

Вікові та статеві особливості показників мінеральної щільності кісткової тканини щурів

Н.В. Григор'єва¹, В.В. Поворознюк¹, І.В. Гопкалова², Т.В. Орлик¹

¹Державна установа «Інститут геронтології ім. Д. Ф. Чеботарьова НАМН України», Київ;

²Державна установа «Інститут проблем ендокринної патології ім. В.Я. Данилевського НАМН України», Харків; e-mail: crystal_ng@ukr.net

Прижиттєва оцінка мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ) та її мінеральної насиченості (МНКТ) дає об'єктивну характеристику можливих темпів втрати кісткової тканини з віком і при різних захворюваннях, а також відповіді на лікування засобами, які впливають на метаболізм кісткової тканини. Дослідження проведене на 376 білих щурах обох статей лінії Вістар, розподілених на 12 вікових груп з використанням методики двофотонної рентгенівської денситометрії. Вивчення МЩКТ та МНКТ залежно від віку й статі встановило відсутність «піка» кісткової маси в щурів обох статей. Як у самців, так і в самиць з віком виявлено достовірне збільшення МЩКТ, більшою мірою в самців. Ці відмінності відзначені у всіх вікових групах тварин. Встановлені вікові й статеві особливості МНКТ різних відділів скелета. У самиць вірогідний приріст МЩКТ і МНКТ виявлено у віці з 1,5 до 2 міс (на 33%), з 2 до 3 міс – на 12,5%. У самців приріст МЩКТ встановлено на 1 міс пізніше, крім того він був менш виражений (з 2 до 3 міс – на 27%, з 4 до 5 міс – на 5%). В інших вікові періоди динаміка МЩКТ мала тільки тенденцію до росту, проте достовірних відмінностей між групами не виявлено. Отримані значення МЩКТ і МНКТ та їх вікові й статеві особливості можуть бути використані для проведення подальших досліджень в остеології як референтні при моделюванні експериментального остеопорозу в щурів і вивченні відповіді на антиостеопоротичні засоби. Ключові слова: щури; мінеральна щільність кісткової тканини; мінеральна насиченість кісткової тканини; площа кісткової тканини; вік; стать.

ВСТУП

Нині однією з важливих медико-соціальних проблем, особливо в пацієнтів літнього й старечого віку, є системний остеопороз з його грізними ускладненнями – переломами кісток різної локалізації. Завдяки значному прогресу біології в останні роки існує можливість аналізувати дію багатьох чинників, котрі впливають на метаболізм кісткової тканини, як *in vivo*, так і *in vitro*, що призвело до більш активного використання експериментального моделювання на тваринах [1–6]. Проте існуючі сучасні методи оцінки стану й метаболізму кісткової тканини є інвазивними (гістоморфометричне дослідження, визначення біохімічних маркерів кісткового ремоделювання в сироватці крові тощо) і неінвазивними (комп'ютерна томографія, двофотонна

рентгенівська денситометрія – ДРА), що може обмежувати оцінку результатів дослідження в динаміці експерименту [1, 7, 8].

Аналіз показників структурно-функціонального стану кісткової тканини, який можна провести при використанні ДРА, дає об'єктивну характеристику можливих темпів її втрати з віком і при різних захворюваннях, а також відповіді на лікування різними антиостеопоротичними засобами [1]. Проте недостатньо є даних щодо вікових і статевих особливостей показників ДРА в щурів, що пояснюється, зокрема тим, що не в усіх рентгенівських денситометрах є програма для визначення цих показників у різних експериментальних тварин. Щури є однією з найбільш зручних і доступних моделей для відтворення втрати кісткової тканини, зокре-

ма остеопенії та остеопорозу. Вже понад 150 років їх використовують у експериментальних дослідженнях в геронтології, фізіології, фармакології, ортопедії й травматології та інших галузях медицини [1, 9, 10].

Метою нашого дослідження було вивчення вікових і статевих особливостей мінеральної щільності, мінеральної насиченості та площі кісткової тканини у щурів лінії Вістар.

МЕТОДИКА

Дослідження проведено на 376 здорових щурах лінії Вістар у весняно-літній (190 самців і 152 самиці) і осінньо-зимовий періоди (34 самиці), які перебували у віварії ДУ «Інститут геронтології імені Д. Ф. Чеботарьова НАМН України» при природному освітленні й стандартному раціоні харчування при вільному доступі до їжі (стандартний гранульований комбікорм-концентрат) та води. Тварини були розподілені на 12 вікових груп [10]. Експерименти проводили відповідно до правил Європейської конвенції про гуманне ставлення до тварин [11].

Прижиттєве визначення показників структурно-функціонального стану кісткової тканини здійснювали за допомогою двофотонного рентгенівського денситометра «Prodigy» (GE Medical systems, LUNAR, model 8743, 2005; USA; програма «Experimental animals»). Ця програма дає змогу вимірювати в дрібних тварин мінеральну щільність кісткової тканини (МЩКТ), мінеральну насиченість кісткової тканини (МНКТ) і площу кісткової тканини (ПКТ) як усього скелета, так і окремих його регіонів (хребет, кістки тазу, передні й задні кінцівки). Фіксували тварини за допомогою спеціального пристрою під ефірним наркозом.

Похибка вимірювання МЩКТ при використанні ДРА становила $\pm 0,01$ г/см². Згідно з існуючими уявленнями МЩКТ є інтегральним показником міцності кісткової тканини й відображає співвідношення МНКТ і ПКТ. Динамічне вивчення МНКТ дає змогу оці-

нити ступінь зміни мінералізації кісткової тканини залежно від статі й віку тварини, а ПКТ є відображенням ростових процесів у кістковій тканині щурів.

Статистичний аналіз проводили з використанням пакетів програми «Statistica 6.0» Copyright © StatSoft, Inc. 1984-2001, Serial number 31415926535897. Використовували наступні методи статистичного аналізу: перевірка нормальності розподілу кількісних ознак за критерієм Колмогорова-Смірнова, порівняння середніх показників за критерієм t Стюдента. Результати представлені у вигляді $M \pm m$. Критичним рівнем значущості при перевірці статистичних гіпотез вважали $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Отримані нами результати демонструють, що основні антропометричні показники щурів, зокрема, маса тіла й зріст, мають свої вікові й статеві особливості, що підтверджує дані літературних джерел, згідно до яких, маса тіла самиць щурів збільшується досить швидко до 12 міс. Згодом це збільшення є більш повільним до 27 міс, а потім до 33 міс їх маса тіла знову зменшується. У самиць щурів маса тіла досягає піку до 300-320 г, у самців вона збільшується до 400 г до 12 міс, а потім залишається стабільною [10]. Крім того, нами продемонстровано, що у самців маса тіла більша, ніж у самиць, однак достовірним цей показник стає тільки з 5-місячного віку. Ці результати щодо вікової динаміки маси тіла щурів (табл. 1) також підтверджують існуючі дані літератури щодо співвідношення маси тіла самиць і самців у різних вікових групах.

При аналізі показників структурно-функціонального стану кісткової тканини встановлено, що вірогідні відмінності між показниками самців і самиць реєструються вже в 1,5 міс (табл. 2). У цей період МЩКТ у щурів самців був достовірно вищим, ніж відповідний у самиць, зокрема, за рахунок більш високого рівня її мінералізації при однаковому значен-

Таблиця 1. Маса тіла (г) щурів лінії Вістар в різні вікові періоди (M ± m)

Період життя, вік, міс	Самці		Самиці	
	n	M ± m	n	M ± m
Препубертатний				
1,5 міс	31	88 ± 4	18	76 ± 4*
2 міс	20	100 ± 4	20	95 ± 3
Пубертатний				
3 міс	10	170 ± 6	10	173 ± 7
4 міс	10	189 ± 8	5	176 ± 10
Репродуктивний				
5 міс	15	213 ± 7	15	176 ± 6*
6 міс	5	255 ± 9	10	200 ± 6*
7 міс	20	231 ± 6	40	187 ± 4*
Дорослий				
8 міс	5	276 ± 15	-	-
Зрілий ранній				
12 міс	28	268 ± 8	-	-
Зрілий пізній				
20 міс	18	291 ± 8	15	240 ± 8*
Старий				
24 міс	18	292 ± 6	14	227 ± 12*
25 міс	10	311 ± 8	5	248 ± 9*

*P < 0,05 щодо значень у самців відповідної вікової групи.

нях ПКТ. До 2 міс достовірних відмінностей параметрів МЩКТ у самців і самиць нами не виявлено, тоді як з 3 по 5 міс МЩКТ у самців був достовірно вищим, ніж у самиць (3 міс – P = 0,004, 4 міс – P = 0,04, 5 міс – P = 0,03). У період виражених старечих змін організму щурів параметри МЩКТ у самиць і самців мають однакові значення, оскільки в цей час у самців збільшення показників МНКТ значно відстає від росту параметрів ПКТ (табл. 2).

Згідно до результатів нашого дослідження МНКТ з 5-місячного віку була достовірно вищою в самців, ніж у самиць, а ПКТ з 6 міс аналогічна закономірність була виявлена і при аналізі результатів ПКТ.

Аналіз вікових особливостей МЩКТ встановив їх приріст у самиць щурів з 1,5 до 2 міс (на 33%, P < 0,0001) і з 2 до 3 міс (на 12,5%, P = 0,009). У самців достовірний приріст МЩКТ виявляли на один місяць пізніше і він був менш вираженим (у період

з 2 до 3 міс – на 27% (P < 0,0001) і з 4 до 5 міс – на 5% (P = 0,04)). В інші вікові періоди динаміка МЩКТ також мала тенденцію до росту, проте достовірних відмінностей між різними групами не виявлено.

З віком МНКТ як у самиць, так і у самців збільшувалась. У останніх вона підвищувалась у період з 1,5 до 2 міс (на 23%, P < 0,0001), з 2 до 3 міс – на 57% (P < 0,0001), з 3 до 4 міс – на 17% (P < 0,02), з 5 до 6 міс – на 20% (P < 0,0001). У самиць достовірні зміни МНКТ встановлено в період з 1,5 до 2 міс – на 51% (P < 0,0001), з 2 до 3 міс – на 51% (P < 0,0001) і з 5 до 6 міс – на 14% (P = 0,006) (див. табл. 2).

Динаміка ПКТ мала ту саму тенденцію, що й МНКТ, тільки менш виражену. У самців щурів у період з 1,5 до 2 міс МНКТ збільшилась на 17% (P < 0,0001), з 2 до 3 міс – на 29% (P < 0,0001), з 3 до 4 міс – на 10% (P = 0,009) і з 5 до 6 міс – на 14% (P = 0,02). У самиць ПКТ

Таблиця 2. Показники мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ), мінеральної насиченості кісткової тканини (МНКТ) та її площі (ПКТ) у щурів лінії Вістар у різні вікові періоди (М ± m)

Період життя, вік, міс	Самці			Самиці		
	МНКТ, г	МПКТ, г/см ²	ПКТ, см ²	МНКТ, г	МПКТ, г/см ²	ПКТ, см ²
Препубертатний						
1,5 міс	4,55 ± 0,20	0,078 ± 0,002	57,67 ± 1,23	3,77 ± 0,13*	0,06 ± 0,001*	57,62 ± 1,13
2 міс	5,61 ± 0,20	0,080 ± 0,002	67,23 ± 1,48	5,72 ± 0,24	0,08 ± 0,002	68,20 ± 1,68
Пубертатний						
3 міс	8,86 ± 0,33	0,102 ± 0,002	86,81 ± 1,80	8,64 ± 0,35	0,09 ± 0,003*	87,49 ± 2,04
4 міс	10,36 ± 0,46	0,108 ± 0,002	95,99 ± 2,59	9,74 ± 0,58	0,10 ± 0,003*	92,58 ± 3,91
Репродуктивний						
5 міс	10,46 ± 0,27	0,113 ± 0,006	93,71 ± 2,74	8,92 ± 0,29*	0,098 ± 0,002*	90,45 ± 1,56
6 міс	12,58 ± 0,18	0,118 ± 0,003	107,23 ± 3,29	10,23 ± 0,31*	0,11 ± 0,003	90,75 ± 1,23*
7 міс	11,99 ± 0,45	0,118 ± 0,003	100,76 ± 1,67	10,35 ± 0,32*	0,116 ± 0,002	89,07 ± 1,78*
Дорослий						
8 міс	13,56 ± 1,04	0,125 ± 0,009	108,89 ± 2,63	-	-	-
Зрілий ранній						
12 міс	14,08 ± 0,39	0,126 ± 0,002	111,71 ± 1,98	-	-	-
Зрілий пізній						
20 міс	14,60 ± 0,63	0,128 ± 0,003	113,96 ± 2,87	12,66 ± 0,48*	0,12 ± 0,004	107,55 ± 2,43
Старий						
24 міс	15,37 ± 0,63	0,130 ± 0,003	117,82 ± 2,69	13,64 ± 0,50*	0,13 ± 0,004	104,68 ± 2,11*
25 міс	15,41 ± 0,53	0,125 ± 0,003	122,83 ± 2,55	13,10 ± 0,41*	0,12 ± 0,002	108,78 ± 2,69*

*P < 0,05 щодо значень у самців відповідної вікової групи.

вірогідно збільшувалася лише в двох вікових періодах: з 1,5 до 2 міс – на 18% і з 2 до 3 міс – на 28%. Надалі спостерігався подібний плавний, але не достовірний приріст ПКТ у всіх вікових групах.

Аналіз МЩКТ різних регіонів скелета виявив ту саму спрямованість змін, що й МЩКТ скелета в цілому (табл. 3). Однак, слід зазначити, що МЩКТ хребта була достовірно вищою, ніж відповідний показник для задніх кінцівок у всіх вивчених вікових групах як у самиць, так і в самців. Мінеральна щільність кісток тазу також була вірогідно нижчою, ніж відповідний показник на рівні хребта, проте ці відмінності були менш виражені. Встановлено, що при старінні щурів (після 20 міс) МЩКТ хребта достовірно зменшувалась як у самців, так і у самиць, а кісток тазу – тільки у самців, а МЩКТ задніх кінцівок у щурів цієї вікової групи не змінювався.

Результати нашого дослідження підтвердили, що порівняно з людиною, для якої характерно формування «піка» кісткової маси до 23-25 років, деякі кістки щурів ростуть протягом усього життя, при чому у ширину цей процес триває, в основному, до 10 міс і відбувається за допомогою періостальних нашарувань. Наші результати підтверджують літературні дані про те, що більшість епіфізарних зон, що забезпечують ріст кісток у довжину, у щурів залишаються відкритими й після 30 міс, а зони росту в тілах поперекових хребців залишаються відкритими тільки до 21 міс [7, 9, 10].

При проведенні дослідження на 34 інтактних самицях у зимовий період були виявлені більш низькі значення МЩКТ порівняно з літнім періодом у тварин одного й того самого віку (табл. 4). Так, МЩКТ у 6-місячних тварин була на 11,1% нижчою (P = 0,006), а у 7-місячних – на 12,6% (P = 0,008). Зменшення

Таблиця 3. Мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ, г/см²) різних регіонів скелета у щурів у різні вікові періоди (M ± m)

Період життя, вік, міс	Самці			Самиці		
	Задні кінцівки	Таз	Хребет	Задні кінцівки	Таз	Хребет
Препубертатний						
1,5 міс	0,059 ± 0,001	0,088 ± 0,003*	0,101 ± 0,003***	0,051 ± 0,001	0,077 ± 0,003*	0,087 ± 0,003***
2 міс	0,065 ± 0,001	0,085 ± 0,002*	0,094 ± 0,003***	0,065 ± 0,001	0,084 ± 0,002*	0,100 ± 0,002***
Пубертатний						
3 міс	0,079 ± 0,003	0,119 ± 0,003*	0,127 ± 0,003*	0,083 ± 0,003	0,104 ± 0,004*	0,120 ± 0,004***
4 міс	0,093 ± 0,007	0,119 ± 0,003*	0,128 ± 0,003***	0,085 ± 0,002	0,110 ± 0,003*	0,135 ± 0,004***
Репродуктивний						
5 міс	0,088 ± 0,002	0,120 ± 0,003*	0,131 ± 0,002***	0,083 ± 0,001	0,104 ± 0,003*	0,121 ± 0,003***
6 міс	0,094 ± 0,002	0,135 ± 0,006*	0,146 ± 0,004*	0,097 ± 0,005	0,123 ± 0,004*	0,134 ± 0,004***
7 міс	0,094 ± 0,002	0,130 ± 0,005*	0,155 ± 0,007***	0,094 ± 0,002	0,122 ± 0,003*	0,154 ± 0,004***
Дорослий						
8 міс	0,099 ± 0,003	0,146 ± 0,012*	0,186 ± 0,016***	-	-	-
Зрілий ранній						
12 міс	0,102 ± 0,002	0,144 ± 0,003*	0,155 ± 0,003***	-	-	-
Зрілий пізній						
20 міс	0,104 ± 0,002	0,162 ± 0,006*	0,181 ± 0,007***	0,100 ± 0,004	0,136 ± 0,004*	0,170 ± 0,006***
Старий						
24 міс	0,106 ± 0,002	0,143 ± 0,002*	0,162 ± 0,004***	0,103 ± 0,003	0,133 ± 0,005*	0,143 ± 0,004*
25 міс	0,106 ± 0,004	0,144 ± 0,005*	0,156 ± 0,005*	0,104 ± 0,005	0,127 ± 0,005*	0,137 ± 0,006*

*P < 0,05 щодо значень МЩКТ задніх кінцівок відповідної вікової та статеві групи. **P < 0,05 щодо значень МЩКТ таза відповідної вікової та статеві групи.

МЩКТ було пов'язано зі збільшенням ПКТ, яке у 7-місячних самиць було достовірним.

Динамічне вивчення показників МЩКТ, МНКТ і ПКТ у групі самиць, досліджених з листопада по січень, виявило достовірне зниження МЩКТ в 1,9 раза в кінці січня за рахунок різкого й вірогідного збільшення ПКТ на тлі менш вираженого, хоча й достовірного підвищення МНКТ – в 1,56 раза (табл. 5). Виявлені нами зміни повинні, очевидно, врахо-

уватися при плануванні експериментальних досліджень на щурах у зимовий період часу.

Таким чином, вивчення вікових і статевих особливостей МЩКТ у щурів лінії Вістар виявило відсутність «піка» кісткової маси в загальноприйнятому сенсі при наявності чотирьох періодів зміни цього показника. Періоди швидкого приросту МЩКТ: перший – в препубертаті (1-2 міс) і в пубертаті (3-4 міс), другий – на початку репродуктивного віку (5

Таблиця 4. Мінеральна щільність кісткової тканини (МЩКТ), мінеральна насиченість кісткової тканини (МНКТ) і її площа (ПКТ) у самиць лінії Вістар в різні сезони (M ± m)

Вік, міс		Зима			n	Літо		
		МЩКТ, г/см ²	МНКТ, г	ПКТ, см ²		МЩКТ, г/см ²	МНКТ, г	ПКТ, см ²
6	26	0,099 ± 0,002	9,29 ± 0,29	93,50 ± 1,68	10	0,11 ± 0,003*	10,23 ± 0,31	90,75 ± 1,23
7	8	0,103 ± 0,003	10,20 ± 0,604	98,56 ± 3,18	40	0,116 ± 0,002*	10,35 ± 0,32	89,07 ± 1,78*

*P < 0,05 щодо значень щурів у зимовий період відповідної вікової групи.

Таблиця 5. Динаміка маси тіла, мінеральної щільності кісткової тканини (МЩКТ), мінеральної насиченості кісткової тканини (МНКТ) та площі кісткової тканини (ПКТ) у самиць щурів лінії Вістар в осінньо-зимовий період (М ± m)

Вік, міс	Дата дослідження	Маса тіла, г	МПКТ, г/см ²	МНКТ, г	ПКТ, см ²
6 (n=10)	21.11.06	181 ± 9	0,098 ± 0,002	9,43 ± 0,50	95,29 ± 3,25
7 (n=8)	21.12.06	187 ± 10	0,103 ± 0,003	10,20 ± 0,60	98,56 ± 3,18
8 (n=7)	22.01.07	171 ± 11	0,084 ± 0,002*	15,98 ± 0,64*	189,35 ± 4,17*

*P < 0,05 щодо значень 6- і 7-місячних щурів.

міс), третій – період повільного приросту в репродуктивному та зрілому віці, четвертий – період повільного зниження цього показника у старих тварин.

Протягом періодів швидкого збільшення МЩКТ відзначаються високі темпи росту показників як МНКТ так і ПКТ, однак при цьому процеси мінералізації кісткової тканини значно переважають над збільшенням площі кістки. Третій період характеризується низькою швидкістю приросту і МНКТ, і ПКТ, при цьому збільшення площі кісткової тканини та її мінеральної насиченості відбувається в еквівалентному співвідношенні. Під час четвертого періоду в старих тварин спостерігається незначна втрата МЩКТ на тлі подальшого повільного зростання ПКТ і тенденції до зниження МНКТ. Достовірне зниження МЩКТ у цей період виявляється тільки в кістках з переважанням губчастої кісткової тканини (кістки тазу, хребет).

Крім того, нами встановлено, що у самців МНКТ і ПКТ є вищими, ніж відповідні показники в самиць у репродуктивному й старечому віці. Значення МЩКТ вище у самців, ніж у самиць лише у віці з 3 до 5 міс, у більш пізньому віці статистично достовірних відмінностей не виявлено, оскільки в ці вікові періоди зростання ПКТ та МНКТ відбувається в еквівалентному співвідношенні.

Таким чином, отримані нами результати щодо вікових і статевих особливостей показників структурно-функціонального стану кісткової тканини щурів можуть бути референтними при визначенні МЩКТ, МНКТ і ПКТ у щурів лінії Вістар. Ці відомості важливі в експериментальній біології та ме-

дицині для розуміння вікових особливостей реакції кісткової тканини на різні агенти і перебіг патологічних процесів.

**Н.В. Григор'єва¹, В.В. Поворознюк¹,
І.В. Гопкалова², Т.В. Орлик¹**

ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ КОСТНОЙ ТКАНИ У КРЫС

Прижизненная оценка минеральной плотности костной ткани (МПКТ) и минеральной насыщенности костной ткани (МНКТ) дает объективную характеристику возможных темпов ее потери с возрастом и при разных заболеваниях, а также ответа на лечение различными средствами, влияющими на метаболизм костной ткани. Исследование проведено на 376 белых крысах обеих полов линии Вистар, распределенных на 12 возрастных групп с использованием методики двухфотонной рентгеновской денситометрии. Изучение МПКТ и МНКТ в зависимости от возраста и пола установило отсутствие «пика» костной массы у крыс обеих полов. Как у самцов, так и у самок с возрастом выявлено увеличение МПКТ, более выраженное у самцов. Данные различия отмечены во всех возрастных группах животных. Установлены возрастные и половые особенности показателей МНКТ различных отделов скелета. У самок достоверный прирост показателей МПКТ и МНКТ выявлялся в возрасте с 1,5 до 2 мес (на 33 %), с 2 до 3 мес — на 12,5 %. У самцов прирост МПКТ установлен на 1 мес. позже и он был менее выражен (с 2 до 3 мес — на 27 %, с 4 до 5 мес — на 5 %). В остальные возрастные периоды динамика МПКТ имела только тенденцию к росту, однако достоверных отличий показателей между группами выявлено не было. Определенные в данной работе МПКТ и МНКТ и их возрастные и половые особенности могут быть использованы для проведения дальнейших исследований в остеологии в качестве референтных при моделировании экспериментального остеопороза у крыс и изучения ответа на применение различных антиостеопоротических средств.

Ключевые слова: крысы; минеральная плотность костной ткани; минеральная насыщенность костной ткани; площадь костной ткани; возраст; пол.

N.V. Grygorieva¹, V.V. Povoroznyuk¹,
I.V. Gopkalova², T.V. Orlyk¹

AGE AND SEX FEATURES OF BONE MINERAL DENSITY IN RATS

In vivo assessment of bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC) indices gives an objective description of the possible rates of bone loss during aging and various diseases, as well as response to treatment by various drugs, affecting bone metabolism. This study was conducted on 376 Wistar rats of both genders, divided into 12 age groups using the method of dual-energy X-ray absorptiometry. Studying the parameters of BMD and BMC depending on age and sex has found no bone mass «peak» in rats of both sexes. Bone mineral density indices were increased in both male and female rats during growing, more pronounced in males. These differences are noted in all age groups of animals. Moreover, we have established age and gender particularities of BMC indices in different parts of the skeleton. In female rats, a significant increase of BMD and BMC parameters have been detected in age from 1.5 to 2 months (33 %), from 2 to 3 months – by 12.5 %. In males, the increase of BMD indices was found to happen 1 month later and it was less pronounced (from 2 to 3 months – 27 %, from 4 to 5 months – 5 %). In other age periods, the dynamics of BMD indices had only an upward trend, but significant differences different groups were not established. Our results of BMD and BMC indices and their age and gender features can be used for further research in osteology as reference data for modeling of experimental osteoporosis in rats and study of response to the use of different antiosteoporotic drugs.

Key words: rat bone mineral density; bone mineral content; bone area; age; sex.

¹State Institution «D. F. Chebotarev Institute of Gerontology NAMS Ukraine», Kyiv;

²State Institution «V. Danilevsky Institute of Endocrine Pathology Problems NAMS Ukraine», Kharkiv

REFERENCES

1. Povoroznyuk VV, Deduh NV, Grygorieva NV, Gopkalova IV. Experimental osteoporosis. Kyiv: Express; 2012. [Russian].

2. Aydoğan NH, Özel İ, İltar S, Kara T, Özmeriç A, Alemdaroğlu KB. The effect of vitamin D and bisphosphonate on fracture healing: An experimental study. J Clin Orthop Trauma. 2016;7(2):90-4.

3. Calciolari E, Mardas N, Dereka X, Kostomitsopoulos N, Petrie A, Donos N. The effect of experimental osteoporosis on bone regeneration: Part 1, histology findings. - Clin Oral Implants Res. 2016;8. doi: 10.1111/clr.12936. [Epub ahead of print]

4. Govindarajan P, Khassawna T, Kampschulte M, Böcker W, Huerter B, Dürselen L, Faulenbach M, Heiss C. Implications of combined ovariectomy and glucocorticoid (dexamethasone) treatment on mineral, microarchitectural, biomechanical and matrix properties of rat bone. Int J Exp Pathol. 2013;94(6):387-98.

5. Munshi R, Patil T, Garuda C, Kothari D. An experimental study to evaluate the antiosteoporotic effect of Panchatikta Ghrita in a steroid-induced osteoporosis rat model. - Indian J Pharmacol. 2016;48(3):298-303.

6. Oku Y, Tanabe R, Nakaoka K, Yamada A, Noda S, Hoshino A, Haraikawa M, Goseki-Sone M. Influences of dietary vitamin D restriction on bone strength, body composition and muscle in rats fed a high-fat diet: involvement of mRNA expression of MyoD in skeletal muscle. J Nutr Biochem. 2016;32: 85-90.

7. Nenda MM, Lewicki M, Mandalunis PM. Histomorphometry of the tibia and mandible of healthy female Wistar rats at different stages of growth. Exp Anim. 2016;65(2):109-16.

8. Bagi CM, Hanson N, Andresen C, Pero R, Lariviere R, Turner CH, Laib A. The use of micro-CT to evaluate cortical bone geometry and strength in nude rats: correlation with mechanical testing, pQCT and DXA. -Bone. 2006;38(1):136-44.

9. Burdan F, Błaszczak-Szalach M, Różyło-Kalinowska I, Klepacz R, Dworzański W, Różyło TK, Dudka J, Szumiło J. Early postnatal development of the lumbar vertebrae in male Wistar rats: double staining and digital radiological studies. Folia Morphol (Warsz). 2015 Oct 5. doi: 10.5603/FM.a2015.0068. [Epub ahead of print]

10. Zapadnyuk VI. Geriatric pharmacology. Kyiv: Zdorovia, 1977. [Russian].

11. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purpose: Council of Europe, 1986.- Strasbourg, 1986.- 52 p.

Матеріал надійшов
до редакції 14.09.1016