



УДК 636.47(611-018.46+611-18.4)

Структурно-функціональна організація кісткового мозку поросят

П.М. Гаврилін, М.О. Лещова, В.В. Еверт, О.М. Мирний
lieshchova.m.o@dsau.dp.ua

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет,
вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600, Україна

Метою роботи було встановити ступінь розвитку кісткового мозку та активність його кровотворної функції за морфометричними показниками кісток, де він локалізується, і осередків окостеніння у взаємозв'язку з розвитком хрящової та кісткової тканин, визначити особливості гісто- та цитоархітекτονіки кровотворних компонентів в осередках окостеніння кісток поросят. Подано результати комплексного дослідження структурно-функціональних особливостей кісткових органів (5-й грудний хребець, 5-та реберна кістка, грудина) 60-добових поросят у зв'язку з їх кровотворною функцією. Визначено абсолютну, відносну масу, щільність кісток, наявність та відносну площу їх осередків окостеніння, відносну площу кісткового мозку, хрящової та кісткової тканин в осередках окостеніння та відносну площу клітин кісткового мозку (остеогенних, кровотворних і жиркових) та клітин стромы (ретикулярні і ендотеліальні клітини, макрофаги, фібробласти) у зонах первинної та вторинної губчастої кісткової тканини. Встановлено, що червоний кістковий мозок є невід'ємним компонентом осередків окостеніння, гемопоетичні та остеогенні структури якого, разом із компонентами кровотворного мікрооточення, тісно топографічно та гістогенетично взаємопов'язані. Ступінь розвитку кровотворних компонентів кісткового мозку в кістках осьового скелета 60-добових поросят виражається масштабами енхондрального остеогістогенезу. Морфометричні характеристики осередків окостеніння, відносна кількість в осередках кісткової тканини та кісткового мозку, наявність багатокомпонентної системи кровотворного мікрооточення і вираженої зональної структури губчастої кісткової речовини є основними критеріями ступеня розвитку кісткового мозку і відповідно потенціалу кровотворення. З'ясовано, що для кісткового мозку в осередках окостеніння осьового скелета 60-добових поросят характерна виражена гетерогенна структура і у зонах первинної губчастої кісткової речовини вона має кровотворно-остеогенну форму, у зонах вторинної губчастої кісткової речовини – острівцеву або дифузно-острівцеву кровотворну форму з наявністю окремих жиркових клітин, кількість яких зростає в напрямку центральної зони осередків. Основною популяцією клітин на периферії осередків у зонах росту є остеобласти. У вічках вторинної губчастої кісткової речовини переважають кровотворні клітини, найбільша «концентрація» яких характерна для ділянок осередків із максимальним ступенем розвитку морфологічних ознак остеогістогенезу та ремоделювання кісткової тканини.

Ключові слова: поросята, кісткові органи, основні та додаткові осередки окостеніння, кістковий мозок, остеогенні, кровотворні, стромальні клітини кісткового мозку.

Структурно-функціональная организация костного мозга поросят

П.Н. Гаврилин, М.А. Лещева, В.В. Эверт, А.Н. Мирный
lieshchova.m.o@dsau.dp.ua

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. Сергея Ефремова, 25, г. Днепр, 49600, Украина

Целью работы было установить степень развития костного мозга и активность его кровотворной функции по морфометрическим показателям костей, где он локализуется, и очагов окостенения во взаимосвязи с развитием хрящевой и костной тканей, определить особенности гисто- и цитоархитектоники кровотворных компонентов в очагах окостенения костей поросят. Представлены результаты комплексного исследования структурно-функциональных особенностей кост-

Citation:

Gavrilin, P.M., Lieshchova, M.O., Evert, V.V., Myrnyi, O.M. (2017). The structural and functional organization of piglets' bone marrow. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 19(77), 32–37.

ных органов (5-й грудной позвонок, 5-реберная кость, грудная кость) 60-суточных поросят в связи с их кроветворной функцией. Определена абсолютная, относительная масса, плотность костей, наличие и относительная площадь их очагов окостенения, относительная площадь костного мозга (хрящевой и костной ткани в очагах окостенения и относительная площадь клеток костного мозга (остеогенных, кроветворных, жировых) и клеток стромы (ретикулярные и эндотелиальные клетки, макрофаги, фибробласты) в зонах первичной и вторичной губчатой костной ткани. Установлено, что красный костный мозг является неотъемлемым компонентом очагов окостенения, гемопоэтические и остеогенные структуры которого, вместе с компонентами кроветворного микроокружения, тесно топографически и гистогенетически взаимосвязаны. Степень развития кроветворных компонентов костного мозга в костях осевого скелета 60-суточных поросят выражается масштабам энхондрального остеогистогенеза. Морфометрические характеристики очагов окостенения, относительное количество в очагах костной ткани и костного мозга, наличие многокомпонентной системы кроветворного микроокружения и выраженной зональной структуры губчатого костного вещества являются основными критериями степени развития костного мозга и соответственно потенциала кроветворения. Выяснено, что для костного мозга в очагах окостенения осевого скелета 60-суточных поросят характерна выраженная гетерогенная структура. В зонах первичного губчатого – костного вещества она имеет кроветворно-остеогенную форму, в зонах вторичного губчатого костного вещества островковую или диффузно-островковую кроветворную форму с наличием отдельных жировых клеток, количество которых растет в направлении центральной зоны ячеек. Основной популяцией клеток на периферии очагов в зонах роста, является остеобласты. В ячейках вторичного губчатого костного вещества преобладают кроветворные клетки, наибольшая «концентрация» которых, характерна для участков очагов с максимальной степенью развития морфологических признаков остеогистогенеза и ремоделиации костной ткани.

Ключевые слова: поросята, костные органы, основные и дополнительные очаги окостенения, костный мозг, остеогенные, кроветворные, стромальные клетки костного мозга.

The structural and functional organization of piglets' bone marrow

P.M. Gavrilin, M.O. Lieshchova, V.V. Evert, O.M. Myrnyi
lieshchova.m.o@dsau.dp.ua

Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University, Dnipro
Serhii Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine

The aim of the study was to establish the degree of the development of the bone marrow and activity of its hematopoietic function by the morphometric parameters of the bones, where it is localized, and the centers of ossification in conjunction with the development of cartilage and bone tissue, define the features of the histo- and cytoarchitectonics of the hematopoietic components in the centers of the bone ossification in piglets. It is submitted, the results of the complex researching of the structural and functional features in the osseous organs (5th thoracic vertebra, 5th costal bone, sternum) in the 60-days age piglets due to their hematopoietic function. The absolute, relative mass, bone density, availability and relative area of their centers of the ossification, the relative area of bone marrow, cartilage and bone tissue in the centers of ossification and the relative area of bone marrow cells (osteogenic, hematopoietic and adipocytes) and the cell stroma (reticular and endothelial cells, macrophages, fibroblasts) in the zones of primary and secondary spongy osteine was determined. It is established that the red bone marrow is an integral component of the centers of the ossification, hematopoietic and osteogenic structure of which, together with the components of the hemopoietic microsurrounding, histogenetic topographically closely interrelated. The development of the bone marrow hematopoietic components in the bones of the axial skeleton in the 60-days age piglets expresses with the scale of the enchondral osteohistogenesis. The morphometric characteristics of the ossification centers, the relative quantity of the cells in the bone marrow and osteine, the presence of a multicomponent system of the hemopoietic microsurrounding and expressed zonal structure of spongy bone substance are the main criteria of the degree of development of the bone marrow and, therefore, of the potential blood-forming. It is found that bone marrow cells in the ossification centers of the axial skeleton in the 60-days age pigs characterized by expressed heterogeneous structure and in the primary areas of spongy osteine it has hematopoietic-osteogenic form, in the areas of secondary spongy osteine – insular or diffuse insular hematopoietic form with the presence of the individual adipocytes, the quantity of which increases towards the central zone of the ossification centers. In the areas of the growth, the main cells' population on the periphery of the centers of ossification are the osteoblast cells. In the centers of the secondary spongy osteine, hematopoietic cells are dominated, the largest «concentration» of their are characteristic for the centers sites with a maximum degree development of morphological features of the osteohistogenesis and remodulation of the bone tissue.

Key words: piglets, osseous organs, main and additional centers of ossification, bone marrow, osteogenic, haematogenic, stromal bone marrow cells.

Вступ

Згідно зі сучасними уявленнями основним органом кровотворення в постнатальному періоді онтогенезу ссавців є гемопоетичний (червоний) кістковий мозок, де утворюються всі формені елементи крові та відбувається антигеннезалежна проліферація та диференціація В-лімфоцитів (Rojt et al., 2000).

Разом з цим, червоний кістковий мозок є невід'ємним компонентом скелету і його розвиток та функціональна активність прямо пов'язані з процесом

енхондрального остеогенезу, оскільки разом із утворенням губчастої кісткової тканини формується специфічна багатокомпонентна система кровотворного мікрооточення (Mazhuga, 1978; Vladimirovskaja, 2006).

Відомо, що гемопоетичні клітини, клітини стромы кісткового мозку, судини мікроциркуляторного русла кісток, а також кісткова і хрящова тканини утворюють одну систему, оскільки більшість її клітинних компонентів диференціюються із єдиної стовбурової клітини попередниці кісткових та кістковомозкових

механоцитів (Chertkov, 1978; Fridenshtejn, 1991). Окрім цього, повідомляється, що гемопоетичний кістковий мозок у кістково-мозкових комірках має упорядковану структуру і своєрідну гісто- та цитоархітектоніку, яка визначається взаємодією кровотворних і стромальних компонентів і де поєднується острівцевий механізм дозрівання мієлоїдних клітин та дифузний (міграційний) лімфоїдний за принципом клональної селекції (Parkman, 1991; Rojt et al., 2000).

У науковій літературі вкрай мало інформації про особливості структурно-функціональної організації, цито- та гістогенез кровотворних компонентів скелета у продуктивних тварин, і вони обмежені даними, що в добових та молодих тварин кістковий мозок є червоним, який з віком заміщується на жовтий, або жировий. Проте останнім часом у деяких роботах подано результати досліджень аспектів морфогенезу біомеханічних та кровотворних структур скелета у свавців в пренатальному та ранньому постнатальному онтогенезі (Krishtoforova et al., 2002; Sokolov, 2004; Nykyforenko, 2008; Navtylin and Sosonyi, 2010; Snetkova, 2010; Gavrilin et al., 2016).

Обмаль даних про єдину концепцію взаємообумовленості і єдності біомеханічних та кровотворних структур скелета негативно відображаються на результативності вирішення ряду прикладних проблем тваринництва і ветеринарної медицини, зокрема свинарства, що пов'язані зі зниженням життєздатності продуктивних свавців.

Тому в молодяку тварин при з'ясуванні стану кровотворної функції червоного кісткового мозку необхідно визначати структурно-функціональний стан всього кісткового органа, його морфометричні показники, ступінь розвитку осередків енхондрального окостеніння та тканини і клітинні співвідношення в межах одного осередку та порівняно з іншими (основними та додатковими)

Мета роботи – встановити ступінь розвитку кісткового мозку та активність його кровотворної функції за морфометричними показниками кісток, де він локалізується, і осередків заокостеніння у взаємозв'язку з розвитком хрящової та кісткової тканин, визначити особливості гісто- та цитоархітектоніки кровотворних компонентів кісток в осередках окостеніння поросят.

Матеріал і методи дослідження

Дослідження проведені у відділі морфології та імуногістохімії НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпропетровського ДАЕУ. Матеріалом дослідження слугували кістки осевого скелета (5-й грудний хребець, 5-та реберна кістка, грудина) клінічно здорових поросят 60-добового віку (n = 6), що були відібрані методом анатомічного препарування.

Визначали абсолютну масу органів, відносну масу (до живої маси) та щільність кісток. За допомогою апарата рентгенівського діагностичного портативного «Арман-1» (модель 9Л5) виготовляли рентгенограми цілих кісток та їх розрізів. Грудні хребці розпилювали в сагітальній площині та розміщували на касету роз-

пиллом донизу, ребра донизу латеральною поверхнею а грудину – вентральною.

На рентгенограмах визначали наявність та відносну площу основних та додаткових осередків енхондрального остеогістогенезу та кровотворення до загальної площі рентгенівського відображення органа. Для підрахунку відносної площі осередків заокостеніння (ООК) на рентгенограми накладали сітку для морфометричного аналізу із рівновіддаленими крапками. Проводили диференційований підрахунок крапок, що потрапили на всю площу рентгенівського відображення органа та на площу окремих осередків заокостеніння.

Відносну площу кожного осередку заокостеніння до загальної площі рентгенівського відображення визначали за формулою:

$$S_{\text{відн.}} = P_k / P_3 \times 100 \%,$$

де $S_{\text{відн.}}$ – відносна площа осередку заокостеніння, %;

P_k – кількість крапок, що потрапили на площу осередку заокостеніння;

P_3 – кількість крапок, що потрапили на всю площу рентгенівського відображення кістки.

Із цілих кісток і їх фрагментів, після декальцинації, виготовляли парафінові та заморожені гістозрізи завтовшки 10–15 мкм, які забарвлювали гематоксином і еозином, азур II-еозином та суданом III за загальноприйнятими методиками (Horalskyi et al., 2011). Відносну площу (ВП) кісткового мозку, хрящової та кісткової тканин на гістопрепаратах в окремих ООК визначали методом підрахунку крапок за допомогою стандартної окулярної сітки-вставки Г.Г. Автанділова та світлових мікроскопів Olympus CH 20 та CX 41 (окуляр 10×, об'єктив 100×/0,65) на 5 препаратах кожної кістки (Avtandilov, 1990). За цією ж методикою підраховували ВП клітин кісткового мозку (остеогенних, кровотворних і жирових) та клітин строми (ретикулярні і ендотеліальні клітини, макрофаги, фібробласти) у зонах первинної та вторинної губчастої кісткової тканини. Статистичну обробку цифрових даних проводили за допомогою персонального комп'ютера та стандартної програми Windows XP «Microsoft Excel».

Результати та їх обговорення

Встановлено, що середня жива маса досліджуваних поросят склала $23,160 \pm 3,46$ кг. Найбільшу АМ та ВМ має грудина $46,18 \pm 3,17$ г та $0,199 \pm 0,001\%$ відповідно. Найменші морфометричні показники має 5-та реберна кістка, оскільки її АМ не перевищує $13,27 \pm 1,62$ г, а ВМ – $0,057 \pm 0,001\%$. Середні показники має 5-й грудний хребець. Так його АМ становить $22,16 \pm 3,44$ г, а ВМ – $0,096 \pm 0,001\%$. При визначенні щільності кісток встановлено, що вона майже однакова для всіх досліджуваних кісток і не перевищує $1,142 \pm 0,003$ г/см³ у грудині, $1,39 \pm 0,004$ г/см³ у 5-му грудному хребці та $1,120 \pm 0,006$ г/см³ у 5-й реберній кісці.

Відомо, що остеогенний та кровотворний потенціал кісткового мозку пов'язаний з процесами енхондрального остеогістогенезу та визначається масштабами осифікації кожної окремої кістки і в цілому скелета. Дослідження ступеня розвитку основних та додат-

кових ООК у межах окремих кісток дають змогу визначити роль кожного з них у становленні остеогенної та гемопоетичної функції скелета поросят.

При аналізі рентгенограм 5-х грудних хребців поросят 60-добового віку виявлені як основні, так і додаткові ООК. Основний (діафізарний) ООК розміще-

ний у тілі хребця, а додаткові розміщені в дужці та епіфізі (голівці та ямці).

Загальна ВП як основних, так і додаткових ООК 5-го грудного хребця складає $88,25 \pm 4,49\%$, при чому ВП додаткових ООК майже у два рази перевищує ВП основного (діафізарного) ООК (табл. 1).

Таблиця 1

Відносна площа осередків окостеніння кісток скелету 60-добових поросят, %

Кістки	Осередки окостеніння (ООК)	Відносна площа
5-й грудний хребець	основний тіла (діафіз)	$26,91 \pm 1,17$
	додатковий дужки	$53,19 \pm 2,08$
	додатковий голівки, ямки (епіфіз)	$8,18 \pm 1,24$
	Загальна ВП ООК	$88,25 \pm 4,49$
5-та реберна кістка	основний тіла	$54,89 \pm 3,24$
	додатковий голівки	$8,65 \pm 0,14$
	Загальна ВП ООК	$63,54 \pm 3,38$
3-й сегмент грудини	основний	$14,40 \pm 1,06$

Максимально розвиненим із додаткових є ООК дужки, його ВП складала $53,16 \pm 2,08\%$.

У 5-й реберній кістці виділяють ООК тіла кістки та її голівки. Загальна ВП ООК складала $63,54 \pm 3,38\%$, з неї основний є ООК тіла, його ВП дорівнює $54,89 \pm 3,24\%$, а додаткового ООК (голівки) лише $8,65 \pm 0,14\%$.

У грудині був досліджений лише 3-й сегмент, що містить один ООК, його ВП складала $14,40 \pm 1,06\%$ від площі всього кісткового органу.

Відомо, що кожен ООК скелета ссавців в ранньому постнатальному онтогенезі залежно від інтенсивності розвитку різною мірою бере участь у реалізації остеогенної та кровотворної функції скелета.

Співвідношення тканинних компонентів в основних і додаткових ООК скелета поросят дозволяють визначити стан та реалізацією кожного з них кісткоу-

творюючого, кровотворного та біомеханічного потенціалу кісток у даного виду ссавців (Krishtoforova et al., 2002).

В ООК досліджуваних кісток скелету на тканинному рівні структурної організації виявлені три основні компоненти – кістковий мозок, кісткова та хрящова тканини. Відомо, що динаміка ВП основних тканинних компонентів, зокрема кісткового мозку, в окремих осередках заокостеніння скелета поросят позитивно взаємопов'язана зі ступенем їх розвитку, а кількісна характеристика хрящової тканини відрізняється протилежною тенденцією (Havrylin and Nykyforenko 2005).

Встановлено, що у всіх без винятку ООК досліджуваних кісток основним тканинним компонентом є кістковий мозок (табл. 2).

Таблиця 2

Відносна площа тканинних компонентів осередків заокостеніння кісток 60-добових поросят, %

Тканинні компоненти	5-й грудний хребець		ООК	ООК
	основний ООК	додатковий ООК	5-ї реберної кістки	3-го сегменту грудини
Кістковий мозок	$52,08 \pm 2,36$	$39,83 \pm 1,16$	$51,17 \pm 2,84$	$70,58 \pm 2,23$
Кісткова тканина	$29,38 \pm 2,04$	$22,49 \pm 2,33$	$38,18 \pm 3,11$	$23,38 \pm 2,06$
Хрящова тканина	$13,47 \pm 1,08$	$18,66 \pm 1,87$	$8,17 \pm 0,67$	$5,07 \pm 0,14$
Інші структурні компоненти ¹	$5,07 \pm 0,08$	$19,02 \pm 1,41$	$2,48 \pm 0,14$	$0,97 \pm 0,06$

¹Кровоносні судини (крім судин мікроциркуляторного русла), окістя, охрястя

Так, максимальна кількість кісткового мозку локалізується в ООК 3-го сегмента грудини, де його ВП сягає $70,58 \pm 2,23\%$. В основному ООК 5-го грудного хребця та ООК 5-ї реберної кістки ВП кісткового мозку майже однакова і складає $52,08 \pm 2,36\%$ та $51,17 \pm 2,84\%$ відповідно. Мінімальний розвиток кісткового мозку спостерігається у додатковому ООК 5-го грудного хребця, де його ВП не перевищує $39,83 \pm 1,16\%$.

Для даного вікового періоду життя поросят високі показники ВП у кістках має кісткова тканина. Так, максимальна її кількість визначена у 5-й реберній кістці і складає $38,18 \pm 3,11\%$, дещо менше у основному ООК 5-го грудного хребця ($29,38 \pm 2,04\%$). У ООК 3-го сегменту грудини та додатковому ООК 5-го грудного хребця ВП кісткової тканини майже однакова і сягає $23,38 \pm 2,06$ та $22,49 \pm 2,33\%$ відповідно.

Третім за ВП у досліджуваних кістках тканинним компонентом є хрящова тканина. Її ВП є максимальною у додатковому ООК на рівні $18,66 \pm 1,87\%$ та дещо меншою в основному ООК 5-го грудного хребця ($13,47 \pm 1,08\%$). Найменші показники ВП хрящової тканини виявлені у ООК 5-ї реберної кістки та ООК 3-го сегменту грудини ($8,17 \pm 0,67$ та $5,07 \pm 0,14\%$ відповідно).

Цікаво, що у додатковому ООК 5-го грудного хребця на інші структури, а саме: кровоносні судини (крім судин мікроциркуляторного русла), окістя, охрястя, припадає аж $19,02 \pm 1,41\%$ ВП, тимчасом як у основному ООК не перевищує $5,07 \pm 0,08\%$. ВП інших структур в ООК 5-ї реберної кістки складає $2,48 \pm 0,14\%$, а в ООК 3-го сегменту грудини не перевищує $0,97 \pm 0,06\%$.

Структурно-функціональна спеціалізація кістково-

го мозку в ООК скелета свавців визначається характером його клітинного складу. Ступінь розвитку компонентів строми, а також остеогенних, кровотворних та жирових клітин кісткового мозку в скелеті відрізняється значною варіабельністю як стосовно до ООК в цілому, так і їх окремих ділянок.

Встановлено, що основними клітинними елементами основних і додаткових ООК досліджених кісток як у зоні первинної, так і в зоні вторинної губчастої

кісткової тканини є кровотворні клітини, за винятком зони первинної губчастої кісткової тканини ООК 5-ої реберної кістки, де остеогенні клітини складають максимальну ВП (табл. 3, 4). Окрім цього, жирові клітини, які є показником початку трансформації гемопоетичного кісткового мозку в жовтий (жировий), виявляються у всіх без винятку ООК кісток як первинної, так і вторинної губчастої кісткової тканини.

Таблиця 3

Відносна площа клітинних компонентів кісткового мозку в осередках окостеніння 5-го грудного хребця 60-добових поросят, %

Клітини	Основний ООК (тіло) хребця		Додатковий ООК (голівка)	
	зона первинної губчастої кісткової речовини	зона вторинної губчастої кісткової речовини	зона первинної губчастої кісткової речовини	зона вторинної губчастої кісткової речовини
Остеогенні	16,61 ± 1,12	2,09 ± 0,07	17,16 ± 1,61	1,50 ± 0,04
Кровотворні	64,47 ± 3,84	67,41 ± 3,44	45,62 ± 1,25	58,58 ± 4,14
Жирові	5,06 ± 1,17	20,33 ± 0,98	13,69 ± 2,03	30,26 ± 3,31
Стромальні ¹	13,86 ± 1,11	10,17 ± 0,16	23,53 ± 3,14	9,66 ± 0,78

¹Ретикулярні, ендотеліальні клітини, макрофаги, фіброласти

Таблиця 4

Відносна площа клітинних компонентів кісткового мозку в осередках окостеніння 5-ої реберної кістки та 3-го сегменту груднини 60-добових поросят, %

Клітини	ООК 5-ої реберної кістки			ООК 3-го сегменту груднини	
	зона первинної губчастої кісткової речовини	зона проксимальної та дистальної ділянки вторинної губчастої кісткової речовини	зона середньої ділянки вторинної губчастої кісткової речовини	зона первинної губчастої кісткової речовини	зона вторинної губчастої кісткової речовини
Остеогенні	58,06 ± 2,80	10,87 ± 0,78	4,06 ± 0,66	13,19 ± 0,87	3,95 ± 0,11
Кровотворні	8,02 ± 0,42	49,11 ± 1,64	42,24 ± 2,41	42,09 ± 2,16	45,99 ± 2,58
Жирові	7,92 ± 0,09	15,86 ± 0,63	40,47 ± 1,83	10,01 ± 0,26	35,24 ± 2,77
Стромальні ¹	26,00 ± 1,44	24,16 ± 1,93	13,23 ± 0,54	34,71 ± 2,28	14,82 ± 1,13

¹Ретикулярні, ендотеліальні клітини, макрофаги, фіброласти

Аналізуючи клітинний склад ООК 5-го грудного хребця 60-добових поросят, встановлено, що ВП кровотворних клітин є максимальною як у зонах первинної, так і вторинної губчастої кісткової речовини. Причому в основному ООК даної кістки цей показник сягає 64,47 ± 3,84% (зона первинної губчастої кісткової речовини) та 67,41 ± 3,44% (зона вторинної губчастої кісткової речовини), а в додатковому ООК 45,62 ± 1,25% (зона первинної губчастої речовини) та 58,58 ± 4,14% (зона вторинної губчастої кісткової речовини).

У зонах первинної губчастої кісткової речовини ООК 5-го грудного хребця численними також є остеогенні та стромальні клітини загальна ВП яких варіює в межах 30–40%, а в зонах вторинної губчастої кісткової речовини – жирові, ВП яких може сягати 20–30% (див. табл. 3).

В ООК 5-ої реберної кістки співвідношення клітинних компонентів сильно варіює залежно від зони губчастої кісткової тканини. У зоні первинної губчастої кісткової речовини основними клітинами є остеогенні та стромальні, загальна ВП яких складає понад 80%, тимчасом як кровотворних лише близько 8%. Інша картина відмічена у зонах вторинної губчастої кісткової речовини, де максимальну ВП займають кровотворні клітини, ВП яких варіює від 49,11 ± 1,64% в проксимальній і дистальній її ділянках та

42,24 ± 2,41% в середній ділянці. У зоні проксимальної та дистальної ділянки вторинної губчастої кісткової речовини також відмічено високий вміст стромальних та остеогенних клітин, а у зоні середньої ділянки майже 41% ВП займають жирові клітини.

У ООК 3-го сегменту груднини кровотворні клітини мають практично однакову ВП як у зоні первинної губчастої кісткової речовини (42,09 ± 2,16%), так і в зоні вторинної (45,99 ± 2,58%). Проте у зоні первинної губчастої кісткової речовини ВП стромальних клітин складає 34,71 ± 2,28%, а в зоні вторинної – лише 14,82 ± 1,13%, ВП жирових клітин значно більша у зоні вторинної губчастої кісткової тканини (35,25 ± 2,77%), ніж у зоні первинної (лише 10,01 ± 0,26%).

Висновки

1. Червоний кістковий мозок є невід’ємним компонентом осередків оссифікації, гемопоетичні та остеогенні структури якого, разом із компонентами кровотворного мікрооточення, тісно топографічно та гістогенетично взаємопов’язані.

2. Ступінь розвитку кровотворних компонентів кісткового мозку в кістках осьового скелета 60-добових поросят виражається масштабами ехондрального остеогістогенезу, основними критеріями якого є мор-

фометричні характеристики осередків, відносна кількість в осередках кісткової тканини та кісткового мозку, наявність багатокомпонентної системи кровотворного мікрооточення та вираженої зональної структури губчастої кісткової речовини.

3. Кістковий мозок в осередках окостеніння осьового скелета 60-добових поросят має виражену гетерогенну структуру і у зонах первинної губчастої кісткової речовини має кровотворно-остеогенну форму, в зонах вторинної губчастої кісткової речовини острівцеву або дифузно-острівцеву кровотворну форму з наявністю окремих жирових клітин, кількість яких зростає в напрямку центральної зони осередків.

4. Основною популяцією клітин на периферії осередків у зонах росту є остеобласти. У вічках вторинної губчастої кісткової речовини переважають кровотворні клітини, найбільша «концентрація» яких характерна для ділянок осередків із максимальним ступенем розвитку морфологічних ознак остеогістогенезу та рамоделяції кісткової тканини.

Бібліографічні посилання

- Rojt, A., Brostoff, Dzh., Mejl, D. (2000). Immunologija. M. Mir. 44–57 (in Russian).
- Vladimirovskaja, E.E. (2006). Stromal'noe mikrookruzenie krovotvornogo kostnogo mozga. sostav i funkcija. Voprosy gematologii, onkologii i immunopatologii v pediatrii. 5(4), 29–32 (in Russian).
- Mazhuga, P.M. (1978). Krovenosnye kapilljary i retikulojendotelial'naja sistema kostnogo mezga. K. Naukova dumka (in Russian).
- Fridenshtejn, A.Ja. (1991). Stvolovye osteogenne kletki kostnogo mozga. Ontogenez. 22(2), 189–197 (in Russian).
- Chertkov, I.L. (1978). Stvolovaja krovotvornaja kletka i ee differencirovka v mieloidnom i limfoidnom napravlenii. Immunogenez i kletohnaja differencirovka. M. 102–127 (in Russian).
- Parkman, R. (1991). The biology of bone marrow transplantation for severe combined immunodeficiency. Adv. Immunol. 49, 381–388.
- Gavrilin, P., Oliyars, A., Myrnyi, O. (2016). Peculiarities of morphogenesis of universal hematopoiesis and immune protection in fetuses of domestic pig. Біологія тварин. 18(4), 30–34 <http://dx.doi.org/10.15407/animbiol18.04.030>.
- Havrylin, P.M., Sosonyi, S.V. (2010). Osoblyvosti histota tsytohenezu kistkovoho mozku v plodiv velykoi rohatoi khudoby. Nauk. visnyk Lviv. Nats. un-tu vet. med. ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho. Lviv. 12, 2(44), 2, 37–43 (in Ukrainian).
- Snetkova, P.A. (2010). Morfofunkcional'nye osobennosti kostnoj systemy sobak neonatal'nogo i molochnogo periodov. avtoref. dis. kand. veterinar. Nauk. 16.00.02. JuF Nac. un-ta bioresursov i prirodopol'zovanija Ukrainy «Krym. agrotehnol. un-t». Simf (in Russian).
- Nykyforenko, O.O. (2008). Zakonomirnosti morfohenezu krovotvornykh komponentiv skeleta porosiat neonatal'nogo i molochnogo periodiv. avtoref. dys. kand. vet. Nauk. 16.00.02. Nats. ahrar. Un-t. K. (in Ukrainian).
- Sokolov, V.H. (2004). Strukturno-funktsionalni osoblyvosti kistkovoï systemy i hematolohichni pokaznyky u porosiat. avtoref. dys. kand. vet. Nauk. 16.00.02. K (in Ukrainian).
- Krishtoforova, B.V., Gavrilin, P.N., Sokolov, V.G. (2002). Morfolohicheskie osobennosti kostnykh organov neonatal'nykh produktivnykh zhivotnyh. Nauk. pr. Poltav's'koï derzh. agrarn. akademii. Poltava. PDAA, 34–36 (in Russian).
- Horalskyi, L.P., Khomych, V.T., Kononskyi, O.I. (2011). Osnovy histolohichnoi tekhniky i morfofunktsionalni metody doslidzhen u normi ta pry patolohii. Zhytomyr. «Polissia» (in Ukrainian).
- Avtandilov, G.G. (1990). Medicinskaja morfometrija. M. Medicina (in Russian).
- Havrylin, P.M., Nykyforenko O.O. (2005). Osoblyvosti formuvannia oseredkiv hemopoezu v kistkakh porosiat u neonatalnyi ta molochnyi periody. Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnogo ahrarnoho universytetu. 2, 74–79 (in Ukrainian).

Стаття надійшла до редакції 23.03.2017