або 30 днів) встановлено зменшення долі гідроксиапатиту та підвищення вмісту аморфного фосфату кальцію у 6-ти та 12-місячних щурів. У 2-х місячних щурів спочатку спостерігалось підвищення ступеня кристалізації з наступним зниженням частки кристалічного гідроксиапатиту.

Ключові слова: гіпергравітація, кістковий мінерал, фазовий склад.

Kuty S.A. Age-related peculiarities of phase structure of bone mineral of rats exposed to gravitational overloads // Украинский морфологический альманах. – 2009. – Том 7, №2. – С. 71-72.

72 white Wistar rats were exposed to hypergravity (10 or 30 days). Decrease of crystalline fraction and increase of amorphous calcium phosphate content in 6th and 12th month old rats was revealed. There was increasing of crystallization at first followed by reduced hydroxyapatite content in 2nd month old rats.

Key words: hypergravity, bone mineral, phase structure.

Костная ткань млекопитающих – это композитный материал, содержащий органическую и неорганическую фазы. Основные функции костной ткани определяются уникальным сочетанием чрезвычайно высоких механических характеристик и биохимической подвижностью, способностью к быстрой перестройке. Это обеспечивается тесным пространственно-механическим и биохимическим взаимодействием минеральной и органической составляющей костной ткани [1].

Одним из факторов, обеспечивающих прочность кости, является состояние костного минерала. Физические свойства твердых тел зависят в определенной степени от их фазового состава, поэтому важной задачей физического материаловедения является установление фазового состава кристаллического вещества. По данным различных исследователей, в костном минерале может содержаться несколько основных составляющих: кристаллический фосфат кальция (гидроксиапатит), аморфный фосфат кальция (витлокит) и карбонат кальция (кальцит) [2].

Данные о фазовом составе костного минерала в условиях действия гравитационных перегрузок в литературе отсутствуют.

В связи с этим **целью** нашего исследования явилось изучение доли основных компонентов минеральной фазы кости крыс различного возраста при воздействии на организм гравитационных перегрузок методом рентгенструктурного анализа. Работа является фрагментом научно-исследовательской темы кафедры нормальной анатомии Крымского государственного медицинского университета «Возрастные морфофункциональные особенности отдельных органов и систем организма под влиянием гравитационных перегрузок и различных методах их коррекции» (государственный регистрационный номер 0104U002080).

Материалы и методы. Эксперимент был проведен на 72 белых крысах линии Вистар 2, 6 и 12 месяцев с исходной массой 120-130 г, 200-230 г и 260-280 г соответственно, которые были разделены на две серии – контрольную и экспериментальную.

Модель эксперимента описана в нашей предыдущей работе [3]. Эксперимент на животных выполняли в соответствии с правилами Европейской конвенции защиты позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях. По окончании сроков эксперимента (10 и 30 дней) животных декапитировали под эфирным наркозом.

Рентгенструктурное исследование костного порошка, полученного в агатовой ступке из проксимального эпифиза плечевой кости, проводили на аппарате ДРОН-2,0 с гониометрической приставкой ГУР-5. Использовали $K\alpha$ излучение меди с длиной волны 0,1542 нм, напряжение и сила анодного тока составляли соответственно 30 кВ и 20 А. Для определения кристаллической фазы в минеральном компоненте кости использовали метод внутреннего стандарта. В качестве внутреннего стандарта избран рутил. Аналитическими рефлексам послужили слившиеся в единый дифракционный максимум рефлексы 211, 112, 300, 202 гидроксиапатита кости. Интенсивность фона измеряли у основания рефлексов в пределах $0,5^\circ - 1^\circ$ [1].

Цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с использованием лицензионных компьютерных программ. Достоверной считали вероятность ошибки менее 5% ($p < 0,05$).

Результаты и их обсуждение. При исследовании животных контрольной серии с возрастом отмечается постепенное увеличение процентного содержания гидроксиапатита с $62,928 \pm 0,434\%$ у 2-х месячных крыс до $70,230 \pm 0,538\%$ у 12-ти месячных. В то же время, доля аморфного фосфата кальция снижалась с $20,963 \pm 0,364\%$ до $18,580 \pm 0,452\%$ в те же сроки наблюдения. Более значительно снизилось содержание карбоната кальция с $16,108 \pm 0,363\%$ до $11,190 \pm 0,309\%$ (рис. 1).

У двухмесячных животных после десятикратного ежедневного воздействия гравитационных перегрузок наблюдается активация процесса минерализации костного матрикса, о чем свидетельствует увеличение доли гидроксиапатита на $2,77\%$ ($p < 0,05$) в сравнении с данными контроля.

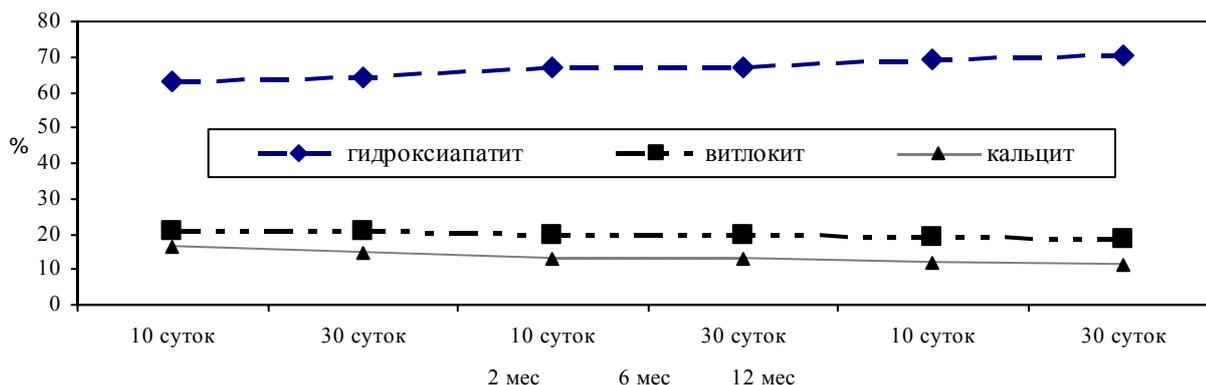


Рис. 1. Возрастная динамика доли основных компонентов костного минерала животных контрольной серии.

Уменьшение доли гидроксиапатита на 2,53% ($p < 0,05$) в сравнении с контрольными результатами, отмеченное на 30-е сутки, говорит о снижении степени кристаллизованности минерала. Это возникло, вероятно, за счет возрастания доли карбоната кальция на 5,32% ($p < 0,05$), являющегося ингибитором кристаллизации гидроксиапатита [2].

При анализе данных фазового состава костного минерала шестимесячных животных на 10 день перегрузок отмечается уменьшение степени кристаллизованности минерала, о чем свидетельствует снижение доли гидроксиапатита на 4,28% ($p < 0,05$), сочетавшееся с повышением доли более растворимого аморфного кальцийфосфата на 10,19% ($p < 0,05$) (табл. 1).

Менее выраженные изменения аналогичной направленности были выявлены на 30 день экспери-

мента. Содержание кристаллической фазы не достигало контрольных значений на 3,21% ($p < 0,05$), доля аморфной фазы была выше на 5,51% ($p < 0,05$) (табл. 1). Аналогичные изменения наблюдали у крыс третьей возрастной группы. Доля кристаллической фазы была меньше контрольных значений на 3,21% ($p < 0,05$) на 10 день и на 4,30% ($p < 0,05$) на 30-й. Доля аморфного фосфата кальция превосходила контрольные данные на 8,82% ($p < 0,05$) и 7,79% ($p > 0,05$) соответственно 10-м и 30-м суткам (табл. 1).

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что у половозрелых животных в условиях действия гравитационных перегрузок происходит активация процессов минерализации с появлением новых центров нуклеации. При этом его интенсивность к 30-м суткам снижается.

Таблица 1. Показатели фазового состава костного минерала проксимального эпифиза плечевой кости белых крыс линии Вистар (%) ($n=72$), $M \pm m$

Возраст, мес	Срок, дни	Серия	Гидроксиапатит	Витлокит	Кальцит
2	10	Контроль	62,928±0,434	20,963±0,364	16,108±0,363
		Перегрузка	64,672±0,377*	20,142±0,427	15,353±0,507
2	30	Контроль	64,355±0,335	20,997±0,409	14,648±0,295
		Перегрузка	62,725±0,291*	21,848±0,210	15,427±0,185*
6	10	Контроль	66,988±0,383	19,962±0,305	13,050±0,543
		Перегрузка	64,120±0,315*	21,997±0,283*	13,883±0,265
6	30	Контроль	67,038±0,377	19,822±0,242	13,140±0,261
		Перегрузка	64,885±0,278*	20,915±0,361*	14,200±0,606
12	10	Контроль	69,037±0,442	18,907±0,285	12,057±0,246
		Перегрузка	66,070±0,741*	20,575±0,907	13,355±0,572
12	30	Контроль	70,230±0,538	18,580±0,452	11,190±0,309
		Перегрузка	68,540±0,387*	20,027±0,456*	11,433±0,317

Примечание: * - ($p < 0,05$).

При исследовании содержания карбоната кальция в подавляющем большинстве случаев получены статистически недостоверные данные. В то же время отмечена тенденция к повышению его концентрации в сравнении с контрольными результатами (табл. 1).

Выводы:

1. Воздействие поперечно-направленных гравитационных перегрузок приводит к изменению фазового состава костного минерала.

2. У неполовозрелых животных отмечается увеличение степени кристаллизации в ранние сроки наблюдения, сменяющееся снижением кристаллизованности костного минерала на 30 сутки.

3. У половозрелых животных наблюдается снижение доли гидроксиапатита, сочетающееся с повышением доли аморфного фосфата кальция.

В перспективе наши исследования будут направ-

лены на комплексную оценку процессов минерализации органического матрикса в условиях действия гравитационных перегрузок.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Данильченко С.Н. Структура и свойства апатитов кальция с точки зрения биоминералогии и биоматериаловедения (обзор) // Вісник СумДУ. Серія Фізика, математика, механіка. – 2007. – №2. – С. 33 – 59.
2. Лузин В.И. Применение рентгенструктурного анализа для исследования фазового состава костного минерала // Укр. морф. альм. – 2005. – Т. 3, №4. – С. 61 – 64.
3. Мороз Г.О. Динаміка маси щурів різного віку під впливом поперечно-направлених гравітаційних перевантажень / Г.О. Мороз, С.А. Кутя // Таврический медико-биологический вестник. – 2008. – Т.11, №3, ч.1. – С. 168 – 174.

Надійшла 15.12.2008 р.
Рецензент: проф. В.І.Лузін