

КІСТКОВИЙ МОЗОК ТВАРИН: БУДОВА І ФУНКЦІЇ, ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА**О. Сукманський, С. Улизько***Одеський державний аграрний університет*

Огляд присвячений кістковому мозку хребетних тварин, опису його будови, функцій, методів дослідження та оцінки. Кістковий мозок є головним кровотворним органом дорослих тварин. Він розташований у центральних каналах та епіфізах трубчастих кісток, хребцях та плоских кістках. Абсолютну більшість його клітинного складу являють гемопоетичні клітини. Крім них він містить адипоцити, фібробласти, остеобласти і остеокласти, які утворюють ретикулярну строму. Основною функцією кісткового мозку є гемопоез. Як первинний лімфоїдний орган він відіграє важливу роль у розвитку адаптивного імунітету. Наступна функція - продукція остеобластів, остеокластів і остеоцитів, які формують кістку. Ще одна функція – продукція адипокінів. Дослідження кісткового мозку проводять для діагностики гемопоетичних неоплазій, а також у випадках виразних змін картини периферійної крові (стійка цитопенія). Основне дослідження кісткового мозку – визначення мієлограми – співвідношення різних ядерних клітин. Вираховують М:Е відношення (мієлоїдні:ядерні еритроїдні клітини), індекс мієлоїдного дозрівання (ММІ), індекс еритроїдного дозрівання (ЕМІ) та ін. В огляді наведені типові мієлограми собаки, kota, коня і ВРХ. Крім детальної характеристики кісткового мозку ссавців, в огляді описано кістковий мозок (гемопоез) інших хребетних – птахів, рептилій, амфібій та риби.

Ключові слова: кістковий мозок, гемопоез, мієлограма, ссавці, птахи, рептилії, амфібії, риби.

Кістковий мозок є головним кровотворним органом у дорослих організмів [9,15,16]. Його частка по відношенню до маси тіла складає від 2% у собак до 5% у людей [17,19]. Він розташований у центральних каналах та епіфізах трубчастих кісток, а також у плоских кістках, зокрема в грудній, клубовій та в ребрах і хребцях. Саме з цих кісток аспірують кістковий мозок для подальшого дослідження його клітинного складу [5,19]. Кістковий мозок містить перш за все гемопоетичні клітини, які являють абсолютно переважаючу більшість. Крім того він містить некровотворні клітини: адипоцити (жирові клітини), фібробласти, остеобласти і остеокласти та ін., які утворюють ретикулярну строму. Загальна частка стромальних клітин не перевищує 2% але вони утворюють потрібне мікрооточення (мікросередовище) для гемопоетичних (паренхіматозних) клітин [1,5,17,19].

Дослідження кісткового мозку вперше виконав у 1927 р. М.І. Аринкін, який працював у Військово-медичній академії в Ленінграді. Для цього було сконструйовано спеціальну голку, якою пунктували грудну кістку і аспірували тканину мозку. Далі було вирішено, що більш безпечно в людей і тварин (собака, кіт та ін.) одержувати кістковий мозок шляхом пункції гребеня клубової кістки. Застосовують також пункцію стегнової кістки в ділянці ямки трохантера та плечової кістки. У коней і ВРХ пунктують також грудну кістку чи дорзальні кінці ребер. У випадку лабораторних тварин (щур, миша, хом'як) їх забивають і видаляють стегнову кістку, з епіфізу якої одержують мозок [19].

В останні роки все більшого значення надають дослідженню кісткового мозку методом магнітно-резонансного зображення, який дозволяє рано виявляти патологічні зміни кісткового мозку та кістки, що його оточує [8].

Як було сказано вище, основною функцією кісткового мозку є гемопоез – продукція еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів. Разом з тим, кістковий мозок є первинним лімфоїдним органом, що визначає його важливу роль у розвитку адаптивного імунітету, пов'язаного з лімфоїдною системою. Наступна функція – участь у продукції клітин (osteoblasts, osteoclasts, osteocytes), які формують кістку і беруть участь у її ремоделюванні під час росту і при загоєнні переломів і травм [18,20]. З'ясування важливої ролі ще однієї функції пов'язано з новітніми науковими досягненнями, а саме з вивченням інкреторної функції жирової тканини, яка продукує адипокіни – гормони, парагормони і цитокіни. Дисбаланс цих речовин провокує розвиток

ожиріння і метаболічного синдрому – інсулінорезистентності, діабету другого типу і його ускладнень [13,14]. Новітні дослідження показали, що жирова тканина кісткового мозку збільшується з віком і зростає її роль у адаптивних реакціях організму. Вона впливає на популяції інших клітин мозку і на загальний метаболізм організму шляхом секреції адипокінів [7].

Дослідження кісткового мозку проводять у випадках виразних змін картини периферичної крові (особливо при стійкій цитопенії), які вимагають більш детальних досліджень, для діагностики пухлинних уражень системи крові (гемопоетичні неоплазії: лейкомії, лімфоми), а також мієло- і лімфопроліферативних захворювань. Їх виконують у випадках нез'ясованої гіперкальцемії та остеолізу, постійної гарячки невідомого походження, високого рівня білків плазми крові тощо [5,19].

Спочатку лічили число клітин на одиницю об'єму пунктату. Також готували мазки, фарбували їх фарбою Романовського-Гімзи і визначали процентне співвідношення різних ядерних клітин. Це співвідношення (в % чи в частках від одиниці) одержало назву «мієлограма». Далі стало ясно, що число клітин дуже залежить від домішки крові (а, отже, еритроцитів) і від цього підрахунку відмовились.

В новітніх дослідженнях використовують метод проточної цитометрії, який базується на використанні двох моноклональних антитіл – проти загального антигену лейкоцитів (CD45) і рецептору трансферину (CD71). Цей метод дозволяє відділити ядерні клітини від дозрілих еритроцитів і, таким чином, повертає дослідників до підрахунку числа клітин кісткового мозку. Однак основне значення і далі надають визначенню мієлограми на основі дослідження пофарбованих мазків [20].

Дослідження мієлограми починають з визначення трьох індексів. Перший з них – це відношення числа ядерних клітин білої крові до числа ядерних клітин червоної крові: лейкокаріоцити /еритрокаріоцити.

Цей індекс у людини складає 3-4, а у тварин є дещо нижчим.

Однак у 70-ті роки минулого століття з'ясувалося, що лімфоцити не є родичами інших лейкоцитів, зокрема моноцитів. На відміну від гранулоцитів і моноцитів, які походять від КУО–ГЕММ (колоніє-утворювальна одиниця гранулоцитів, еритроцитів, моноцитів, мегакаріоцитів) вони походять від КУО-Л (лімфоцитів). Тому було відкинуто термін «агранулоцити» і поділ лейкоцитів на гранулоцити і агранулоцити. Замість цього сьогодні виділяють власне лейкоцити (гранулоцити+моноцити) і окрему популяцію – лімфоцити (імуноцити). У зв'язку з цим було скасовано індекс лейкокаріоцити : еритрокаріоцити і на заміну йому утворено М:Е відношення – мієлоїдні:ядерні еритроїдні клітини. Англійською мовою його звать М:Е ratio, myeloid cells:nucleated erythroid cells). На відміну від індексу лейко:еритрокаріоцити, «М», тобто «мієлоїдні клітини» не включає лімфоцити, вміст яких у кістковому мозку невеликий.

Відношення М:Е складає у собак 0,75-2,53, у котів 1,21-2,16, у коней 0,50-1,50, у овець 0,77-1,68, у корів 0,31-1,85, у свиней 0,73-2,81 [5].

Нормальні показники М:Е відношення при гіперцелюлярності (збільшення числа клітин) у кістковому мозку свідчать про рівнозначне посилення мієло - та еритропоезу. Підвищення М:Е відношення може бути обумовлене гальмуванням еритропоезу чи посиленням гранулопоезу, а його зменшення може свідчити про гранулопоетичну гіпоплазію, або про еритропоетичну гіперплазію. Для остаточного висновку М:Е індекс слід зіставити з даними двох наступних показників мієлограми [20].

Наступні показники мієлограми – індекси дозрівання нейтрофілів та еритробластів. Для обчислення першого з них суму нейтрофільних промієлоцитів, мієлоцитів та метамієлоцитів (юних) ділять на суму паличкоядерних та сегментоядерних нейтрофілів. У здорових тварин переважають більш дозрілі клітини. Тому цей індекс у них завжди менший від одиниці та складає 0,6-0,8. У сучасній англійській літературі цей показник, зветься “Myeloid maturation index (ММІ)” .

Індекс дозрівання еритробластів визначають шляхом поділу суми поліхроматофільних та оксифільних нормоцитів на суму еритробластів, пронормоцитів та всіх нормоцитів (базофільних, поліхроматофільних і оксифільних). Оскільки у здорових тварин переважають більш дозрілі

клітини, цей індекс у них складає 0,8-0,9. Аналогічний показник сучасної англомовної літератури – “Erythroid maturation index (EMI)” .

У випадку нагальної потреби досліджують у кістковому мозку також дозрівання лімфоцитів з лімфобластів і тромбоцитів (кров'яних пластинок) з мегакаріобластів. Дозрівання і склад лімфоцитів досліджують також у біоптатах лімфатичних вузлів [5,20].

Далі наводимо мієлограми (диференційний підрахунок клітин) чотирьох видів свійських тварин .

Таблиця 1. Мієлограми (диференційний підрахунок клітин) тварин за J.W. Harvey (2012) [5] з деякими змінами.

Тип клітин	Собака (n=6)	Кіт (n=7)	Кінь (n=4)	ВРХ (n=3)
Мієлобласт	0,4-1,1	0-0,4	0,3-1,5	0-0,2
Промієлоцит	1,1-2,3	0-3,0	1,0-1,9	0-1,4
Нейтрофільний мієлоцит	3,1-6,1	0,6-8,0	1,9-3,2	2,8-3,4
Нейтрофільний метамієлоцит	5,3-8,8	4,4-13,2	2,1-7,3	2,8-6,2
Паличкоядерний нейтрофіл	12,7-17,2	12,8-16,6	6,8-14,7	4,6-8,4
Сегментоядерний нейтрофіл	13,8-24,2	6,8-22,0	9,6-21,0	11,2-22,6
Всі еозинофільні клітини	1,8-5,6	0,8-3,2	2,8-6,8	2,8-3,8
Всі базофільні клітини	0-0,8	0-0,4	0-1,5	0-1,0
Еритробласт	0,2-1,1	0-0,8	0,6-1,1	0-0,2
Пронормоцит	0,9-2,2	0-1,6	1,0-2,0	0,4-1,2
Базофільний нормоцит	3,7-10,0	1,6-6,2	4,5-11,1	4,8-8,4
Поліхроматофільний нормоцит	15,5-25,1	8,6-23,2	14,7-26,0	23,0-36,4
Метанормоцит	9,2-16,4	1,0-10,4	11,4-19,7	9,2-16,8
М : Е індекс	0,9-1,76	1,21-2,16	0,52-1,45	0,61-0,97
Лімфоцити	1,7-4,9	11,6-21,6	1,8-6,7	3,6-6,0
Плазматичні клітини	0,6-2,4	0,2-1,8	0,2-1,8	0,2-1,2
Моноцити	0,4-2,0	0,2-1,6	0-1,0	0,4-2,2
Макрофаги	0-0,4	0-0,2	0	0-0,8

Досі ми характеризували кістковий мозок ссавців. Далі розглянемо картину кісткового мозку (гемопоез) інших класів хребетних тварин – птахів, рептилій, амфібій та риб.

Низка досліджень присвячена вивченню гемопоезу в **птахів**. Спочатку було запропоновано кілька концепцій раннього розвитку крові та судин у курячих ембріонів: гемопоетичної стовбурової клітини, гемангіобласту та гемогенного ендотелію. В останні два десятиліття ці концепції були поступово заміщені генетичними моделями, які фокусують увагу на примітивному гемопоезі і ранньому формуванні судинної мережі на позаембріональній мезодермальній території [10].

Показано, що введення наночасток міді до організму курчат викликає зменшення загального числа клітин кісткового мозку [18].

Виконане дослідження кісткового мозку амазонських папуг [11]. Його автори провели диференційний підрахунок клітин і вираховували відношення G:E (гранулоцити:еритроїдні клітини). Воно виявилось досить низьким і складало пересічно $0,4 \pm 0,2$. Слід сказати, що папуги поділяють на два ряди – африканських та амазонських з різною лейкоцитарною формулою. У африканських птахів циркулююча кров містить пересічно 61% гетерофілів (нейтрофілів) і 35% лімфоцитів, а в амазонських навпаки – 34,7% гетерофілів і 61% лімфоцитів [15]. Тому не дивно, що гранулоцитопоез у них мало інтенсивний, а тому й відношення G:E є низьким.

Кістковий мозок **рептилій** залишається мало вивченим. Йому присвячена обмежена кількість досліджень. Як відзначає Schalm's Hematology [19], у дорослих рептилій кістковий мозок є головним кровотворним органом, хоч гемопоез може відбуватись і екстремодулярно – в селезінці і печінці. Перелічуються кістки морських і суходільних черепах, які є багатим джерелом кісткового мозку. Це – хребці, довгі кістки, ребра, щиток (carapace) та ін. В цілому гемопоетичні

прекурсори рептилій подібні до таких ссавців, але з деякими відмінностями. Це стосується зокрема, еритроцитів, які в рептилій мають ядро, овальну форму та великі розміри.

Локалізацію гемопоетичної тканини дослідили у 6 видів змій (Ophidia): *Bothrops jararaca*, *Bothrops jararacuse*, *Waglerophis merremii*, *Elaphe taniura taniura*, *Boa constrictor* та *Python reticulatus*. Досліджували хребці, ребра, селезінку, печінку, тимус і нирки шляхом світлової та електронної мікроскопії. Гемопоез виявили в хребцях і ребрах. В селезінці та тимусі знайшли тільки лімфопоез. Не виявили гемопоезу в печінці та нирках [2].

Показано, що в кістковому мозку дорослих самиць спритної ящірки *Lacerta agilis* присутні всі типи гемопоетичних клітин. Найбільшою є частка еритропоетичних клітин. На другому місці є кількість клітин гранулорцитопоезу. На третьому – кількість моноцитарних та лімфоїдних клітин (автори вживають застарілий і відкинутий сучасною наукою термін «агранулоцити»). Найменшою є частка тромбоцитопоетичних клітин [4].

Низка досліджень присвячена вивченню кісткового мозку **амфібій**. Вони виконані переважно на жабах. Зокрема показано, що подібний до такого у спритної ящірки (з перевагою клітин еритропоезу) розподіл клітин кісткового мозку знайдено у представника амфібій – озерної жаби *Rana ridibunda* [4]. Кілька публікацій присвячені гемопоезу в шпорцевої жаби (*Xenopus laevis*). Важливо вказати, що гемопоетичні клітини в цього виду, знаходяться в кістковому мозку і в субкапсулярній зоні печінки [20]. Кістковому мозку належить важлива роль у продукції клітин мієлоїдного ряду [20,21]. Відомо, що в ссавців прекурсори макрофагів походять з кісткового мозку під впливом колоніє-стимулювального фактора для макрофагів (CSF-1). У амфібій головним джерелом клітин-прекурсорів лейкопоезу є субкапсулярні гемопоетичні клітини печінки. Все ж показано, що в шпорцевої жаби головним джерелом прекурсорів макрофагів є, як і в ссавців, кістковий мозок [3]. Разом з тим автори іншого дослідження [6], знайшли, що макрофаги жирової тканини в шпорцевої жаби розвиваються з прогеніторів, не залежних від кісткового мозку.

Клітини крові **риб**, що циркулюють в судинах, включають еритроцити, лімфоцити, тромбоцити, моноцити, нейтрофіли (гетерофіли), еозинофіли, базофіли і незрілі форми. Однак гематопоез у них досліджений гірше, ніж у інших хребетних тварин. У риб, як і в ссавців, є примітивний і дефінітивний гематопоез. Примітивний присутній на стадії яйця та личинки, а дефінітивний – у дорослих риб. Гемопоетичні стовбурові клітини дорослих риб спочатку продукуються в аорта-гонад-мезонефроні. У нирці спочатку домінує мієлоооз, а пізніше – лімфопоез. До продукції Т-лімфоцитів має відношення також тимус. Місце продукції тромбоцитів у риб не встановлено [19].

Висновки. 1. Дослідження кісткового мозку проводять перш за все для діагностики пухлинних уражень органів кровотворення – гемопоетичних неоплазій та при виразній цитопенії периферичної крові.

2. Оцінку картини кісткового мозку починають з визначення числових індексів, які показують співвідношення окремих груп формених елементів.

3. Найбільше значення надають диференційному підрахунку окремих груп ядерних клітин для формування мієлограми.

4. Крім детальної характеристики кісткового мозку ссавців в огляді наведені основні дані про гемопоез у інших хребетних - птахів, рептилій, амфібій і риб.

Список використаних джерел

1. SM, Catafal LK. Evaluation of bone marrow microenvironment could change how myelodysplastic syndromes are diagnosed and treated Cytometry A. 2018;93(9):916-928. DOI: 10.1002/cyto.a.23506.

2. [Dabrowski Z](#), [Z, I S, D D, Witkowska-Pelc E, Krzysztofowicz E, K.](#) Hematopoiesis in snakes (Ophidia). *Folia Histochem Cytobiol.* 2002;40(2):219-20.

3. [L J.](#) Colony-stimulating factor-1-responsive macrophage precursors reside in the amphibian (*Xenopus laevis*) bone marrow rather than the hematopoietic subcapsular liver. *J Innate Immun.* 2013;5(6):531-42. DOI: 10.1159/000346928.

4. Grushko MP. Red bone marrow of the lake frog (*Rana ridibunda*) and the nimble lizard (*Lacerta agilis*). *Morfologiya*. 2010;137(1):31-4. [Russian]
5. Harvey JW. *Veterinary hematology. A diagnostic guide and color atlas*. St Louis, Mo: Elsevier Saunders, 2012.-360+VII p.
6. [Hassnain Waqas](#) SF, A. AC, G. M. S. M. T. Adipose tissue macrophages develop from bone marrow-independent progenitors in *Xenopus laevis* and mouse. *J Leukoc Biol*. 2017;102(3):845-855. DOI: 10.1189/jlb.1A0317-082RR.
7. Horowitz MC, Berry R, Holtrup B, Sebo Z, Nelson T, Fretz JA, Lindskog D, Kaplan JL, Ables G, Rodeheffer MS, Rosen CJ. Bone marrow adipocytes. *Adipocyte*. 2017;6(3):193-204. DOI: 10.1080/21623945.2017.1367881.
8. Hynes JP, Hughes N, Cunningham P, Kavanagh EC, Eustace SJ. [Whole-body MRI of bone marrow: A review](#). *J Magn Reson Imaging*. 2019;50(6):1687-1701. DOI: 10.1002/jmri.26759.
9. Kravtsiv RY, Romanishin VP, Kravtsiv YuR. *Veterinary hematology*. Lviv: TeRus, 2001.-328 p. [Ukrainian].
10. Nagai H, Shin M, Weng W, Nakazawa F, Jakt LM, Alev C, Sheng G. [Early hematopoietic and vascular development in the chick](#). *Int J Dev Biol*. 2018;62(1-2-3):137-144. DOI: 10.1387/ijdb.170291gs.
11. Schwartz D, Guzman DS, Beaufre H, Ammersbach M, Paul-Murphy J, Tully TN Jr, Christopher MM. [Morphologic and quantitative evaluation of bone marrow aspirates from Hispaniolan Amazon parrots \(*Amazona ventralis*\)](#). *Vet Clin Pathol*. 2019;48(4):645-651. DOI: 10.1111/vcp.12799.
12. Simonian GA, Khismutdinov FF. *Veterinary hematology*. M.: Kolos, 1995.-255 p. [Russian].
13. Sukmanskyy OI., Gorokhivskyy VN., Kononenko AE. Apelin and adipokine's system. *Innovatsii v stomatologii*. 2016; (4):30-35. [Russian].
14. Sukmanskyy OI., Gorokhivskyy VN., Shukhtina IN. New adipokines and metabolic syndrome. Stomatological aspects. *Innovatsii v stomatologii*. 2017; (1):15-19. [Russian].
15. Sukmanskyy OI., Ulyzko SI. *Veterinary hematology*. Odesa: BMB, 2009.-168 p.
16. Sukmanskyy OI., Ulyzko SI. Bone marrow investigation in animals. *Zbirnyk materialiv I haukovo-praktychnoi konferentsii NPP ta molodykh naukotsiv*. Odesa, 2021.-p.94-95 [Ukrainian].
17. [Travlos](#) GS. Normal structure, function, and histology of the bone marrow *Toxicol Pathol*. 2006;34(5):548-65. DOI: 10.1080/01926230600939856.
18. [Vishnyakov](#) A. D. [Timofeev](#) D, Kvan O. Evaluation of bone marrow hemopoiesis and the elemental status of the red bone marrow of chickens under introduction of copper to the organism *Environ Sci Pollut Res Int*. 2020;27(14):17393-17400. DOI: 10.1007/s11356-020-08161-0.
19. Weiss DJ., Wardrop KJ. (Eds). *Schalm's Veterinary Hematology* (6th ed.). Singapore: Wiley-Blackwell, 2010.-1206+XXIII p.
20. [Yaparla](#) A. L. Isolation and culture of amphibian (*Xenopus laevis*) sub-capsular liver and bone marrow cells. *Methods Mol Biol*. 2018;1865:275-281. DOI: 10.1007/978-1-4939-8784-9_20.
21. Yaparla A, Reeves P. L. Myelopoiesis of the amphibian *Xenopus laevis* is segregated to the bone marrow, away from their hematopoietic peripheral liver. *Front Immunol*. 2020;10:3015. DOI: 10.3389/fimmu.2019.03015.

КОСТНЫЙ МОЗГ ЖИВОТНЫХ: СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИИ, ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА

Сукманский О., Улызько С.

Обзор посвящен костному мозгу позвоночных животных, описаны его строение, функции, методы исследования и оценка. Костный мозг является главным кроветворным органом взрослых животных. Он расположен в центральных каналах и эпифизах трубчатых костей, позвонках и плоских костях. Абсолютное большинство его клеточного состава представляют гемопоэтические клетки. Кроме них он содержит адипоциты, фибробласты, остеобласты и остеокласты, которые образуют ретикулярную строму. Основной функцией костного мозга является гемопоэз. Как первичный лимфоидный орган он играет важную роль в развитии адаптивного иммунитета. Следующая функция - продукция остеобластов, остеокластов и

остеоцитов, которые формируют кость. Еще одна функция - продукция адипокинов. Исследование костного мозга проводят для диагностики гемопоэтических неоплазий, а также в случаях выраженных изменений картины периферической крови (стойкая цитопения). Основное исследование костного мозга - определение миелограммы -- соотношения различных ядерных клеток. Вычисляют М:Е отношение (миелоидные:ядерные эритроидные клетки), индекс миелоидного созревания (ММІ), индекс эритроидного созревания (ЕМІ) и др. В обзоре приведены типичные миелограммы собаки, кошки, лошади и КРС. Кроме детальной характеристики костного мозга млекопитающих, в обзоре описан костный мозг (гемопоз) других позвоночных - птиц, рептилий, амфибий и рыб.

Ключевые слова: *костный мозг, гемопоз, миелограмма, млекопитающие, птицы, рептилии, амфибии, рыбы.*

BONE MARROW OF ANIMALS: STRUCTURE AND FUNCTIONS, RESEARCH AND EVALUATION

Sukmansky O., Ulyzko S.

The review is devoted to the bone marrow of vertebrates, its structure, functions, research methods and evaluation are described. The bone marrow is the main hemopoietic organ of adult animals. It is located in the central channels and epiphyses of tubular bones, vertebrae and flat bones. The vast majority of its cellular composition is represented by hemopoietic cells. In addition, it contains adipocytes, fibroblasts, osteoblasts and osteoclasts, which form the reticular stroma. The main function of the bone marrow is hemopoiesis. As a primary lymphoid organ, it plays an important role in the development of adaptive immunity. The next function is the production of osteoblasts, osteoclasts and osteocytes that form bone. Another function is the production of adipokines. Bone marrow examination is performed to diagnose hemopoietic neoplasias, as well as in cases of significant changes in the peripheral blood picture (persistent cytopenia). The main study of the bone marrow is the determination of myelogram - the ratio of various nuclear cells. Calculate M: E ratio (myeloid: nuclear erythroid cells), myeloid maturation index (MMI), erythroid maturation index (EMI), etc. Typical myelograms of dog, cat, horse and cattle are presented. In addition to the detailed characterization of the mammalian bone marrow, the review describes the bone marrow (hemopoiesis) of other vertebrates - birds, reptiles, amphibians, and fishes.

Key words: *bone marrow, hemopoiesis, myelogram, mammalian, birds, reptiles, amphibian, fishes.*