


ФІЗІОЛОГІЯ, ПАТОЛОГІЧНА ФІЗІОЛОГІЯ І МОРФОЛОГІЯ

УДК (591.17+591.4):6369.21

Морфогенез осередків окостеніння кісткових органів поросят у ранньому постнатальному періоді онтогенезуОліяр А.В. , Лещова М.О. , Логвінова В.В. *Дніпровський державний аграрно-економічний університет* E-mail: oliiar.a.v@dsau.dp.ua; lieshchova.m.o@dsau.dp.ua; 16051984@i.ua

Оліяр А.В., Лещова М.О., Логвінова В.В.
Морфогенез осередків окостеніння кісткових органів поросят у ранньому постнатальному періоді онтогенезу. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2020. № 1. С. 113–120.

Olijar A.V., Ljeshhova M.O., Logvinova V.V.
Morfogenez oseredkiv okosteninnja kistkovykh organiv porosjat u rann'omu postnatal'nomu periodi ontogenezu. Naukovyj visnyk veterynarnoi' medycyny, 2020. № 1. PP. 113–120.

Рукопис отримано: 24.03.2020р.

Прийнято: 13.05.2020р.

Затверджено до друку: 21.05.2020р.

doi: 10.33245/2310-4902-2020-154-1-113-120

Динаміка росту та розвитку основних і додаткових осередків окостеніння кісткових органів дає можливість з'ясування закономірностей зміни їх тканинних компонентів і наступну вікову ремоделюючу за виконання біомеханічної та кровотворної функцій. Особливості морфогенезу кровотворних компонентів скелета в продуктивних тварин необхідно враховувати при визначенні етіопатогенезу та розробці методів лікування і профілактики інфекційних захворювань, імунодефіцитних і анемічних станів у молодняку. Досліджували кісткові органи (9-й грудний хребець, стегнова кістка) від клінічно здорових новонароджених, 5-, 10-, 15- та 20-добових поросят (n=5) білої української породи, вирощених за традиційними технологіями. Рентгенологічними дослідженнями в органах універсального гемопоезу визначали наявність і ступінь розвитку діа-, епі- та апофізарних осередків окостеніння, а також особливості структури губчастої і компактної кісткової тканини. Визначення відносної площі осередків окостеніння на рентгенограмах проводили методом “крапкового підрахунку” з використанням окулярних тестових систем за методикою Г.Г. Автандилова. У новонароджених поросят у кістках осьового скелету виявляються лише діафізарний (тіла) осередок окостеніння та дужки, тоді як у кістках периферійного – діа- та епіфізарні, а також апофізарний (більшого вертлюга). Із віком у кістках кінцівок кількість їх не змінюється, а осьового скелету – окрім раніше сформованих діафізарного і дужки, з'являються епіфізарні (голівки та ямки), починаючи з 20-добового віку. В усіх кістках спостерігається збільшення розмірів і відносної площі раніше сформованих осередків окостеніння. У кісткових органах всіх вікових груп превалює дрібнокоміркова губчаста кісткова тканина, тоді як компактна на момент народження наявна лише в периферійному скелеті, а в осьовому – вперше з'являється у тілі хребця 10-добових, а також у дужці – 20-добових поросят. Товщина метафізарних хрящів, субхондральних кісток суглобових хрящів, а також епі- та діаметафізарної субхондральних кісток з віком помірно збільшується.

Ключові слова: органи кровотворення та імунного захисту, скелет, кісткові органи, основні і додаткові осередки окостеніння, кісткова тканина, поросята.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Органи кровотворення та імунного захисту входять до складу групи інтегруючих систем, що забезпечують структурний гомеостаз і обумовлюють ріст, розвиток та життєздатність організму [1, 2]. Вочевидь, з цієї причини дослідження особливостей їх морфо-

функціонального статусу в різних видів ссавців та птиці є популярними серед дослідників різних напрямів [3–11]. Орган універсального кровотворення та центральний орган імунного захисту – кісткова система, як інтегруюча опорна конструкція організму, є однією із найголовніших структур в імунній кооперації захисту

організму. Її невід'ємною складовою частиною є кістковий мозок, в якому, завдяки наявності популяції стовбурових клітин, утворюються клітини як мієлоїдного, так і лімфоїдного рядів [12, 13]. Нащадки стовбурових клітин постійно мігрують в інші органи гемо- та лімфоцитопоезу і диференціюються в різних напрямках [14].

Динаміка росту й розвитку осередків окостеніння кісткових органів дає можливість розуміти не лише закономірності змін тканинних компонентів, але й дозволяє виявити інтенсивність осифікації і особливості структури діа-, епі- та апофізарних осередків, а також їх подальшу вікову ремоделяцію за виконання біомеханічної і кровотворної функцій. Основні відомості про особливості морфогенезу кровотворної функції скелета в продуктивних тварин необхідно враховувати при визначенні етіопатогенезу та розробці методів лікування і профілактики інфекційних захворювань, імунодефіцитних та анемічних станів у молодняку [15].

Територія для розвитку кісткового мозку в ссавців – це комірки губчастої кісткової речовини осередків окостеніння, які закладаються та найбільш інтенсивно розвиваються до народження, протягом плідного періоду [16, 17]. Отже, динаміка формування основних та додаткових осередків осифікації в скелеті плодів і закономірності змін їхньої відносної площі є показниками, що значною мірою відображають загальні принципи розвитку «кровотворної території» із визначенням ролі в цьому процесі кожного з осередків або певних їх груп [16].

Мета дослідження – визначити особливості кількісної і якісної динаміки росту та розвитку осередків окостеніння в кісткових органах свині свійської в ранньому постнатальному періоді онтогенезу.

Матеріал і методи дослідження. Роботу виконували на кафедрі нормальної і патологічної анатомії сільськогосподарських тварин і в лабораторії гістології, імуноцитохімії та патоморфології науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Матеріал відбирали від клінічно здорових поросят білої української породи, вирощених у свинарських господарствах за класичною технологією вирощування. Досліджували кісткові органи (9-й грудний хребець, стегнова кістка) новонароджених, 5-, 10-, 15- та 20-добових поросят ($n = 5$). Маса тіла тварин, її динаміка відповідали породі та віку. Наявність і ступінь розвитку діа-, епі- та апофізарних осередків окостеніння (ООК), а також особливості структури губчастої та компактної кісткової тканин (КТ) в органах універсально-

го гемопоєзу визначали на рентгенограмах, виготовлених на рентгенологічному апараті «Арман-1» (модель 9Л15), напруга на трубіці 75 кВ, фокусна відстань 40 см, анодний струм до 100 міліампер на секунду (2–4 рази). Визначення відносної площі (ВП) ООК на рентгенограмах проводили методом “крапкового підрахунку” з використанням окулярних тестових систем (вставок) за методикою Г.Г. Автандилова [18]. Після підрахунку крапок, які припали на всю площу рентгенівського зображення і окремих ООК кісткового органа, величину ВП ООК вивраховували за формулою:

$$\text{Свідн.} = P_k / P_z \times 100\%,$$

де Свідн. – відносна площа осередків окостеніння, %;

P_k – кількість крапок, які припадають на площу окремих осередків епихондрального окостеніння;
 P_z – кількість крапок, які припадають на всю площу рентгенографічного відображення кісткового органа.

Отримані результати досліджень статистично оброблені, в таблиці 1 дані представлені у вигляді середніх значень (\bar{x}) та їх стандартних відхилень (SD). Вірогідність різниць оцінювали за t-критерієм Стьюдента, результати вважали вірогідними за $p < 0,05$.

Результати дослідження. Встановлено, що в добових поросят ВП діафізарного (тіла) ООК і дужки 9-го грудного хребця не перевищує $68,7 \pm 0,83$ % (табл. 1). В основі дужки хребця та діафізарного ООК лежить дрібнокоміркова губчаста КТ, епіфізи хрящові. Комірковий рисунок губчастої КТ виражений чітко, особливо в центрі тіла, трабекули тонкі, мають радіальну спрямованість до епіфізів, розміщуються тісно один до одного, утворюючи дрібну сіточку. Компактна КТ у тілі хребця практично не виділяється. Смужка субхондральної кістки по периферії діафізарного ООК дуже тонка (0,1 мм) (рис. 1). ВП ООК (епі-, діа- і апофізарного) стегнової кістки в новонароджених поросят становить $67,8 \pm 1,08$ % (табл. 1). ООК проксимального епіфіза стегнової кістки овально-втягнутої форми (2×6 мм), вічкова структура згладжена, тоді як ООК дистального епіфіза округло-овальної форми (5×10 мм) має чіткішу структуру. В проксимальній і дистальній ділянках діафіза поздовжньо-втягнуті і рентгенконтрастні трабекули утворюють чітку дрібнокоміркову сітку губчастої КТ. У середній, кістковомозковій ділянці діафіза (3,5×9 мм), трабекули потовщуються, набуваючи не лише поздовжню, а й поперечну орієнтацію, розміщуються рідше, зумовлюючи розрідження дрібнокоміркової сітки губчастої КТ.

Таблиця 1 – Динаміка ВП ООК деяких кісткових органів поросят ($s \pm SD$; $n = 5$)

Вік, діб	ВП ООК, %	
	9-ий грудний хребець	стегнова кістка
Добові	68,7 ± 0,83	67,8 ± 1,08
5	70,6 ± 1,15	73,3 ± 1,14*
10	73,0 ± 1,25	75,7 ± 1,04
15	73,3 ± 1,79	76,4 ± 1,07
20	73,7 ± 1,82	78,4 ± 1,93

Примітка: * – $p < 0,05$, порівняно з попередньою віковою групою.

Компактна КТ виділяється в середній ділянці діафіза, товщина її складає 1–1,5 мм, зменшуючись у напрямку до епіфізів. Периостальна поверхня рівна, а ендостальна – дещо звивиста. Суглобові хрящі проксимального і дистального епіфізів однорідної рентгенщільності, їх субхондральні кістки на рентгенограмах не виділяються. Епіметафізарна субхондральна кістка нечітка, її товщина не перевищує 0,1–0,2 мм. Метафізарний хрящ обох епіфізів нерівномірної товщини, лінія його просвітлення звивиста. Діаметафізарна субхондральна кістка епіфізів однакової структури, товщиною близько 0,2 мм (рис. 2).

Із віком, у 5-добових поросят поряд зі збільшенням розмірів кісткових органів відбувається помірний їх остеогенез, особливо в стегновій кістці. ВП ООК 9-го грудного хребця збільшується на 1,9 %. Дрібнокоміркова губчаста КТ спостерігається в тілі і дужці, сітчастий рисунок чіткий, епіфізи, як і раніше, хрящові. Компактна КТ не виявляється. На краніальному і каудальному кінцях діафіза виділяється тонка, однорідна смужка субхондральної кістки. Сумарна ВП

ООК у стегновій кістці зростає на 5,5 % ($p < 0,05$). Розмір ООК проксимального епіфіза досягає 4×8 мм, дистального – 7,5×1,5 мм, апофізарного – 3×4 мм. Вони утворені дрібнокомірковою губчастою КТ, сітчастий рисунок якої дещо згладжений у діафізарному ООК. Кістковомозкова ділянка досягає 3,5×12 мм. Компактна КТ товщиною 1–2 мм у середній ділянці, шаруватість структури не чітка. Субхондральні кістки суглобового хряща епіфізів практично не виділяються. Епі- та діаметафізарні субхондральні кістки епіфізів мають вигляд смужок товщиною 0,2 мм. Проксимальний і дистальний метафізарний хрящі у вигляді звивистих смужок, нерівномірної товщини.

У 10-добовому віці поросят рентгенанатомічні особливості кісткових органів характеризуються ростом уже сформованих ООК. ВП ООК 9-го грудного хребця збільшується на 2,4 %, вони утворені дрібнокомірковою губчастою КТ, трабекули якої потовщуються. На дорсальній і вентральній поверхнях тіла вперше з'являються смужки (0,1–0,2 мм) компактної КТ. Товщина субхондральної кістки тіла не перевищує 0,1–0,2 мм. ВП ООК стегнової кістки зростає на 2,4 %. Відмічається збільшення розмірів проксимального (3,5×9 мм) і дистального (8×13 мм) епіфізарних, апофізарного (3×5 мм) ООК, які, здебільшого, округло-овальної форми, утворені дрібнокомірковою губчастою КТ, трабекули її подовжуються і потовщуються, в результаті сітчастий рисунок чіткий. В діафізі також дрібнокоміркова губчаста КТ, а в середній третині – кістковомозкова ділянка (4×12 мм). Товщина компактної КТ у середній ділянці не змінюється, периостальна її поверхня рівна, ендостальна – звивиста. Епі- (0,2–0,4 мм) і ді-



Рис. 1. Рентгенограма 9-го грудного хребця новонародженого поросяти: 1 – ООК діафіза; 2 – краніальний епіфізарний хрящ (голівки); 3 – каудальний епіфізарний хрящ (ямки).

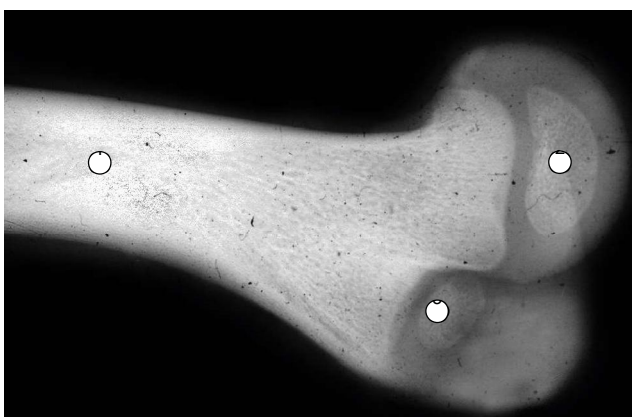


Рис. 2. Рентгенограма стегнової кістки новонародженого поросяти: 1 – ООК діафіза; 2 – ООК проксимального епіфіза; 3 – ООК апофіза (більшого вертлюга).

аметафізарні (0,5–0,6 мм) субхондральні кістки проглядаються у вигляді чітких смуг високої рентгенщільності. Проксимальний та дистальний метафізарні хрящі виділяються у вигляді звивистих смужок майже рівномірної товщини.

У 15-добових поросят у 9-му грудному хребці ВП ООК тіла і дужки має тенденцію до збільшення на 0,4 %, голівка і ямка, як і раніше, хрящові. Сітчастий рисунок дрібнокоміркової губчастої КТ чіткий, а компактна КТ виділяється лише на дорсальній і вентральній поверхнях тіла. Структура субхондральної кістки діафізарного ООК без суттєвих змін. ВП ООК стегнової кістки також має тенденцію до збільшення на 0,7 %, що супроводжується майже незмінними розмірами проксимального (3,5×8 мм) і дистального (7×12 мм) епіфізарних, а також апофізарного (3×5 мм) ООК. В діафізі переважає дрібнокоміркова губчаста КТ, розміри кістковомозкової ділянки практично без змін (3,5×12 мм). Товщина компактної КТ у середній ділянці зростає до 3 мм.

У 20-добових поросят у 9-му грудному хребці, окрім ООК тіла і дужки, вперше з'являються епіфізарні (голівки та ямки) ООК (рис. 3), сумарна ВП яких має тенденцію до збільшення на 0,4 %. В ООК переважає дрібнокоміркова губчаста КТ, сітчастий рисунок її чіткий. Окрім діафіза, компактна КТ з'являється в дужці. В стегновій кістці ВП раніше сформованих ООК зростає на 1,8 %. Проксимальний епіфізарний ООК досягає розмірів 4,5×10 мм, дистальний – 7,5×16 мм, а апофізарний – 4×5 мм. Їх КТ, а також проксимальної і дистальної ділянок діафіза дрібнокоміркова губчаста, сітчастий рисунок її чіткий внаслідок потовщення кісткових трабекул. Розміри кістковомозкової ділянки діафіза збільшуються до 5×15 мм. Товщина компактної КТ практично не змінюється (2,5–3 мм).



Рис. 3. Рентгенограма 9-го грудного хребця 20-добового поросяти: 1 – ООК діафіза; 2 – ООК краніального епіфіза (голівки); 3 – ООК каудального епіфіза (ямки).

Обговорення. Аналіз результатів власних досліджень і даних інших авторів із питань структурних перетворень органів кровотворення та імунного захисту в поросят у ранньому постнатальному періоді онтогенезу вказує на його залежність від морфофункціонального становлення в пренатальному онтогенезі і особливостей адаптивних змін, зумовлених заміщенням їх ембріональних структур на функціональні [10, 19–21].

Як показують результати досліджень різних авторів, найбільш зрілими на момент народження поросят є кісткові органи з їх невід'ємним компонентом – кістковим мозком [20–23].

Морфофункціональні особливості органів гемоімунопоезу поросят зумовлені їхнім організменним статусом – матуранатністю (зрілонародженістю) [19].

Характерно, що в зрілонароджуючих тварин (телята, ягнята, лоша́та, поросята) кісткові органи, особливо периферійного скелета, відрізняються високим ступенем пренатального остеогенезу, що підтверджується наявністю у них на момент народження усіх основних і додаткових ООК [4, 10, 19–21]. Апофізарний ООК більшого вертлюга вказує на особливість пренатального остеогенезу і може бути одним з критеріїв морфофункціональної оцінки кісткової системи, що визначає життєздатність неонатальних тварин [24]. У незрілонароджуючих ссавців (цуценята, кошенята, шурята) протягом ембріогенезу в кістках формуються лише великі основні (діафізарні) ООК, тоді як епі- та апофізарні з'являються після народження [3].

Рентгенологічними дослідженнями кісткових органів осьового скелета у новонароджених поросят встановлено наявність лише діафізарного ООК та дужки, а кінцівок – добре розвинутих діа- та епіфізарних, а також апофізарного, що співпадає з даними інших дослідників [10, 21].

Результати досліджень показують, що ВП ООК у кісткових органах поросят складає більш ніж 60 %. У них переважає дрібнокоміркова губчаста КТ, а компактна – виявляється лише в діафізі стегнової кістки. Розподіл і кількісне співвідношення компактної та губчастої КТ визначається функцією кістки.

Осифікація скелету, тобто ступінь розвитку діа-, епі і апофізарних осередків окостеніння, визначає особливості формування кровотворної ділянки, зумовлює гемопоетичну функцію кісткового мозку. Тому масштаби окостеніння безпосередньо визначають кісткоутворювальний потенціал і кровотворну активність остеобластичного та гемопоетичного кісткового

мозку в скелеті загалом і в кожній окремій кістці [25–30].

Висновки. У новонароджених поросят у кістках осьового скелету (9-ий грудний хребець) виявляються лише діафізарний (тіла) ООК та дужки, тоді як у кістках периферійного (стегнова кістка) – діа- та епіфізарні, а також апофізарний (більшого вертлюга). Із віком, у кістках кінцівок кількість їх не змінюється, а осьового скелету – окрім раніше сформованих діафізарного і дужки, з'являються епіфізарні (голівки та ямки), починаючи з 20-добового віку. В усіх кістках спостерігається збільшення розмірів та ВП раніше сформованих ООК. У кісткових органах всіх вікових груп превалює дрібнокоміркова губчаста КТ, тоді як компактна на момент народження є лише в периферійному скелеті, а в осьовому – вперше з'являється у тілі хребця 10-добових, а також у дужці – 20-добових поросят. Товщина метафізарних хрящів, субхондральних кісток суглобових хрящів, а також епі- та діаметафізарної субхондральних кісток з віком помірно збільшується.

Відомості про дотримання біоетичних норм. Експериментальні дослідження проведені із дотриманням вимог статті 26 Закону України №5456-VI від 16.10.2012 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження» та Директиви ЄС 86/609/ЄЕС від 24.11.1986 р., узгоджуються з основними принципами Європейської конвенції «Про захист хребетних тварин, які використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 18.03.1986 р.), декларації «Про гуманне ставлення до тварин» (Гельсінкі, 2000 р.) і Першого Національного конгресу з біоетики «Загальні етичні принципи експериментів на тваринах» (Київ, 20.09.2001 р.).

Відомості про конфлікт інтересів. Відсутній конфлікт інтересів щодо вкладу авторів та результатів дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабаева А. Г. Кроветворные и лимфоидные органы. Структурные основы адаптации и компенсации нарушенных функций. Москва, 1987. 215 с.
2. Донцов В. И. Иммунобиология постнатального развития. Москва: Наука, 1990. 152 с.
3. Снеткова П. О. Морфофункціональні особливості кісткової системи собак неонатального та молочного періодів: автореф. дис. канд. вет. наук: 16.00.02. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2010. 23 с.
4. Сосонний С. В. Закономірності морфогенезу кровотворних компонентів скелета плодів великої рогатої худоби: автореф. дис. канд. вет. наук: 16.00.02. Харківська державна зооветеринарна академія. Харків, 2012. 23 с.
5. Гаврилін П. М., Перетятко О. В. Особливості постнатального морфогенезу та структурно-функціональної спеціалізації паренхіми лімфатичних вузлів птиці. Науково-технічний бюлетень НДЦ біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. 2012. Т.1. №1. С. 16–22. URL: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Bulet-en-boobezpeky/Bulet-biobezpeky-2012-%D0%A21-%E2%84%961/Bulet-biobezpeky-2012-%D0%A21%E2%84%961_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80.%2016-22.pdf
6. New patterns of the growing L3 vertebra and its 3 ossification centers in human fetuses – a CT, digital, and statistical study / Szpinda M. et al. *Med Sci Monit Basic Res.* 2013. Vol. 19. P. 169–180. Doi: <https://doi.org/10.12659/MSMBR.883956>
7. Барсукова В.В. Особливості імунних структур тонкої кишки мускусних качок в ранньому постнатальному онтогенезі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: «Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва». 2013. Вип. 188(1). С. 43–49. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1877>
8. Cross-sectional study of the ossification center of the C1–S5 vertebral bodies / Szpinda M. et al. *Surg Radiol Anat.* 2013. Vol. 35. P. 395–402. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00276-012-1045-5>
9. Ossification of the vertebral column in human foetuses: histological and computed tomography studies / Skórzewska A. et al. *Folia Morphol.* 2013. Vol. 72. No. 3. P. 230–238. Doi: <https://doi.org/10.5603/FM.2013.0038>
10. Мирний О. М. Особливості динаміки росту та розвитку осередків епихондрального остеогенезу та універсального гемопоезу в скелеті плодів свині свійської. Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Кримський агротехнологічний університет". Серія: Ветеринарні науки. 2013. Вип. 151. С. 294–298. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkauc_2013_151_52
11. Рахмун Д. Е. Закономірності структурно-функціональної організації і зональної спеціалізації паренхіми лімфатичних вузлів верблюда свійського (*Camelus Dromedarius*): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. вет. наук: 16.00.02. Харківська державна зооветеринарна академія. Харків, 2016. 26 с.
12. Сапин М. Р., Этинген Л. Е. Иммуная система человека. Москва: Медицина, 1996. 304 с. URL: <https://www.libex.ru/detail/book41612.html>
13. Рабсон А., Ройт А., Делвз П. Основы медицинской иммунологии. Москва: Мир, 2006. 320 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1498199/>
14. Чертков И. Л. Стволовая кроветворная клетка и её дифференцировка в миелоидном и лимфоидном направлении. Иммуногенез и клеточная дифференцировка. Москва, 1978. С. 102–127.
15. Еверт В.В., Гаврилін П.М., Лещова М.О. Морфометрична характеристика органів універсального гемопоезу поросят у період постнатальної адаптації. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки. 2018. 20(83). С. 13–18. Doi: <https://doi.org/10.15421/nvlvet8303>
16. Фриденштейн А. Я. Стромальные клетки костного мозга и кроветворное микроокружение. Архив патологии. 1982. Т. 44. № 10. С. 3–11.

17. Торубарова Н. А., Кошель И. В., Яцык Г. В. Кроветворение плода и новорожденного. Москва: Медицина, 1993. 208 с. URL:<http://patrick-book.ru/torubarova-n.-a.,-koshel-i.-v.,-yacyk-g.-v.>

18. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. Москва: Медицина, 1990. 384 с. URL:<https://www.twirpx.com/file/662076/>

19. Биологические основы ветеринарной неонатологии / Х. Б. Баймишев и др. Самара: РИЦ СГСХА, 2013. 452 с. URL:<https://rucont.ru/efd/231941>

20. Мирний О. М., Оліяр А. В. Закономірності морфогенезу кровотворних компонентів органів універсального кровотворення та імунного захисту в плодів свині свійської. Науково-технічний бюлетень Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК. 2014. Т. 2. №1. С. 37–43. URL:http://nbuv.gov.ua/UJRN/ndbnndc_2014_2_1_7

21. Оліяр А. В., Лешова М. О. Структурно-функціональна організація центральних органів кровотворення та імунного захисту поросят протягом раннього постнатального періоду онтогенезу. Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2019. 7(1). С. 8–13. Doi: <https://doi.org/10.32819/2019.71002>

22. Gavrilin P., Olyar A., Murnyi O. Peculiarities of morphogenesis of universal hematopoiesis and immune protection in fetuses of domestic pig. The Animal Biology. 2016. Т. 18. №4. С. 30–34. Doi:<http://dx.doi.org/10.15407/animbiol18.04.030>

23. Структурно-функціональна організація кістково-го мозку поросят / Гаврилін П. М. та ін. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.С. Гжицького. 2017. Т. 19. № 77. С. 32–37. Doi:<https://doi.org/10.15421/nlvvet7708>

24. Грабчак Ж. Г. Морфофункциональные особенности бедренных костей неонатальных телят. Ветеринарна медицина: міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2000. Вип. 77. С. 106–111.

25. Travlos G. S. Normal Structure, Function, and Histology of the Bone Marrow. Toxicologic Pathology. 2006. Vol. 34(5). P. 548–565. Doi:<https://doi.org/10.1080/01926230600939856>

26. Baumgart M., Szpinda M., Szpinda A. New anatomical data on the growing C4 vertebra and its three ossification centers in human fetuses. Surgical and Radiologic Anatomy. 2012. Vol. 35(3). P. 191–203. URL:<https://link.springer.com/article/10.1007/s00276-012-1022-z>

27. Morphometric study of the T6 vertebra and its three ossification centers in the human fetus / Szpinda M. et al. Surgical and Radiologic Anatomy. 2013. Vol. 35(10). P. 901–916. URL:<https://cyberleninka.org/article/n/303435/viewer>

28. Extracellular vesicles released from mesenchymal stromal cells stimulate bone growth in osteogenesis imperfecta / Otsuru S. et al. Cytotherapy. 2017. P. 1–12. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2017.09.012>

29. Hematopoietic derived cells do not contribute to osteogenesis as osteoblasts / Otsuru S. et al. Bone. 2017. Т. 94. P. 1–9. Doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2016.10.003>

30. Morphogenesis of the sternum in quail embryos / Araby N. et al. SVU-International Journal of Veterinary Sciences. 2018. Vol. 1(1). P. 16–24. URL:<https://www.semanticscholar.org/paper/Morphogenesis-of-the-Sternum-in-Quail-Embryos.-Araby-Soliman/ed35104e3650f22e8290cf550c429ade5e667517>

REFERENCES

1. Babaeva, A. H. (1987). Krovetvornie i lymfoidnye orhani. Strukturnie osnovi adaptatsyy i kompensatsyy narushennikh funktsiy [Haematopoietic and lymphoid organs. Structural bases of adaptation and compensation of impaired functions]. Moscow, 215 p.

2. Dontsov, V. Y. (1990). Immunobiologiya postnatalnogo razvitiya [Immunobiology of postnatal development]. Moscow, Science, 152 p.

3. Snetkova, P. O. (2010). Morfofunktsionalni osoblyvosti kistkovoї systemy sobak neonatalnogo ta molochnoho periodiv: avtoref. dys. ... dokt. vet. nauk: 16.00.02; Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Morphological and functional features of the neonatal and milk period dogs system of dogs: abstract dis. ... cand. vet. sciences: 16.00.02; National university bioresource and environmental management of Ukraine]. Kyiv, 23 p.

4. Sosonnyi, S. V. (2012). Zakonomirnosti morfohenezu krovotvornykh komponentiv skeleta plodiv velykoi rohatoi khudoby: avtoref. dys. ... kand. vet. nauk: 16.00.02; [The law of morphogenesis of the blood-creating components of the skeleton of the fetus of neat: abstract dis. ... cand. vet. sciences: 16.00.02]. Kharkivska derzhavna zooveterynarna akademiia [Kharkivska State Veterinary Academy]. Kharkiv, 23 p.

5. Gavrilin, P. M., Peretyatko, O. V. (2012). Osoblyvosti postnatalnogo morfohenezu ta strukturno-funktsionalnoi spetsializatsii parenkhimy limfatychnykh vuzliv pytysi [Peculiarities of postnatal morphogenesis and structurally functional special parenchyma of lymphatic nodes in birds]. Naukovo-tehnichniy biuleten LNTs biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK [Science and technology bulletin of NDC for environmental protection and environmental control of agricultural resources]. Vol. 1, no. 1, pp. 16–22. Available at:http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Bulet-en-boobezpeky/Bulet-biobezpeky-2012-%D0%A21-%E2%84%961/Bulet-biobezpeky-2012-%D0%A21%E2%84%961_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80.%2016-22.pdf

6. Szpinda, M., Baumgart, M., Szpinda, A., Woźniak, A., Mila-Kierzenkowska, C. (2013). New patterns of the growing L3 vertebra and its 3 ossification centers in human fetuses – a CT, digital, and statistical study. Med Sci Monit Basic Res. Vol. 19, pp. 169–180. Available at:<https://doi.org/10.12659/MSMBR.883956>

7. Barsukova, V. V. (2013). Osoblyvosti imunnykh struktur tonkoi kyshky muskusnykh kachok v rannomu postnatalnomu ontogenezi [Features of immune structures of the small intestine of musky ducks in early postnatal ontogeny]. Naukovyi visnyk Natsionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. [Scientific Bulletin of the National university bioresource and environmental management of Ukraine]. Seriya: «Veterynarna medytsyna, yakist i bezpeka produktsii tvarynyntstva» [Series: «Veterinary medicine, quality and safety of animal husbandry products»]. Vol. 188 (1), pp. 43–49. Available at:<https://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/1877>

8. Szpinda, M., Baumgart, M., Szpinda, A., Woźniak, A., Małkowski, B., Wisniewski, M., Mila-Kierzenkowska, C., Kroliczewski, D. (2013). Cross-sectional study of the ossification center of the C1–S5 vertebral bodies. Surg Radiol Anat. Vol. 35, pp. 395–402. Available at:<https://doi.org/10.1007/s00276-012-1045-5>

9. Skórzewska, A., Grzymistawska, M., Bruska, M., Łupicka, J., Woźniak, W. (2013). Ossification of the vertebral column in human foetuses: histological and computed tomog-

raphy studies. *Folia Morphol.* 72(3), pp. 230–238 Available at: <https://doi.org/10.5603/FM.2013.0038>

10. Mirnyi, O. M. (2013). Osoblyvosti dynamiky rostu ta rozvytku oseredku enkhondralnoho osteohistogenezu ta universalnoho hemopoezu v skeleti plodiv svyni sviiskoi [Peculiarities of the dynamics of growth and development of centers of endochondral osteogenesis and universal hematopoiesis in the skeleton of fetus pig domestic]. *Naukovi pratsi Pivdennoho filialu Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy «Krymskyi ahrotekhnolohichnyi universytet»*. [Scientific works of the Southern filiation of the National university bioresource and environmental management of Ukraine «Crimean Agrotechnological University»]. Serii: Veterynarni nauky [Series: Veterinary sciences]. Issue 151, pp. 294–298. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npkau_2013_151_52

11. Rahmoune, D.E. (2016). Zakonomirnosti strukturalno-funktsionalnoi orhanizatsii i zonalnoi spetsializatsii parenkhimy limfatychnykh vuzliv verbluda sviiskoho (*Camelus Dromedarius*): avtoref. dys. ... kand. vet. nauk: 16.00.02 [Regularity of structural and functional organization and zonal specialization of the camel domestic lymph node parenchyma (*Camelus Dromedarius*): abstract dis. ... cand. vet. sciences: 16.00.02]. *Kharkivska derzhavna zooveterynarna akademiia [Kharkivska State Veterinary Academy]*. Kharkiv, 26 p.

12. Sapin, M.R., Etingen, L. E. (1996). *Imunnaya sistema cheloveka [Human immune system]*. Moscow, Medicine, 304 p. Available at: <https://www.libex.ru/detail/book41612.html>

13. Rabson, A., Rojt, A., Delvz, P. (2006). *Osnovy medicinskoj immunologii [Fundamentals of Medical Immunology]*. Moscow: Peace, 320 p. Available at: <https://www.twirpx.com/file/1498199/>

14. Chertkov, I.L. (1978). Stvolovaya krovotvornaya kletka i eyo differencirovka v mieloidnom i limfoidnom napravlenii. Immunogenez i kletochnaya differencirovka [Hematopoietic stem cell and its differentiation in myeloid and lymphoid directions. Immunogenesis and cell differentiation]. Moscow, pp. 102–127.

15. Evert, V. V., Gavrilin, P.M., Lieshchova, M. O. (2018). Morfometrychna kharakterystyka orhaniv universalnoho hemopoezu porosiat u period postnatalnoi adaptatsii [Morphometric characterization of universal hematopoietic organs in piglets during postnatal adaptation]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho*. Serii: Veterynarni nauky [Scientific Bulletin Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv]. Series: Veterinary sciences. 20(83), pp. 13–18. Available at: <https://doi.org/10.15421/nvlvet8303>

16. Friedensteyn, A. Ya. (1982). Stromalnye kletki kostnogo mozga i krovotvornoe mikrookruzhenie [Bone marrow stromal cells and hematopoietic microenvironment]. *Arhiv patologii [Pathology Archive]*. Vol. 44. no.10, pp. 3-11.

17. Torubarova, N. A., Koshel, I. V., Yatsyk, G. V. (1993). *Krovotvorenie ploda i novorozhdennoho [Hematopoiesis of the fetus and newborn]*. Moscow, Medicine, 208 p. Available at: <http://patrick-book.ru/torubarova-n.-a.,-koshel-i.-v.,-yac>

18. Avtandilov, G.G. (1990). *Medicinskaya morfometriya [Medical morphometry]*. Moscow, Medicine, 384 p. Available at: <https://www.twirpx.com/file/662076/>

19. Bajmishchev, H. B., Krishtoforova, B. V., Lemeschenko, V. V., Stegnej, Zh. G., Hrustaleva, I. V. (2013). Bio-

logicheskie osnovy veterinarnej neonatologii [Biological bases of veterinary neonatology]. Samara, RIC SGSFA, 452 p. Available at: <https://rucont.ru/efd/231941>

20. Mirnyi, O. M., Oliyari, A. V. (2014). Zakonomirnosti morfohenezu krovotvornykh komponentiv orhaniv universalnoho krovotvorennia ta imunnoho zakhystu v plodiv svyni sviiskoi [The law of morphogenesis hematopoietic components haematogenesis universal and immune protection organs of the domestic fetuses pig]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Naukovo-doslidnoho tsentru biobezpeky ta ekolohichnoho kontroliu resursiv APK [Science and technology bulletin of NDC for environmental protection and environmental control of agricultural resources]*. Vol. 2, no.1, pp. 37–43. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ndbnndc_2014_2_1_7

21. Oliyari, A.V., Lieshchova, M.O. (2019). Strukturno-funktsionalna orhanizatsiia tsentralnykh orhaniv krovotvorennia ta imunnoho zakhystu porosiat protiahom rannoho postnatalnoho periodu ontogenezu [Structural and functional organization of central organs of hematopoiesis and immune protection of piglets during the early postnatal period of ontogenesis]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. Vol. 7. no.1, pp. 8–13. Available at: <https://doi.org/10.32819/2019.71002>

22. Gavrilin, P., Oliyari, A., Myrnyi, O. (2016). Peculiarities of morphogenesis of universal hematopoiesis and immune protection in fetuses of domestic pig. *The Animal Biology*. Vol. 18, no. 4, pp. 30-34. Available at: <http://doi.org/10.15407/animbiol18.04.030>

23. Gavrilin, P. M., Lieshchova, M. O., Evert, V. V., Myrnyi, O. M. (2017). Strukturno-funktsionalna orhanizatsiia kistkovoho mozku porosiat [The structural and functional organization of piglets' bone marrow]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho [Scientific Bulletin Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv]* Vol.19, no. 77, pp. 32–37. Available at: <https://doi.org/10.15421/nvlvet7708>

24. Grabchak, Zh. G. (2000). Morfofunktsionalnye osobennosti bedrennykh kostej neonatalnykh telyat [Morphofunctional features of the femurs of neonatal calves]. *Veterynarna medytsyna: Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk [Veterinary medicine: Interdepartmental themed science compilation]*. Issue 77, pp. 106–111.

25. Travlos, G. S. (2006). Normal Structure, Function, and Histology of the Bone Marrow. *Toxicologic Pathology*. 34(5), pp. 548–565. Available at: <https://doi.org/10.1080/01926230600939856>

26. Baumgart, M., Szpinda, M., Szpinda, A. (2012). New anatomical data on the growing C4 vertebra and its three ossification centers in human fetuses. *Surgical and Radiologic Anatomy*. Vol. 35(3), pp. 191–203. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00276-012-1022-z>

27. Szpinda, M., Baumgart, M., Szpinda, A., Woźniak, A., Mila-Kierzenkowska, C., Dombek, M., Kosiński, A., Grzybiak, M. (2013). Morphometric study of the T6 vertebra and its three ossification centers in the human fetus. *Surgical and Radiologic Anatomy*. Vol.35(10), pp. 901–916. Available at: <https://cyberleninka.org/article/n/303435/viewer>

28. Otsuru, S., Desbordes, L., J. Guess, A., J. Hofmann, T., Relation, T., Kaito, T., Dominici, M., Iwamoto, M., M. Horwitz, E. (2017). Extracellular vesicles released from mesenchymal stromal cells stimulate bone growth in osteogen-

esis imperfecta. *Cytotherapy*. pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2017.09.012>

29. Otsuru, S., M. Overholt, K., S. Olson, T., J. Hofmann, T., J. Guess, A., M. Velazquez, V., Kaito, T., Dominici, M., M. Horwitz, E. (2017). Hematopoietic derived cells do not contribute to osteogenesis as osteoblasts. *Bone*. Vol. 94, pp. 1–9. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.bone.2016.10.003>

30. Araby, N., Soliman, S., Raheem, E.A., Ahmed, Y. (2018). Morphogenesis of the sternum in quail embryos. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences*. Vol. 1(1), pp. 16–24. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Morphogenesis-of-the-Sternum-in-Quail-Embryos.-Araby-Soliman/ed35104e3650f22e8290cf550c429ade5e667517>

Морфогенез очагов окостенения костных органов поросят в раннем постнатальном периоде онтогенеза

Оліяр А. В., Лещова М. А., Логвінова В. В.

Динамика роста и развития основных и дополнительных очагов окостенения костных органов даёт возможность выяснения закономерностей изменения их тканевых компонентов и последующую возрастную ремоделиацию при выполнении биомеханической и кроветворной функций. Особенности морфогенеза кроветворных компонентов скелета у продуктивных животных необходимо учитывать при определении этиопатогенеза и разработке методов лечения и профилактики инфекционных заболеваний, иммунодефицитных и анемических состояний у молодняка. Исследовали костные органы (9-ый грудной позвонок, бедренная кость) от клинически здоровых новорожденных, 5-, 10-, 15- и 20-суточных поросят (n=5) белой украинской породы, выращенных по традиционным технологиям. Рентгенологическими исследованиями в органах универсального гемопоза определяли наличие и степень развития диа-, эпи- и апофизарных очагов окостенения, а также особенности структуры губчатой и компактной костной ткани. Определение относительной площади очагов окостенения на рентгенограммах проводили методом «точечного подсчета» с использованием окулярных тестовых систем по методике Г.Г. Автандилова. У новорожденных поросят в костях осевого скелета обнаруживаются только диафизарный (тела) очаг окостенения и дужки, тогда как в костях периферического – диа- и эпифизарные, а также апофизарный (большого вертела). С возрастом в костях конечностей количество их не изменяется, а осевого скелета – помимо раньше сформированных диафизарного и дужки, появляются эпифизарные (головки и ямки), начиная с 20-суточного возраста. Во всех костях наблюдается увеличение размеров и относительной площади раньше сформированных очагов окостенения. В костных органах всех возрастных групп преобладает мелкоячеистая губчатая костная ткань, тогда как компактная к моменту рождения имеется только в периферическом ске-

лете, а в осевом – впервые появляется в теле 10-суточных, а также в дужке – 20-суточных поросят. Толщина метафизарных хрящей, субхондральных костей суставных хрящей, а также эпи- и диаметафизарной субхондральных костей с возрастом умеренно возрастает.

Ключевые слова: органы кроветворения и иммунной защиты, скелет, костные органы, основные и дополнительные очаги окостенения, костная ткань, поросята.

Morphogenesis of the centers of ossification of bone organs of piglets in the early postnatal period of ontogenesis

Oliyar A., Lieshchova M., Logvinova V.

The dynamics of growth and development of the basic and additional centers of ossification of bone organs gives an opportunity to find out the patterns of change of their tissue components and subsequent age-related remodeling when performing biomechanical and hematopoietic functions. Features of morphogenesis of hematopoietic components of the skeleton in productive animals should be taken into account in determining the etiopathogenesis and development of methods of treatment and prevention of infectious diseases, immunodeficiency and anemic conditions in young animals. Were studied bone organs (9th thoracic vertebra, femur) from clinically healthy newborns, 5-, 10-, 15- and 20-day-old pigs (n = 5) of white Ukrainian breed grown using traditional technologies. Radiological research in the organs of universal hematopoiesis determined the availability and degree of development of the dia-, epi- and apophysar centers of ossification, as well as features of the structure of spongy and compact bone tissue. Determination of the relative area of the centers of ossification on radiograph was performed by the method of “point counting” using the eyepiece test systems according to the method of G.G. Avtandilova. In newborn piglets, the bones of the axial skeleton show only the diaphysar (body) centers of ossification and brackets, whereas in the bones of the peripheral bone, the diaphysar and epiphysar ones, as well as the apophysar (larger swivel). With age, the number of limb bones does not change, and the axial skeleton, except for previously formed diaphysar and brackets, appear epiphysar (heads and fossae), starting at the age of 20 days. In all bones there is an increase in the size and relative area of previously formed centers of ossification. In bone organs of all age groups, small-cell spongy bone prevails, whereas compact at the moment of birth, it is present only in the peripheral skeleton, and in axial - it first appears in the body of a vertebra of 10-day piglets and also in the brackets - 20-day piglets. The thickness of metaphysar cartilages, subchondral bones of articular cartilages, as well as the epi- and diametaphysar subchondral bones increases with age.

Key words: blood forming and immune protection organs, skeleton, bone organs, basic and additional centers of ossification, bone tissue, piglets.



Copyright: © Оліяр А.В., Лещова М.О., Логвінова В.В. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



Оліяр А.В.

ID <https://orcid.org/0000-0002-8918-2693>

Лещова М.О.

ID <https://orcid.org/0000-0002-4251-4152>

Логвінова В.В.

ID <https://orcid.org/0000-0002-2084-6850>