МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КІСТКОВОГО МОЗКУ КІСТКОВИХ ОРГАНІВ НОВОНАРОДЖЕНИХ ТЕЛЯТ

Ж. Г. СТЕГНЕЙ, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри анатомії,
гістології і патоморфології тварин ім. акад. В. Г. Касьяненка,
<https://orcid.org/0000-0002-0801-0751>
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: stegntey_zhanna@ukr.net

Анотація. Досліджували остеобластичний, червоний і жовтий кістковий мозок, кісткову і хрящову тканину та внутрішньоорганні кровоносні судини окремих кісткових органів осьового скелета і кінцівок (груднина і стегнова кістка) новонароджених телят. Під час виконання роботи використовували комплекс морфологічних методів досліджень. У період онтогенезу кістковий мозок проходить стадії остеобластичного, червоного і жовтого, які мають свої морфофункціональні особливості. Остеобластичний кістковий мозок утворений остеобластами, що моношаром розташовані на кісткових трабекулах, який містить залишки руйнівної хрящової тканини, що представлена гіпертрофованими хондроцитами. У кістковомозкових комірках містяться прямі дуговидні кровоносні капіляри. Між остеобластичним кістковим мозком розташовані осередки гемопоєзу, площа яких збільшується в міру трансформації первинної губчастої кісткової тканини у вторинну. Трабекули первинної губчастої кісткової тканини і дугоподібні капіляри створюють мікрооточення для остеобластичного кісткового мозку. Червоний кістковий мозок має вигляд скупчення клітин мієлоїдного і лімфоїдного рядів, які знаходяться на різних стадіях диференціювання та розташовані між ретикулоцитами. Він заповнює комірки вторинної губчастої кісткової тканини. Він містить значну кількість синусоїдних гемокапілярів діаметром 70,0–450,0 мкм. Їх стінка утворена ендотеліоцитами, між якими є фенестри для проникнення зрілих клітин у загальний кровоток. Синусоїдні капіляри розташовані переважно біля трабекул губчастої кісткової тканини. Кісткові трабекули грубоволокнистої кісткової тканини і синусоїдні капіляри є мікрооточенням для утворення і функціонування червоного кісткового мозку. Жовтий кістковий мозок знаходиться в кістково-мозковій порожнині діафіза стегнової кістки. Він представлений скупченням жирових клітин, які вкраплені між червоним кістковим мозком і кровоносними судинами різного діаметру.

Ключові слова. остеобластичний, червоний, жовтий кістковий мозок, кісткова і хрящова тканина, внутрішньоорганні кровоносні судини, новонароджені телята

Актуальність

У процесі філогенезу кісткова система сформувалася під дією сил гравітації і збільшенням активності руху тварин (Pestova and Chetvertnykh, 1990; Novykov, 1983; Mazhuha, 1978). У наземних хребетних тварин у зв'язку з активним рухом в умовах гравітаційного поля скелет набуває пластинчастої структури кісткової тканини, в результаті чого кістка стає міцнішою і легшою та окрім опорно-рухової функції починає виконувати ще і трофічну, п'єзоелектричну і кровотворну. У період формування кістковий мозок проходить стадії остеобластичного, червоного і жовтого, які мають свої морфофункціональні особливості (Brodevskaya, 1962; Khrustal'eva and Kryshforova, 1973; Havrylin, 1999). Важливим компонентом мікрооточення для утворення і функціонування кісткового мозку є синусоїдні гемокапіляри, які забезпечують проникнення зрілих клітин крові в загальний кровоток (Novykov, 1983; Mazhuha, 1978; De Bruyn, 1991). Етапи розвитку кісткового мозку зумовлені процесами окостеніння і диференціювання кровоносних судин. Спочатку кістковий мозок утворюється між стінками судин і кістковими балками, що формуються. Кістковий мозок бере участь у генезі остеобластів і остеокластів. Після формування кісткових балок в діафізі кісткових органів кровотворення відбувається навколо судин (Yastrebov and Osypenko, 1990).

У науковій літературі переважна більшість праць присвячена особливостям кісткового мозку у філогенезі. Особливості структури кісткових органів поросят і щенят собак неонатального і молочного періодів висвіт-

лені у роботах Sokolova (2001), Oliyar (2002), Nikiforenko and Gavrylina, (2006), Snetkova (2006).

Мета досліджень – дослідити особливості будови різновидів кісткового мозку деяких кісткових органів осевого скелета і скелета кінцівок новонароджених телят.

Матеріал і методи досліджень

Досліджували кістковий мозок, кісткову і хрящову тканину та внутрішньоорганні кровоносні судини груднини і стегнової кістки телят червоної степової породи ($n = 3$). Матеріал фіксували у 5 %, а потім у 10 % водному розчині нейтрального формаліну, де і зберігали під час досліджень. Декальцинацію кісткових органів проводили у 5,0 % розчині азотної кислоти на 10 % водному розчині формаліну. Під час проведення досліджень використовували комплекс морфологічних методів: анатомічне препарування, морфометрію, рентгенографію, виготовлення гістозрізів з послідовним їх зафарбуванням гематоксиліном і еозином, фукселином Вейгерта, імпрегнацією азотно-кислим сріблом (Horal's'kyu et al., 2005). Дослідження отриманих гістозрізів проводили за допомогою OlympusCX-20. Цифрові дані обробляли статистично з використанням програм Exel і Statist ST.

Результати досліджень та їх обговорення

Кісткові органи новонароджених телят утворені кістковою і хрящовою тканинами, кістковим мозком і кровоносними судинами, що підтверджує дані окремих авторів (Havrylin, 1999; Khrustal'eva and Kryshforova, 1973).

Кісткова тканина представлена компактною та губчастою. Компактна кісткова тканина грубоволокниста і утворена кістковими балками. У стеговій кістці кісткові балки розташовані поблизу окістя вздовж кістки, а в більш глибоких шарах не мають певної орієнтації. Губчаста кісткова тканина у досліджуваних кісткових органах новонароджених телят теж грубоволокниста. Вона розташована в епіфізах та прилягаючих до них ділянках діафіза стегової кістки та формує сегменти груднини. Губчаста кісткова тканина представлена первинною і вторинною і утворена балками, які мають різну орієнтацію. У комірках губчастої кісткової тканини міститься кістковий мозок і кровоносні судини. У стеговій кістці первинна губчаста кісткова тканина розташована в ділянці субхондральної кістки суглобового хряща, епіметафізарній та діаметафізарній субхондральній кістках. Центральна частина сегментів груднини утворена первинною губчастою кістковою тканиною, а на периферійна вторинною. Первинна губчаста кісткова тканина утворена кістковими балками, які містять значну кількість хрящової кісткової тканини і орієнтовані перпендикулярно до відповідних хрящів. Комірки первинної губчастої кісткової тканини заповнені остеобластичним кістковим мозком і кровоносними судинами. У міру віддалення кісткових балок від суглобового і метафізарного хрящів кількість хрящової тканини зменшується, зникає перпендикулярна орієнтація і первинна губчаста кісткова тканина переходить у вторинну. Кісткові балки вторинної губчастої кісткової тканини орієнтовані горизонтально і косо-горизонтально по відношенню до хрящів і заповнені червоним кістковим мозком.

Гіалінова хрящова тканина формує суглобові і метафізарні проксимальний та дистальний хрящі стегової кістки та розташована між сегментами груднини. Хрящова тканина досліджуваних кісткових органів має зональну будову, що підтверджує дані інших авторів (Pavlova et al., 1988).

Внутрішньоорганні кровоносні судини кісткових органів представлені артеріями м'язового і венами безм'язового типу та мікроциркуляторними судинами (Kuz'menko, 1998; Bachu et al., 1984).

Остеобластичний кістковий мозок утворений остеобластами, що моношаром розташовані на кісткових трабекулах, яка містить залишки руйнівної хрящової тканини, що представлена гіпертрофованими хондроцитами. У кістковомозкових комірках містяться прямі дуговидні кровоносні капіляри. Між остеобластичним кістковим мозком розташовані осередки гемопоезу, площа яких збільшується по мірі трансформації первинної губчастої кісткової тканини у вторинну. Трабекули первинної губчастої кісткової тканини і дугоподібні капіляри створюють мікрооточення для остеобластичного кісткового мозку (рис. 1, 2).

Червоний кістковий мозок має вигляд скупчення клітин мієлоїдного і лімфоїдного рядів, які знаходяться на різних стадіях диференціювання та розташовані між ретикулоцитами. Він заповнює комірки вторинної губчастої кісткової тканини. Він містить значну кількість синусоїдних гемокапілярів діаметром 70,0–450,0 мкм. Їх стінка утворена ендотеліоцитами, між якими є фенестри для проникнення зрілих клітин у загальний кровоток (рис. 3). Синусоїдні капіляри розташовані переважно біля трабекул губчастої

Рис. 1. Кровоносні судини остеобластичного кісткового мозку діаметафізарної субхондральної кістки метафізарного хряща стегнової кістки добової телички. Імпрегнація азотнокислим сріблом. $\times 100$: 1 – капіляри; 2 – остеобластичний кістковий мозок; 3 – кісткові балки

кісткової тканини. Кісткові трабекули грубоволокнистої кісткової тканини і синусоїдні капіляри є мікрооточенням для утворення і функціонування червоного кісткового мозку.

Проведеними дослідженнями показано, що площа, яку займають остеобластичний, червоний і жовтий кістковий мозок, кісткова і хрящова тканина та кровоносні судини неоднакова в різних ділянках стегнової кістки та четвертого сегмента груднини новонароджених телят (табл. 1). Найбільша площа кісткової тканини і, відповідно, найменша хрящової тканини реєструється у середній ділянці діяфіза стегнової кістки.

Остеобластичний кістковий мозок локалізується у проксимальній і дистальній ділянках епіфіза та прилягаючих до них ділянках діяфіза. Найбільшу площу у стегновій кістці займає червоний кістковий мозок і кровоно-

сні судини. Жовтий кістковий мозок виявляється лише в середній ділянці діяфіза стегнової кістки новонароджених телят. У четвертому сегменті груднини новонароджених телят площа кісткової та хрящової тканини і остеобластичного кісткового мозку коливається незначно, а найбільша площа властива кровоносним судинам і червоному кістковому мозку. У груднині новонароджених телят жовтий кістковий мозок не виявляється.

Жовтий кістковий мозок знаходиться в кістково-мозковій порожнині діяфіза стегнової кістки. Він представлений скупченням жирових клітин, які вкраплені між червоним кістковим мозком і кровоносними судинами різного діаметру. Трансформації червоного кісткового мозку у жовтий сприяє зменшення кількості синусоїдних капілярів і поява сітки капілярів загального типу.

Рис. 2. Кровоносні судини кісткового мозку четвертого сегмента тіла груднини добової телички. Гематоксилін і еозин. $\times 100$:

1 – кісткова балка; 2 – гіпертрофовані хондроцити; 3 – кровоносні судини і остеобластичний кістковий мозок

Рис. 3. Кровоносні судини середньої ділянки діяфіза стегнової кістки новонародженої телички. Гематоксилін і еозин. $\times 100$:

1 – артерія; 2 – вена; 3 – синусоїдний капіляр; 4 – адипоцит

1. Площа кісткової і хрящової тканин, кісткового мозку і кровоносних судин окремих ділянок стегнової кістки і четвертого сегмента груднини новонароджених телят

Показник	Кісткова тканина	Хрящова тканина	Кістковий мозок			Судини
			остео-бластичний	червоний	жовтий	
Проксимальна ділянка епіфіза та ділянка діафіза стегнової кістки	13,74 ± 0,97	6,71 ± 0,79	8,25 ± 1,14	31,35 ± 3,81	-	39,87 ± 1,12
Середня ділянка діафіза стегнової кістки	37,09 ± 0,91	0,37 ± 0,02	0,36 ± 0,14	25,04 ± 1,81	1,74 ± 0,28	35,39 ± 1,42
Дистальна ділянка епіфіза та прилягаюча ділянка діафіза стегнової кістки	12,07 ± 1,42	2,81 ± 0,34	8,01 ± 1,12	39,10 ± 3,47	-	38,01 ± 1,47
Четвертий сегмент тіла груднини	8,24 ± 1,26	8,71 ± 1,03	6,57 ± 1,63	31,62 ± 1,95	-	44,86 ± 2,32

Висновки і перспективи досліджень

Остеобластичний кістковий мозок утворений остеобластами, що моношаром розташовані на кісткових трабекулах, яка містить залишки руйнівної хрящової тканини. У кістково-мозкових комірках містяться прямі дуговидні кровоносні капіляри та осередки гемопоєзу, площа яких збільшується по мірі трансформації первинної губчастої кісткової тканини у вторинну. Червоний кістковий мозок має вигляд скупчення клітин мієлоїдного і лімфоїдного рядів, які знаходяться на різних стадіях диференціювання та розташовані між ретикулоцитами. Він заповнює комірки вторинної губчастої кісткової тканини. Жовтий кістковий мозок знаходиться в кістково-мозковій порожнині діафіза стегнової кістки. Він представлений скупченням жирових клітин, які вкраплені між червоним кістковим мозком і кровоносними судинами різного діаметру.

У подальшому будуть проведені дослідження кісткового мозку, рудиментарних кісткових органів осового скелета телят, які за народження мали неоднаковий морфофункціональний статус організму.

Reference

1. Bachu, Y. S., Onopryenko, H. Y., Lavryshcheva, H. A. (1984). Funktsyonal'naya vnutrykostnaya mykrotsyrukulyatsyya [Functional intraosseous microcirculation]. Kyshynëv: Shtyyntsya, 168.
2. Brodovskaya, Z. Y. (1962). Formyrovanye kostnoho moz'ha kak orhana krovetvorennyya u émbryonov y plodov cheloveka [...Formation of the bone marrow as an organ of blood formation in human embryos and fetuses]. Arkhyv anatomyy, hystolohyy y émbryolohyy, 7 (3): 76–83.
3. Havrylin, P. M. (1999). Strukturno-funktsional'ni osoblyvosti zmin tkanynnykh komponentiv kistkovykh orhaniv telyat prytyahom pershykh 30 dib zhyttya [Structural and functional features of changes of tissue components of bone organs

- of calves during the first 30 days of life]. *Visnyk Bilotserkivs'koho derzhavnoho ah-rarnoho univer-tu. Bila Tserkva*, 43–49.
4. Horal's'kyy, L. P., Khomych, V. T., Konons'kyy, O. O. (2005). *Osnovy histolohichnoyi tekhniky i morfofunktsional'ni metody doslid-zhen' u normi ta pry patolohiyi: navchal'nyy posibnyk*. [Fundamentals of histological technology and morphofunctional meth-ods of research in norm and at pathology]. Zhytomyr, 258.
 5. Kuz'menko, YU., Andriyenko, O. P., Buyano-va, O. V. (1998). *Strukturni zakonomirnos-ti rozvytku hemomikrotsyrkulyatornoho rusla v prenatal'nomu periodi ontogenezu lyudyny*. [Structural regularities of devel-opment of hemomycocirculatory channel in the prenatal period of human ontogen-esis]. *Visnyk morfolohiyi*, 4 (2): 191–192.
 6. Mazhuha, P. M. (1978). *Krovenosnye kapy-llyary y retykuloéndotelyal'naya systema kostnoho moz-ha*. [Blood capillaries and reticuloendothelial system of the bone marrow]. Kyiv: Naukova dumka, 192.
 7. Nykyforenko, O. O., Havrylin, P. M. (2006). *Osoblyvosti strukturno-funktsional'noyi orhanizatsiyi kistkovoho mozku u novon-arodzhennykh porosyat*. [Features of struc-tural and functional organization of bone marrow in newborn piglets]. *Naukovyy visnyk L'vivs'koyi natsional'noyi akademiyi veterynarnoyi medytsyny im. S.Z Hzhys't'-koho*, 8 (2): 129–135.
 8. Novykov, Y. Y. (1983). *Krovenosnye sosudy kostnoho moz-ha*. [Blood vessels of the bone marrow]. Moscow: Medytsyna, 186.
 9. Oliyar, A. V. (2002). *Osoblyvosti morfo-henezu orhaniv krovotvorenniya porosyat // Aktual'ni pytannya morfolohiyi*. [Pec-uliarities of morphogenesis of organs of hematopoiesis of piglets // Topical issues of morphology]. *Naukovi pratsi III Natsion-al'noho konhresu anatomiv, histolohiv, embriolohiv i topohrafoanatomiv Ukray-iny. Ternopil': Ukrmedknyha*, 223–224.
 10. Pavlova, V. N., Kop'eva, T. N. (1988). *Khryashch*. [Cartilage]. Moscow: Medytsy-na, 320.
 11. Pestova, Y. M., Chetvertnykh, V. A. (1990). *Morfofunktsyonal'naya orhanyzatsyya systemy hemymunnopoéza v évoluytsyy*. [Morphofunctional organization of the hemimunnopoeza system in evolution]. *Arkhyv anatomyy, hystolohyy y émbryolo-hyy*, 99 (11): 90–99.
 12. Snetkova, P. O. (2009). *Strukturna transfor-matsiya kistkovoho mozku u shchenyat so-bak neonatal'noho i molochnoho periodiv*. [Structural transformation of bone marrow in puppies of dogs of neonatal and milk pe-riods]. *Tavriys'kyy naukovyy visnyk*, 64 (2): 174–179.
 13. Sokolov, V. H. (2001). *Osobennosti tkanevykh vzaymootnoshenyy v kostnykh orhanakh porosyat neonatal'noho y mo-lochnoho peryodov*. [Features of tissue re-lationships in the bone organs of piglets of the neonatal and lactic periods]. *Naukovi pratsi Poltav's'koyi derzhavnoyi ahrrarnoyi akademiyi. Poltava*, 34–36.
 14. Khrustalëva, Y. V., Kryshtoforova, B. V. (1973). *Funktsyonal'naya morfolohyya nekotorykh élementov kosty kak orhana v zavysymosti ot vlyyannya faktora okru-zhayushchey sredy*. [The functional mor-phology of some elements of the bone as an organ, depending on the influence of environmental factors]. Moscow: MVA, 18.
 15. Yastrebov, A. P., Osypenko, A. V. (1990). *Sys-tema krovy y reheneratsyya kostnoy tkany*. [Blood system and bone tissue regenera-tion]. Sverdlovsk, 124.
 16. De Bruyn, P. (1991). *Structural substrates of bone marrow function*. *Seminars. Hemat.*, 18: 179–193.

Stehney Z. H. (2019). MORPHOLOGICAL FEATURES OF BONE MARROW OF BONE ORGANS OF NEWBORN CALVES. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 9(3): 28–35, <https://doi.org/10.31548/ujvs2019.03.004>.

Abstract. Studied osteoblastic, red and yellow bone marrow, bone and cartilaginous tissues and intraorganic blood vessels of some bone organs of axial and appendicular skeleton (the breastbone and the femur) of newborn calves. During the working on the topic, a complex of morphological methods of research was used. In the period of ontogenesis, the bone marrow passes the stages of osteoblastic, red and yellow, which have their morphofunctional features. Osteoblastic bone marrow is formed by osteoblasts, which are single-layered located on the bone trabeculae, which contains the remnants of destructive cartilage tissue represented by hypertrophied chondrocytes. The bone marrow cells contain straight or arcuate capillaries. Between the osteoblastic bone marrow there are the centers of hemopoiesis, the area of which increases as the transformation of the primary spongy bone tissue into the secondary one. Trabeculae of the primary spongy bone tissue and arcuate capillaries create a microenvironment for osteoblastic bone marrow. Red bone marrow has the form of cluster of myeloid and lymphoid cells, which are at different stages of differentiation and are located between reticulocytes. It fills cells of the secondary spongy bone tissue. It contains a significant number of sinusoidal hemocapillars with a diameter of 70.0–450.0 μm . Their wall is formed by endothelial cells, between which there are fenestrations for penetration of mature cells into the general blood stream (Pic. 3). Sinusoid capillaries are located predominantly at the trabeculae of spongy bone tissue. Bone trabeculae of osteoblastic bone tissue and sinusoidal capillaries are a microenvironment for the formation and functioning of the red bone marrow. The yellow bone marrow is in the bone marrow cavity of the diaphysis of the femur. It is represented by an accumulation of fat cells that are located between the red bone marrow and blood vessels of different diameters.

Keywords: osteoblastic, red, yellow bone marrow, bone and cartilaginous tissue, intraorganic blood vessels, newborn calves