

Олександр Мирний

кандидат ветеринарних наук, асистент кафедри хірургії, акушерства та хвороб дрібних тварин

Одеського державного аграрного університету, м. Одеса, Україна

ORCID ID: 0009-0001-3219-9419

e-mail: vet.mirniy@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ТКАНИННИХ КОМПОНЕНТІВ ОРГАНІВ УНІВЕРСАЛЬНОГО КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУННОГО ЗАХИСТУ У ПЛОДІВ СВИНІ СВІЙСЬКОЇ

Анотація

Встановлені основні закономірності росту та розвитку тканинних компонентів органів універсального кровотворення та імунного захисту у плодів свині свійської. Визначений період трансформації гемопоєзу, від мієлоїдного кровотворення печінки до універсального кровотворення кісткового мозку у плодів свині свійської. Гемопоетичні компоненти печінки мають найбільшу відносну площу в першій третині плідного періоду онтогенезу, та поступово до моменту народження практично зникають на тлі збільшення відносної площі строми та паренхіми печінки. Кровотворні компоненти печінки анатомічно представлені у вигляді гемопоетичних острівців, які зосереджені між балками гематоцитів в тісному взаємозв'язку з судинами мікроциркуляторного русла. Особливості гемопоєзу в кістках скелета плодів свині свійської, також характеризуються специфічною трансформацією, поступовим збільшенням відносної площі кровотворного мозку та кісткової тканини в кістках скелета плодів, та поступовим зменшенням відносної площі хрящової тканини. Таким чином, максимальна відносна площа кісткового мозку серед кісток осьового скелета спостерігається в 3-му сегменті грудної клітини та 5-ій реберній кістці, а серед кісток скелета кінцівок в стегновій та плесновій кістках. Кістковий мозок має певні морфологічні особливості розташування в основних осередках окостеніння кісток осьового скелета та скелета кінцівок, та характеризується формуванням його двох основних форм: острівцевої - розташування кісткового мозку характерно для плодів першої половини плідного періоду онтогенезу, а острівцево-дифузна - для плодів другої половини пренатального розвитку. Розвиток додаткових осередків окостеніння характерний тільки для кісток скелета кінцівок в плодів свині свійської наприкінці плідного періоду, де відносна маса кісткового мозку розташована в незначній кількості у вигляді невеликих скупчення гемопоетичних острівців.

Ключові слова: *плоди свині свійської, кістковий мозок, печінка, кістки осьового скелета, кістки скелета кінцівок.*

Вступ. На сьогоднішній день зроблені значні успіхи в дослідженнях ультраструктури гемопоетичних клітин та клітинних компонентів кровотворного мікрооточення у лабораторних тварин та людини. Експериментально *in vitro* та *in vivo* доведено, що клітини кровотворного мікрооточення кісткового мозку та кісткової тканини складають єдину функціональну систему, всі елементи якої мають єдиного попередника [1, 4, 18, 21]. Структурно-функціональна

неоднорідність кісткового мозку на різних стадіях його розвитку, особливо в період становлення та посилення кістково-мозкової фази універсального кровотворення поряд з гасанням печінкової, потребує ще більш детального дослідження, доповнення, та можливого перегляду деяких аспектів, особливо на ранніх етапах пренатального онтогенезу. Відсутність даних про закономірності росту та розвитку клітинних компонентів в органах універсального гемопоезу у плодів свині свійської, призводить до зниження ефективності лікувально-профілактичних заходів при різних анеміях та імунодефіцитних станах у молодняка [3, 10, 13].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проведений нами аналіз наукових літературних джерел свідчить про те, що на сьогодні особливу увагу дослідники звертають на морфологічні аспекти системи органів кровотворення та імунного захисту, як однієї з основних структур організму ссавців та птиці. Значення досліджень у такому напрямі зростає, зокрема питань збереження основних функцій в умовах збільшення негативного впливу на організм людини та тварини комплексу антропогенно-техногенних факторів, що призводить до різкого зниження процесів життєдіяльності, продуктивності, скорочення тривалості життя. Актуальності набувають дослідження системи крові та кровотворення, як надзвичайно чутливих систем, які беруть участь у забезпеченні гомеостазу [2, 3, 7, 9, 11, 14, 15].

В ембріональному періоді онтогенезу в плодів перші імунокомпетентні структури формуються у жовтковому міхурі, в предплідному періоді відбувається міграція гемопоетичних компонентів до печінки де відбувається утворення стовбурових клітин, які також починають розвиватись в кісткових органах. В результаті чого, утворюється кістковий мозок, який стає органом універсального кровотворення та імунного захисту до кінця постнатального періоду онтогенезу тварин [1, 5, 9, 20, 22].

Процес кровотворення в печінці в пренатальному періоді онтогенезу розділяють на чотири періоди розвитку. Перша стадія характеризується наявністю плюрипотентних стовбурових клітин в печінці, які мають назву CD34⁺. Вони мають певні особливості локалізації біля синусоїдів капілярного русла між печінковими балками. При подальшому розвитку ці клітини поступово починають міграцію внаслідок більш тісного контакту з ендотеліальними клітинами синусоїдів. [5, 7, 9]. Друга стадія кровотворення в печінці, характеризується появою гемопоетичних скупчень кровотворних компонентів між тяжами гепатобластів і синусоїдальним просвітом. Таким чином, ми можемо спостерігати підтвердження теорії про те, що синусоїдальні ендотеліальні клітини можуть підтримувати процес кровотворення. Під час третьої стадії в печінці плоду відбувається максимальне підвищення активності кровотворення, та впродовж цієї стадії гемопоетичні клітини займають не менше 70% паренхіми печінки. Більша частина клітин, що складають гемопоетичні вогнища, є клітинами еритроцитарного ряду, але присутня значна кількість зрілих гранулоцитів, що свідчить про наявність клітин мієлоїдного ряду, які ще знаходяться в недиференційованому стані [1, 5, 9, 20]. Четверта стадія

кровотворного процесу в печінці має ознаки зниження кровотворної активності, де гемопоетичні клітини займають менше 30% паренхіми печінки.

Ряд науковців [1, 4, 6, 15, 19, 21] вважають, гемопоетичні стовбурові клітини є плюрипотентними і можуть утворювати будь-яку гемопоетичну клітину. Їхнім першим кроком у внутрішньопечінковому дозріванні є більш обмежений діапазон варіантів походження, як правило, еритромієлоїдний або мієлолімфоїдний попередники.

На сьогодні відомо, що закономірності морфогенезу компонентів скелета, які забезпечують функцію кровотворення та імунного захисту в ссавців на різних рівнях структурної організації та етапах індивідуального розвитку, майже не досліджені, на відміну від структур, виконуючих біомеханічну функцію, що негативно впливає на вирішення прикладних проблем тваринництва та ветеринарної медицини, спрямованих на розробку методів підвищення життєздатності та продуктивності сільськогосподарських тварин. Таким чином, особливості адаптивних структурних перетворень кісток у зв'язку з участю в реалізації функції універсального гемопоезу та імунного захисту практично не з'ясовані, що значно ускладнює розуміння патогенезу розладів кровотворення в молодняку тварин, а також розробку ефективних методів лікування й профілактики анемії та імунодефіцитів у продуктивних ссавців та птиці [4, 13, 16, 18]. Також в більшості наукових статей та монографій кістковий мозок розглядається як відокремлена, самостійна структура, яка з кістковими органами пов'язана переважно топографічно. При цьому є велика кількість інформації про особливості цитогенезу та ультраструктурної організації диферона кровотворних клітин, отримані, як правило, в дослідженнях *in vitro* в культурах клітин або при вивченні забарвлених мазків пунктатів кісткового мозку. Особливий інтерес дослідників до кровотворних клітин пов'язаний, перш за все, з розробкою нових методів лікування злоякісних хвороб крові, а також відновлювальної терапії з використанням стовбурових та напівстовбурових клітин [15, 19, 20, 22].

На сьогоднішній день в наукових роботах (Гавриліна П.М., Криштафорової Б.В., Никифоренко О.О. та Оліяр А.В) визначенні основні особливості структурно-функціональної організації органів кровотворення та імунного захисту в продуктивних тварин в постнатальному періоді онтогенезу, але інформація стосовно особливостей взаємозв'язку кісткового мозку із структурою губчастої і компактної кісткової речовини у продуктивних тварин в пренатальному періоді онтогенезу практично відсутня.

Мета досліджень. Визначити закономірності структурно-функціональної організації тканинних компонентів у плодів свині свійської.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження були плоди свині свійської білої української породи. Для досліджень використовували матеріал – печінку, кістки осьового скелета (нижньощелепна кістка, 5-й грудний хребець, 5-та реберна кістка, груднина, 1-й і 5-й хвостові хребці) та скелета кінцівок (плечова, стегнова, великогомілкова кістки та кістки заплесни) 1,5-, 2-, 2,5-, 3-, 3,5- та 4-х місячного віку плодів свині свійської (n=6), всього 36 голів. Всі дослідження проводили згідно вимог «Європейської конвенції про захист

хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, Франція, 18 березня 1986 р., ЕТС № 123), а також відповідно до положень Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, 21 лютого 2006 р., № 3447-IV).

Гістологічні дослідження печінки та кісток проводили із використанням комплексу методик (забарвлення гематоксилином та еозином, азур II еозином). Дослідження гістопрепаратів проводили за допомогою мікроскопів біологічного стереометричного (МБС-10), світлових - Olympus CH 20 та CX 41.

Відносну площу (ВП) тканинних компонентів (хрящової (ХТ), кісткової тканини (КТ) і кісткового мозку (КМ)) в гістопрепаратах визначали за методикою «крапкового підрахунку» (Автанділов Г.Г., 1990) з використанням стандартних тестових систем (окулярних вставок) на мікроскопі МБС-10 (окуляр 8х, об'єктив 7х) за формулою: $S_{відн.} = P_t / P_z \times 100 \%$, де $S_{відн.}$ – відносна площа відповідних компонентів, %; P_t – кількість крапок, що потрапили на відповідні тканинні компоненти; P_z – загальна кількість крапок, що потрапили на всю площу гістопрепарату.

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою персонального комп'ютера та стандартної програми Windows XP „Microsoft Excel”.

Гістопрепарати та їх окремі ділянки фотографували цифровим фотоапаратом Olympus C-460 ZOOM та з використанням мікроскопів Olympus CH 20 та CX 41 (окуляр 10х/18L, об'єктив 10х/0,25, 40х/0,65, 100х/0,65).

В результаті проведених досліджень, встановлено, що печінка в плодів свині свійської 1,5-місячного віку представлена трьома структурно-функціональними тканинними компонентами: стромою, паренхімою та мієлоїдною тканиною. На початку плідного періоду онтогенезу (1,5-2,0-місячних плодів) ВП сполучнотканинної строми у печінці має високий ступінь розвитку і становить $6,43 \pm 0,93\%$. Протягом всього плідного періоду онтогенезу її кількісні показники нерівномірно змінюються, та характеризуються збільшенням її ВП у 2- і 3-місячних плодів (на 5,06% і 8,45%, відповідно) та поступовим зменшенням – у 2,5- та 3,5-місячних (на 5,44% і 9,20%, відповідно). Але, спостерігається пік збільшення ВП сполучної тканини в кінці плідного періоду. Таким чином, у 4-місячних плодів ВП сполучної тканини зростає на 7,12%.

ВП паренхіматозної тканини у 1,5-місячних плодів складає $36,97 \pm 0,93\%$. Ріст та розвиток паренхіматозної тканини протягом всього плідного періоду онтогену у плодів свині, також має нерівномірний характер розвитку, та характеризується поступовим зменшенням у 2-, 3- та 3,5-місячних плодів (на 4,06%, 4,99% і 0,62%) та помірним зростанням в 2,5- та 4-місячних (на 12,96% і 3,21%).

ВП мієлоїдної тканини у 1,5-місячних плодів складає $52,32 \pm 0,93\%$, зменшуючись протягом всього плідного періоду, найбільше у 2,5-місячних плодів (на 13,94%), а найменше – в 2-місячних (на 2,58%) (рис. 1). Мієлоїдна тканина складається переважно із кровотворних островців, зосереджених між балками гепатоцитів, ближче до основи кровоносних судин (рис. 2).

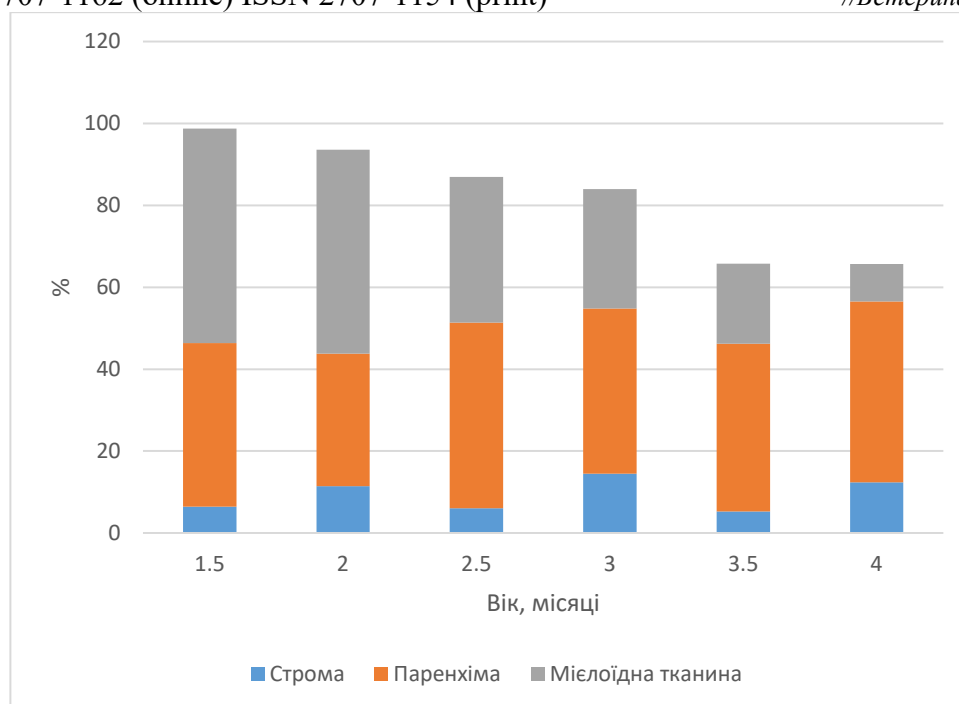


Рис. 1. Динаміка відносної площі тканинних компонентів печінки плодів свині свійської, %.

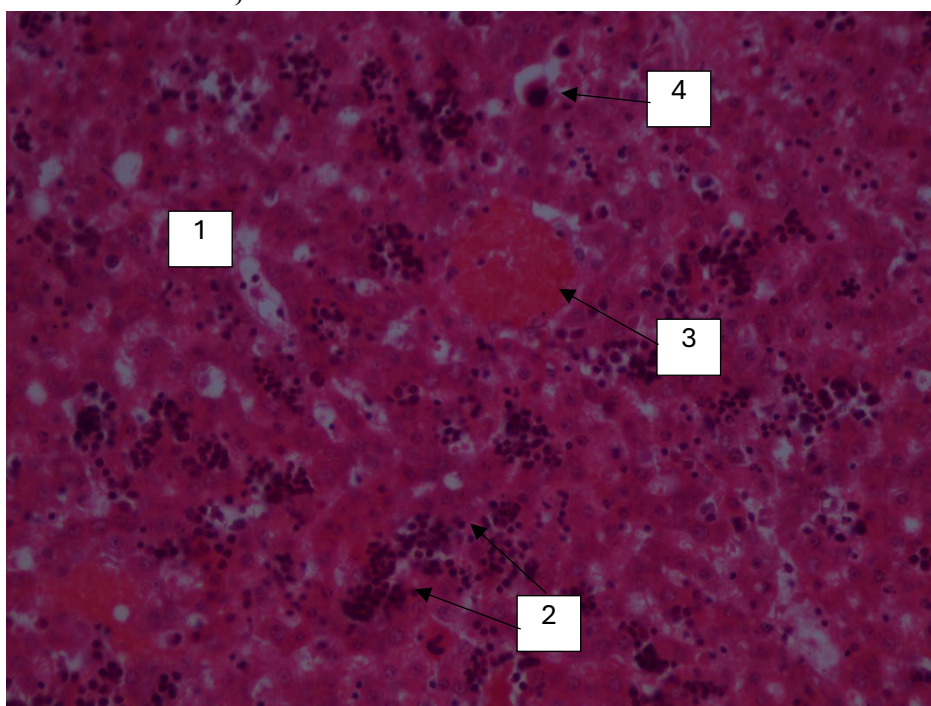


Рис. 2. Гістограма печінки 3-місячного плода свині свійської. Заб. гематоксиліном і еозином, $\times 400$. 1 – паренхіма печінки; 2 – мієлоїдна тканина; 3 – судина мікроциркуляторного русла; 4 – мегакаріоцит.

У плодів свині свійської на початку плідного періоду онтогенезу спостерігається розвиток КМ лише в основних осередках окостеніння (ООК) кісток осьового скелета та скелета кінцівок. Таким чином, максимальна ВП КМ у 1,5-місячних плодів серед кісток осьового скелета спостерігається в основному

осередку окостеніння тіла 5-го грудного хребця, де його ВП складає $12,44 \pm 0,69\%$. В меншій мірі КМ розвинений в 3-му сегменті груднини ($10,50 \pm 1,66\%$), основному ООК 5-ої реберної кістки ($8,65 \pm 1,76\%$), 1-го хвостового хребця ($7,73 \pm 0,93\%$) та 5-го хвостового хребця ($4,61 \pm 0,46\%$). Ріст КМ в кістках осевого скелета плодів свині свійської впродовж всього плідного періоду має тенденцію до постійного рівномірного збільшення, як основних, так і додаткових ООК. Максимальний показник ВП КМ від початку та до кінця плідного періоду зосереджений основному ООК 5-грудного хребця та складає $29,96\%$ (рис. 3).

Динаміка росту та розвитку КМ у 1,5-місячних плодів свині свійської характеризується максимальним зосередженням ВП КМ саме в трубчастих кістках кінцівок, на відміну від кісток осевого скелета. Також було встановлено, що ВП КМ серед трубчастих кісток скелета кінцівок майже однакова (рис. 4). Така динаміка росту ВП КМ спостерігається протягом всього плідного періоду онтогенезу та набуває свого максимуму за рахунок збільшення ВП КМ в основних та додаткових ОКК на момент народження.

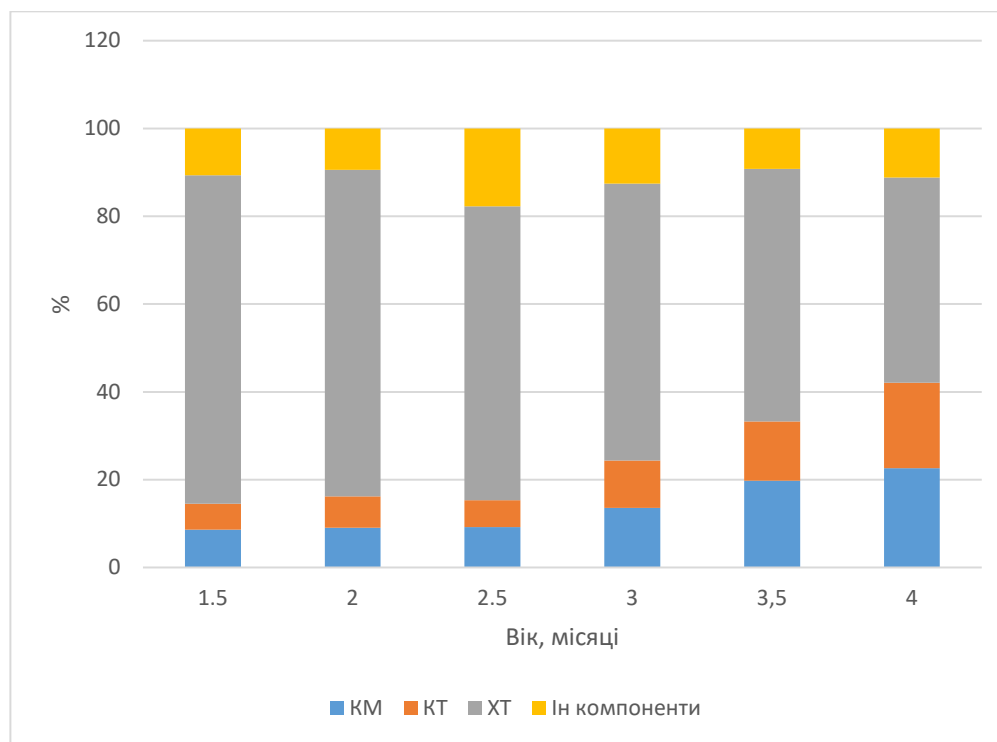


Рис. 3. Динаміка відносної площі тканинних компонентів основного ООК 5-го грудного хребця плодів свині свійської, %.

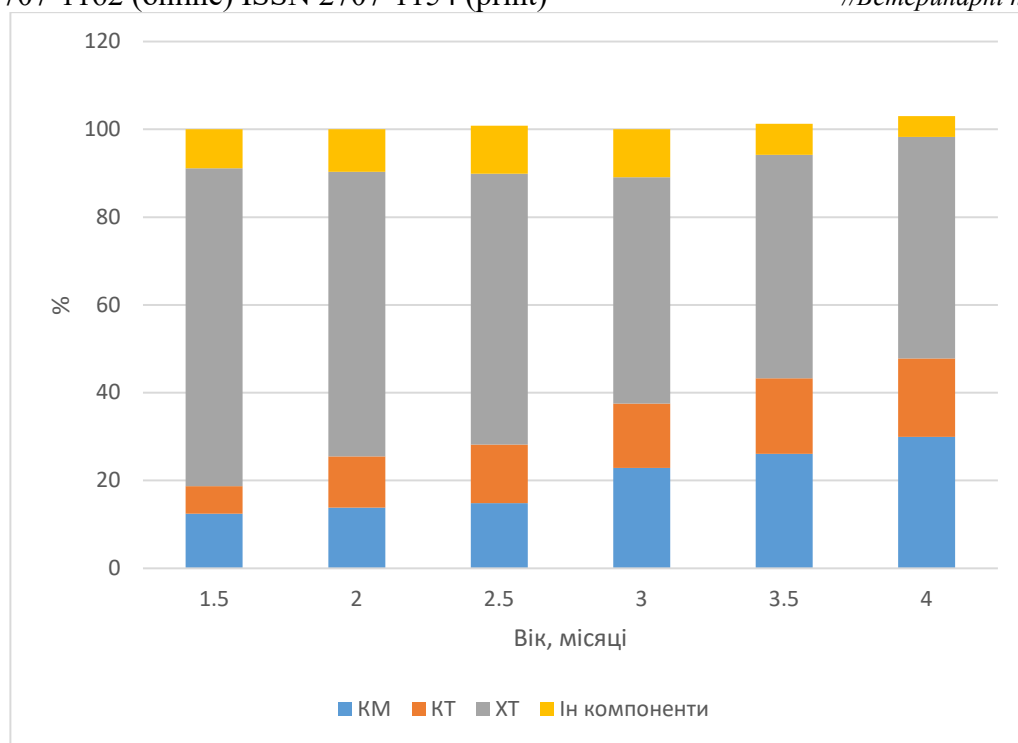


Рис. 4. Динаміка відносної площі тканинних компонентів основного ООК стегнової кістки плодів свині свійської, %.

У плодів свині свійської 1,5-місячного віку максимальний показник ВП КТ, спостерігається в основному ООК тіла 5-го грудного хребця ($6,30 \pm 0,80\%$), дещо менший в 3-му сегменті груднини та 1-му хвостовому хребці ($6,25 \pm 1,02\%$ та $6,03 \pm 0,41\%$, відповідно). Мінімальна ВП КТ спостерігається в 5-ій реберній кістці ($5,86 \pm 0,44\%$) та основному ООК 5-го хвостового хребця ($3,79 \pm 1,07\%$). Протягом всього плідного періоду спостерігається поступове збільшення ВП КТ та на момент народження максимальний показник ВП КТ спостерігається в 5-грудному хребці та 3-сегменті груднини (рис. 5).

Найбільша ВП КТ серед кісток скелета кінцівок відмічається в основному ООК стегнової кістки, де вона складає $17,74 \pm 1,96\%$, а в основному ООК (діафізарному) плеснової та плечової кісток ВП КТ майже однакова ($12,34 \pm 1,85\%$ та $11,66 \pm 0,20\%$, відповідно). Максимальне збільшення ВП КТ в кістках скелета кінцівок спостерігається в основних ООК стегнової та плесневої кісток плодів 3,5-місячного віку ($19,46 \pm 0,58\%$ та $29,57 \pm 0,11$, відповідно), додатково спостерігається поява додаткових ООК.

Максимальне показники серед всіх структурних компонентів кісткових органів впродовж всього плідного періоду онтогенезу в плодів свині свійської, особливо в його першу третину, - займає XT. Серед кісток осьового скелета плодів свині свійської 1,5-місячного віку найбільша ВП XT спостерігається в основному ООК тіла 5-го хвостового хребця ($86,54 \pm 1,53\%$), а найменша ВП XT відмічається в 5-му грудному хребці ($72,37 \pm 1,72\%$). До кінця плідного періоду онтогенезу спостерігається поступове рівномірне зменшення ВП XT в кістках осьового скелета, та досягає свого мінімуму, серед кісток осьового скелета у 4-

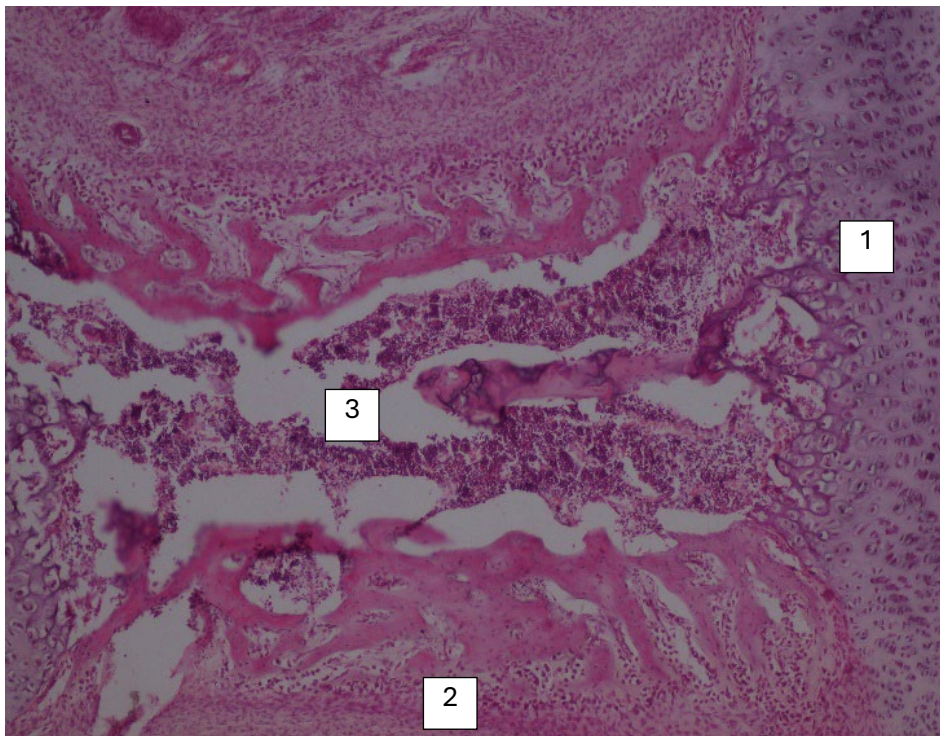


Рис. 5. Гістограма основного ООК 5-грудного хребця у 3,5-місячного плода свині свійської. Заб. гематоксилином і еозином, $\times 100$. 1 – хрящова тканина; 2 – кісткові трабекули; 3 – кровотворні компоненти кісткового мозку.

У трубчастих кістках скелета кінцівок 1,5-місячних плодів свині свійської максимальна ВП ХТ відмічається в діафізарному основному ООК плечової та плеснової кістках ($63,36 \pm 0,47\%$ та $59,12 \pm 5,43\%$, відповідно), а мінімальна в основному ООК стегнової кістки – $52,69 \pm 1,58\%$. На момент народження ВП ХТ поступово зменшується. Максимальне зменшення ВП ХТ серед трубчастих кісток скелета кінцівок у плодів 4-місячного віку спостерігається в основному ООК стегнової кістки ($27,07 \pm 0,38\%$).

Висновки та перспективи подальших досліджень. В результаті проведених досліджень, було встановлено:

- динаміка основних структурно-функціональних компонентів печінки яка протікає на тлі суттєвих морфологічних трансформацій кісткового мозку протягом плідного періоду онтогенезу, характеризується поступовим збільшенням відносної площі стромальних компонентів та рівнозначним зменшенням мієлоїдної тканини печінки;

- у плодів свині свійської на початку плідного періоду онтогенезу КМ виявляється лише в основних ООК скелета, а наприкінці в додаткових ООК;

- максимальна кількість КМ у плодів свині свійської зосереджена в основних ООК кісток осового скелета;

- ріст та розвиток ВП КМ в основних ООК 1,5-місячних плодів свині свійської має тісний позитивний взаємозв'язок з розвитком ВП КТ та негативний

з ХТ;

- оскільки ВП КТ в основних осередках ООК 1,5-місячних плодів свині свійської складає приблизно $\frac{1}{2}$ від ВП КМ, а ВП ХТ, навпаки в 4-5 разів більше за ВП КМ;

- збільшення ВП КМ наприкінці плідного періоду онтогенезу за рахунок не тільки розширення основних ОКК, але і за рахунок появи додаткових ООК.

Список використаної літератури

1. Alison MR, Poulsom R, Forbes SJ. Update on hepatic stem cells. *Liver*. 2001 Dec. 21(6). 367-73.
2. Allen T.D. Haemopoietic microenvironments in vitro: ultrastructural aspects. *Microenvironments in haemopoietic and lymphoid differentiation*. London, 1981. P.38-67.
3. Гаврилін П.М., Мирний О.М. Морфогенез органів універсального гемопоезу та імунного захисту у свині свійської. *Діпро*. 2018. 243 с.
4. Гаврилін П. М., Никифорова О. О., Мирний О. М. Закономірності морфогенезу червоного кісткового мозку поросят. Актуальні напрямки розвитку ветеринарної медицини на сучасному етапі науково-технічного прогресу: Матеріали наук. конф. професорсько-викладацького складу і студентів факультету ветеринарної медицини. Дніпропетровськ. 2005. С. 60–61.
5. Drize N. J., Keller J. R., Chertkov J. L. Local clonal analysis of the hematopoietic system shows that multiple small short-living clones maintain life-long hematopoiesis in reconstituted mice. *Blood*. 1996. V. 88, № 8. P. 2927- 2938.
6. Fukuda T. Fetal hemopoiesis. II. Electron microscopic studies on human hepatic hemopoiesis. *Virchows Arch. B Cell Pathol*. 1974, 16. P. 249–270.
7. Carpentier R., Suner R.E., Kopp J. L., Beaudry J. et al. Embryonic Ductal Plate Cells Give Rise to Cholangiocytes, Periportal Hepatocytes and Adult Liver Progenitor Cells. *Gastroenterology*. 2011. 141. P. 1432–1438.
8. Chen J., Alt F. Gene rearrangement and B-cell development. *Current Opinion Immunol*. 1992. v. 5. - P. 194-206.
9. Kawamoto H., Ohmura K., Hattori N., Katsura Y. Hemopoietic progenitors in the murine fetal liver capable of rapidly generating T cells. *J. Immunol*. 1997, 158. P. 3118–3124.
10. Криштофорова Б. В., Грабчак Ж. Г. Структурно-функціональні особливості кісткового мозку неонатальних телят із різним ступенем внутрішньоутробного розвитку. *Аграрний вісник Причорномор'я: Збірник наукових праць*. Одеса. 2000. Вип. 4 (9). С. 29-31.
11. Криштофорова Б. В., Максаков В. Я. Проблеми продуктивного тваринництва в умовах наростаючої дії антропогенних факторів. *Вісник аграрної науки*. 1998. № 6. С. 31-35.
12. 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 Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. – Дніпропетровськ. 2014. Т2. №1 С. 37-42.
13. Мирний О. М. [Морфофункціональні особливості гісто-та цитогенезу органів універсального кровотворення та імунного захисту у плодів свині свійської: монографія](#). Харків. 2025. С. 122.
14. Мирний О. М. [Динаміка відносної площі основних тканинних компонентів кісткових органів плодів свині свійської](#). *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини*. 2008, №37. С. 182-185.
15. Nevi L., Cardinale V., Carpino G., Costantini D. et al. Cryopreservation protocol for human biliary tree stem/progenitors, hepatic and pancreatic precursors. *Sci. Rep*. 2017. P. 102-125.
16. Оліяр А. В. Особливості морфогенезу органів кровотворення у поросят : автореф. дис.

канд. вет. наук: 16.00.02. Біла Церква. 2003. 21 с.

17. Parkman R. The biology of bone marrow transplantation for severe combined immunodeficiency. / Adv. Immunol., 1991, v. 49. - P. 381-388.

18. Оліяр А. В. Закономірності морфогенезу тканинних компонентів органів кровотворення та імунного захисту в новонароджених поросят. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини: зб. наук. праць / Харк. держ. зоовет. акад. Харків. 2008. Вип. 16(41), Ч. 2: Ветеринарні науки. Т 1. С. 13–16.

19. Rao M.S., Khan A. A., Parveen N., Habeeb M. A. Characterization of hepatic progenitors from human fetal liver during second trimester. World J. Gastroenterol. 2008, 14. P. 5730–5737.

20. Spee B., Carpino G., Schotanus B.A., Katoonizadeh A. Characterisation of the liver progenitor cell niche in liver diseases: Potential involvement of Wnt and Notch signalling. Gut. 2010. 59. P. 247–257.

21. Taylor D., Dharmar M, Urquhart-Scott E, Ryan R, et al Relationship between pediatric blood and marrow transplant center volume and day +100 mortality: Pediatric Blood and Marrow Transplant Consortium experience. Bone Marrow Transplant. 2013. P. 14-22.

22. Yusa K., Rashid S. T., Strick-Marchand H., Varela I. Targeted gene correction of alpha1-antitrypsin deficiency in induced pluripotent stem cells. Natur. 2011. 478. P. 391–394.

Oleksavdr Myrnyi

Candidate of Veterinary Sciences, assistant of the Department of Surgery, Obstetrics and Small Animal Diseases

Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine

ORCID 0009-0001-3219-9419

email: vet.mirniy@gmail.com

FEATURES OF STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF TISSUE COMPONENTS OF THE UNIVERSAL BLOOD POWERING ORGANIZATIONS AND IMMUNE PROTECTION IN OF DOMESTIC PIG'S FETUSES

Abstract

The main patterns of growth and development of tissue components organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pig's fetuses have been established. The period of transformation of hematopoiesis, from myeloid hematopoiesis of the liver to universal hematopoiesis of the bone marrow in domestic pig fetuses, has been determined. Hemacomponents of the liver have the largest relative area in the first third of the fertile period of ontogenesis, and gradually by the time of birth they practically disappear against the background of an increase in the relative area of the stroma and parenchyma of the liver. Hematopoietic components of the liver are anatomically represented in the form of hematopoietic islands, which are concentrated between the beams of hematocytes in close connection with the vessels of the microcirculatory bed. Features of hematopoiesis in the bones of the fetal skeleton of domestic pigs are also characterized by a specific transformation, a gradual increase in the relative area of the hematopoietic marrow and bone tissue in the bones of the fetal skeleton, and a gradual decrease in the relative area of the cartilage tissue. Thus, the maximum relative area of the bone marrow among the bones of the axial skeleton is observed in the 3rd segment of the chest and the 5th rib, and among the bones of the limb skeleton in the femur and metatarsal bones. The bone marrow has certain morphological features of the location in the main foci of ossification of the bones of the axial skeleton and the skeleton of the limbs, and is characterized by the formation of its two main forms: insular - the location of the bone marrow is characteristic of the fetuses of the first half of the fertile period of ontogenesis, and insular-diffuse -

for the fetuses of the second half of prenatal development. The development of additional foci of ossification is characteristic only of the bones of the skeleton of the limbs in the fetuses of the domestic pig at the end of the fertile period, where the relative mass of the bone marrow is located in a small amount in the form of small clusters of hematopoietic islets.

Keywords: domestic pig fetuses, bone marrow, liver, bones of the axial skeleton, bones of the limb skeleton.

Reference

1. Alison M., Poulsom R., Forbes S. (2001) Update on hepatic stem cells. *Liver*. Dec. 21 (6), 367-73.
2. Allen T. D. (1981) Haemopoietic microenvironments in vitro: ultrastructural aspects. Microenvironments in haemopoietic and lymphoid differentiation. – London, 38-67.
3. Gavrylin P. M., Myrnyi O. M. (2018) Morphogenesis of organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pigs. *Dipro*, 243 (in Ukrainian).
4. Gavrylin P. M., Nykyforenko O. O., Myrnyi O. M. (2005) Regularities of morphogenesis of red bone marrow of piglets. *Current directions of development of veterinary medicine at the present stage of scientific and technological progress: Materials of scientific conference of the teaching staff and students of the faculty of veterinary medicine*. Dnipropetrovsk, 60–61 (in Ukrainian).
5. Drize N. J., Keller J. R., Chertkov J. L. (1996) Local clonal analysis of the hematopoietic system shows that multiple small short-living clones maintain life-long hematopoiesis in reconstituted mice. *Blood*, V. 88, № 8, 2927- 2938.
6. Fukuda T. Fetal hemopoiesis. (1974) II. Electron microscopic studies on human hepatic hemopoiesis. *Virchows Arch. B Cell Pathol*, 16, 249–270.
7. Carpentier R., Suner R.E., Kopp J. L., Beaudry J. et al. (2011) Embryonic Ductal Plate Cells Give Rise to Cholangiocytes, Periportal Hepatocytes and Adult Liver Progenitor Cells. *Gastroenterology*, 141, 1432–1438.
8. Chen J., Alt F. (1992) Gene rearrangement and B-cell development. *Current Opinion Immunol.*, V. 5, 194-206.
9. Kawamoto H., Ohmura K., Hattori N., Katsura Y. (1997) Hemopoietic progenitors in the murine fetal liver capable of rapidly generating T cells. *J. Immunol.*, № 158, 3118–3124.
10. Kryshtoforova B. V., Grabchak Zh. G. (2000) Structural and functional features of the bone marrow of neonatal calves with different stages of intrauterine development. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Region: Collection of Scientific Works*. Odesa, V. 4 (9), 29-31 (in Ukrainian).
11. Kryshtoforova B. V., Maksakov V. Ya. (2008) Problems of productive livestock breeding in conditions of increasing impact of anthropogenic factors. *Bulletin of Agrarian Science*, № 6, 31-35 (in Ukrainian).
12. Myrnyi O.M., Oliyar A.V. (2014) Regularities of morphogenesis of hematopoietic components of organs of universal hematopoiesis and immune protection in domestic pig fetuses. *Scientific and technical bulletin of the scientific research center of biosafety and ecological control of agricultural resources of Dnipropetrovsk State Agrarian and Economic University*. Dnipropetrovsk, V. 2, №1, 37-42 (in Ukrainian).
13. Myrnyi O. M. (2025) Morphofunctional features of histo-and cytogenesis of organs of universal hematopoiesis and immune defense in domestic pig fetuses: monograph, Kharkiv, 122 (in Ukrainian).
14. Myrnyi O. M. (2008) Dynamics of the relative area of the main tissue components of the bony organs of domestic pig fetuses. *Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine*, № 37, 182-185 (in Ukrainian).
15. Nevi L., Cardinale V., Carpino G., Costantini D. et al. (2017) Cryopreservation protocol for human biliary tree stem/progenitors, hepatic and pancreatic precursors. *Sci. Rep.*, 102-125.
16. Oliyar A. V. (2003) Peculiarities of morphogenesis of hematopoietic organs in piglets: author's abstract of dissertation candidate of veterinary sciences: 16.00.02. Bila Tserkva, 21 (in Ukrainian).
17. Parkman R. The biology of bone marrow transplantation for severe combined immunodeficiency. *Adv. Immunol.*, 1991, V. 49, 381-388.

18. Oliyari A. V. (2006) Regularities of morphogenesis of tissue components of organs of hematopoiesis and immune protection in newborn piglets. *Problems of zooengineering and veterinary medicine: collection of scientific works*. Kharkiv, State Zoovet. Acad, V. 16(41), 13–16 (in Ukrainian).
19. Rao M.S., Khan A. , Parveen N., Habeeb M. (2008) Characterization of hepatic progenitors from human fetal liver during second trimester. *World J. Gastroenterol.*, 14, 5730–5737.
20. Spee B., Carpino G., Schotanus B. A., Katoonizadeh A. (2010) Characterisation of the liver progenitor cell niche in liver diseases: Potential involvement of Wnt and Notch signalling. *Gut.*, 59, 247–257.
21. Taylor D., Dharmar M, Urquhart-Scott E, Ryan R, et al. (2010) Relationship between pediatric blood and marrow transplant center volume and day +100 mortality: Pediatric Blood and Marrow Transplant Consortium experience. *Bone Marrow Transplant*, 14-22.
22. Yusa K., Rashid S. T. (2011) Strick-Marchand H., Varela I. Targeted gene correction of alpha1-antitrypsin deficiency in induced pluripotent stem cells. *Natur.*, № 478, 391–394.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2026

Стаття пройшла рецензування 24.04.2026

Стаття опублікована 29.05.2026