
ИССЛЕДОВАНИЕ КОСТНОГО МОЗГА У ЦЕСАРОК БЕЛОЙ ВОЛЖСКОЙ ПОРОДЫ

Е.В. Куликов, Е.Д. Сотникова,
Ю.А. Ватников, С.Б. Селезнев

Департамент ветеринарной медицины
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

В работе проведено исследование строения и особенностей развития в онтогенезе костного мозга цесарок белой волжской породы. Костный мозг располагается в ячейках губчатого вещества, и с возрастом его абсолютная масса увеличивается, а относительная масса уменьшается. В период от 1 до 60-суточного возраста наблюдается самое высокое содержание костного мозга в скелете цесарок. У цесарей количество костного мозга больше, чем у цесарок, в среднем на 1,5—2%. Основная масса костного мозга у цесарят в возрасте от 1 до 90 суток находится в периферическом скелете, причем более 55% — в тазовых конечностях. Осевого скелет цесарок в этом возрасте содержит около трети всего костного мозга, и его большая часть сосредоточена в позвоночном столбе. С возрастом насыщение осевого скелета костным мозгом резко увеличивается и достигает 48,1% от общего содержания в скелете цесарок. Пик насыщения скелета костным мозгом наблюдается в первые два месяца жизни цесарок. Затем данный показатель отличается относительной стабильностью и до возраста 90 суток изменяется незначительно. С 180-суточного возраста начинается резкое падение насыщенности скелета цесарок костным мозгом. В годовалом возрасте этот показатель составляет лишь 57—59% от насыщенности скелета костным мозгом в возрасте 90 суток. С возрастом красный костный мозг замещается желтым костным мозгом. При микроскопии мазков костного мозга отдельные жировые клетки обнаруживаются в красном костном мозге уже в суточном возрасте. В возрасте 60 суток наблюдается замещение красного костного мозга желтым на 20—28%, а в 90 дней — уже на 40%. В возрасте 365 дней практически весь костный мозг представлен желтым.

Ключевые слова: костный мозг, скелет, цесарки, онтогенез.

Интенсивное развитие птицеводства в Российской Федерации, без сомнения, затрагивает не только разведение кур и проблемы, с ним связанные, но и развитие альтернативных направлений в птицеводстве. Одним из таковых является разведение и выращивание цесарок [1].

Имеются достаточно обширные материалы по селекции, разведению и выращиванию цесарок, накоплено достаточно материала по кормлению и инкубации цесарок. Но, к сожалению, чрезвычайно мало материалов, которые касаются морфологических аспектов строения тела цесарок в общем и опорно-двигательного аппарата в частности.

Неотъемлемой функцией кости как органа является кроветворение, выполняемое ее структурной составной частью — костным мозгом.

Необходимо отметить, что костный мозг не только поддерживает гемопоэз, но и участвует в обменных процессах организма, обеспечивая более высокую прочность кости, крепость — сопротивление воздействиям биохимической нагрузки при различной степени локомоции, а также легкость и упругость [2; 4; 7; 9; 10].

Существенной особенностью распределения костного мозга у птиц является тот факт, что он локализуется главным образом в периферическом скелете, тогда как в осевом его довольно мало [8].

В процессе филогенеза костный мозг появляется в скелете лишь у наземных животных. В развитии костей наблюдают 3 стадии — остеобластическая, стадии красного и желтого костного мозга. В период онтогенеза наблюдаются все 3 стадии. Переход остеобластического в красный костный мозг связан с угасанием кроветворной функции печени. Большое биологическое значение заключается в том, что костный мозг локализуется в самых глубоких недрах кости, заполняя все пространство между костными балками и трабекулами. В период новорожденности все кости являются кроветворными органами. Выпадение функции кроветворения одной кости всегда компенсируется остальными.

С ростом организма, спустя некоторое время после рождения животного в отдельных костях скелета, в первую очередь в трубчатых, красный костный мозг, обогащаясь большим количеством жировых клеток, постепенно переходит в третью стадию — желтый костный мозг. Этот процесс идет от дистальных звеньев конечности к проксимальным.

Желтый костный мозг появляется в связи с увеличением биомеханической нагрузки, падающей на кость во время локомоции животного. Он снова начинает выполнять роль ткани, усиливающей крепость и упругие свойства кости. Однако превращение красного костного мозга в желтый — процесс обратимый. Ретикулярные клетки костного мозга в зависимости от кислородной потребности организма могут превращаться в гемопоэтические, или же, наоборот, накапливая жир, превращаться в жировые [12].

Костный мозг в эволюции позвоночных постепенно увеличивается в объеме и относительной массе вместе с увеличением относительной массы крови и обеспеченности организма гемоглобином [3]. Удовлетворить возрастающие потребности наземного позвоночного в кислороде лучше всего мог костный мозг, первым вместе со всей костью воспринимающий интенсивность движения в условиях гравитационного поля. Изменения в интенсивности движения привели к увеличению кроветворения, что является прямым доказательством большой зависимости кроветворения от двигательной активности животного.

Костный мозг у наземных высших позвоночных животных достигает 6—7% массы тела или 40—50% массы скелета. Доказано, что чем активнее животное, тем больше содержится костного мозга в его скелете. Так, у северного оленя количество костного мозга достигает 12,8% по отношению к массе тела, а у кроликов — только 2%. Интересны также показатели количественного соотношения костного мозга [7; 9].

Выяснилось, что локализация костного мозга в различных отделах скелета далеко неодинакова. Грудная кость, позвоночные концы ребер содержат до 70% массы костного мозга. В среднем же грудные позвонки содержат 47,5% костного мозга, грудная кость — 59,2% и ребра — 39,8% от их массы.

Учет распределения массы костного мозга по отделам скелета показывает, что основная часть его локализуется в осевом скелете (50,5%), затем в тазовом поясе (3:8,7%) и меньше всего в плечевом (10,8%).

Существенной особенностью распределения костного мозга у птиц является тот фактор, что он локализуется главным образом в периферическом скелете,

тогда как в осевом его очень мало или он отсутствует. Из-за отсутствия костного мозга в определенные возрастные периоды в костях осевого скелета и трубчатых костях плеча и предплечья у многих птиц в их организме снижено общее количество костного мозга. Интересно, что птенцы имеют значительно меньше костного мозга, чем новорожденные млекопитающие [8; 10].

Все вышеуказанное свидетельствует о том, что у животных и птиц, ведущих активный образ жизни, скелет должен обладать более мощным развитием красного костного мозга по сравнению с менее подвижными животными. Функциональное состояние костного мозга отражается на кости. Так, кость молодого животного, содержащая красный костный мозг, имеет значительное количество кобальта, который отсутствует в кости, имеющей желтый костный мозг.

Костный мозг у млекопитающих и птиц располагается в ячейках губчатого вещества кости, в системе гаверсовых каналов, а также полностью образует костно-мозговой участок диафиза трубчатых костей [5; 6; 11].

Красный костный мозг представляет собой кроветворную ткань, 50% массы которой составляют кровеносные сосуды. Костный мозг обильно иннервируется, богат интерорецепторами и представляет собой мощную рефлексогенную зону. Под микроскопом гемопоэтическая ткань костного мозга имеет вид шнуров, разделяется на дольки, состоящие из компактно упакованных клеток, образующих цилиндрические скопления вокруг артериол. Друг от друга такие дольки отделяются дренирующими синусоидами. Ретикулиновые волокна и ретикулярные клетки составляют каркас костно-мозговых шнуров; соприкасаясь друг с другом тонкими ветвящимися отростками, ретикулярные палочки образуют губчатую строму, в петлях которой расположены гемопоэтические клетки. Кроме ретикулярных клеток, фибробластов и кроветворных клеток в шнурах встречаются лаброциты (тучные клетки) и макрофаги, лежащие вблизи венозных синусов. Макрофаги фагоцитируют клеточный детрит, ядра и до 2% целых клеток эритроидного ряда.

Фагоцитозу подвергаются неполноценные кроветворные элементы. Макрофаги, которые лежат в основе эритробластических островков, плотно охватывают прилегающие эритроидные клетки отростками.

Топография гемопоэтических клеток в костном мозге определяется, с одной стороны, расположением их относительно сосудов и, с другой стороны, относительно поверхности эндоста. Морфологические исследования срезов костного мозга показали, что зона наиболее активного кроветворения всегда граничит с эндостом. Ранние формы клеток миелоидного ряда обнаруживаются преимущественно вблизи кости, в то время как миелоциты и гранулоциты располагаются в центральных участках костного мозга.

Строение и функция костного мозга, изменения, происходящие в нем в связи с развитием как в филогенезе, так и в онтогенезе в ответ на многие воздействия внешних и внутренних факторов, регенерация кроветворной ткани после повреждения, тесно связаны с интраоссальной сосудистой системой. Она обеспечивает потребности костно-мозговых клеток в питании, кислороде, доставку гормонов.

Важным структурным компонентом, который непосредственно участвует в его главной функции — пополнении периферической крови гемопоэтическими

клетками, достигшими необходимой зрелости, является стенка сосудов костного мозга, через которую клетки выходят в кровь. Она служит барьером между кровеносной тканью и кровяным руслом, обеспечивает условия, при которых эмиграция клеток из костного мозга и иммиграция клеток-предшественников в костный мозг приобретает упорядоченный характер [12].

Однако в отличие от других органов и тканей в костном мозге помимо обычных венозных капилляров имеются еще специальные образования микроциркуляторного русла — синусоиды. Синусоиды — расширенные до 500 мкм и более альвеолоподобные капилляры костного мозга, большей частью располагаются вблизи эндостальной поверхности кости, которая оказывается в этом случае даже стенкой синусоида. Из синусоидов идут главным образом капилляры, выходящие из кости. Благодаря этому большая часть поступающей в синусоиды костного мозга крови успевает проконтактировать с костной тканью.

Знание структуры строения и закономерностей развития костного мозга является ключом для понимания, раскрытия и профилактики возникновения патологии.

Цель. Исследовать строение и особенности развития в онтогенезе костного мозга цесарок белой волжской породы.

Материалы и методы исследований. Мы изучили объем, массу, особенности морфологии костного мозга в скелете цесарок белой волжской породы в ЗАО «Марийское». Материалом для изучения послужили грудная кость, лопатка, плечевая кость, кости предплечья, бедренная кость, большеберцовая кость, заплюсневая и плюсневая кости, позвоночный столб. Отдельные фрагменты работы в части проверки достоверности полученных результатов были воспроизведены на оборудовании лаборатории клинической ветеринарии аграрного факультета РУДН, приобретенного в рамках инновационного проекта «Образование». Полученные цифровые данные обрабатывали методов вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента с помощью ПК и пакета программ Microsoft Excel 2003, Statistika 5.0, MatLab 6.5.

Результаты исследований. Данные о содержании костного мозга в организме цесарок белой волжской породы представлены в таблице и на рисунке.

Таблица 1

Динамика относительной массы костного мозга цесарок к живой массе и абсолютной массе скелета

Показатель	Пол	Возраст, сутки					
		1	60	90	180	270	365
Относительная масса костного мозга к живой массе, %		0,92	5,50	5,15	4,68	2,92	2,60
		0,87	5,41	4,99	4,51	2,85	2,58
Относительная масса костного мозга к массе скелета, %		6,75	37,1	34,90	30,92	27,19	23,10
		6,59	36,92	34,01	30,19	26,65	22,84

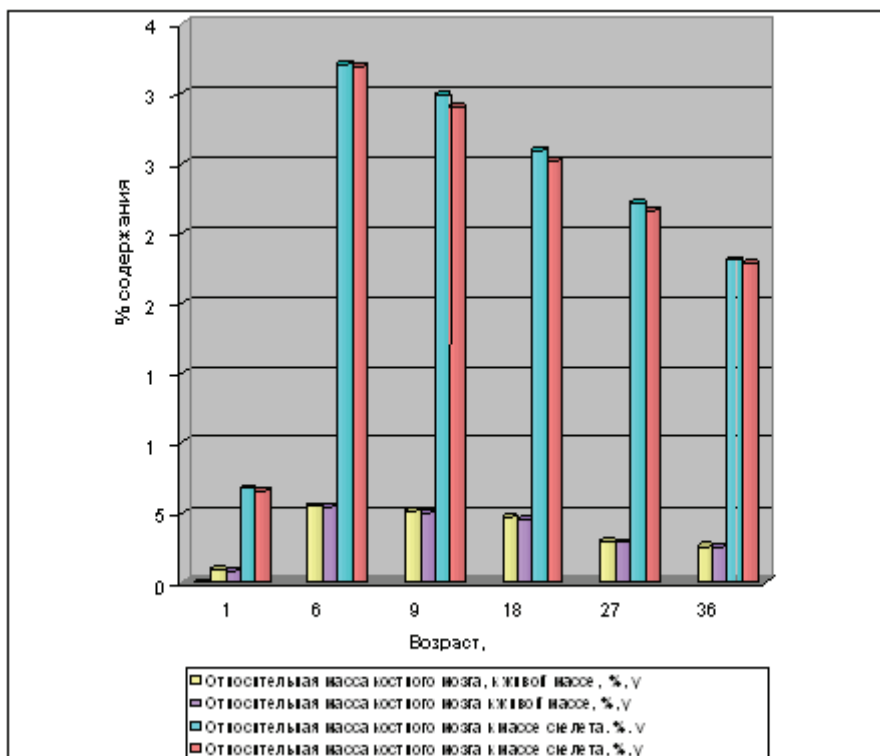


Рис. Ретроспектива относительного содержания костного мозга в организме и скелете цесарок белой волжской породы

Из таблицы видно, что в период от 1- до 60-суточного возраста наблюдается самое высокое содержание костного мозга в скелете цесарок. В данный период отмечается интенсивный рост всех отделов скелета, ускоренными темпами идет формирование тканей и органов всего организма. А если учесть, что костный мозг деятельно участвует в обменных процессах в организме, становится ясным, что такое высокое содержание костного мозга в организме цесарок в этот период является физиологической потребностью.

В организме цесарят за первые два месяца жизни количество костного мозга увеличивается практически в 6 раз.

Необходимо отметить, что это единственное резкое скачкообразное повышение содержания костного мозга в скелете цесарок; в дальнейшем такое значительное увеличение массы костного мозга не наблюдается ни в одном из изученных периодов.

Основная масса костного мозга у цесарят в возрасте от 1 до 90 суток находится в периферическом скелете, причем более 55% — в тазовых конечностях. Осевой скелет цесарок в этом возрасте содержит около трети всего костного мозга, большая его часть сосредоточена в позвоночном столбе. Необходимо сказать, что с возрастом количество костного мозга в позвоночнике увеличивается.

В возрасте 365 дней содержание костного мозга в организме цесарок в 2,11 раза ниже по сравнению с тем же параметром в возрасте 60 суток и в 1,98 раза в возрасте 90 суток.

Интересной особенностью, характерной для взрослых цесарок обоих полов, является высокое содержание костного мозга в осевом скелете, главным образом в позвоночнике.

Рисунок наглядно показывает, что пик насыщения скелета костным мозгом наблюдается в первые два месяца жизни цесарок. Затем данный показатель отличается относительной стабильностью и до возраста 90 суток изменяется незначительно. Даже в последующие 90 дней данный показатель снижается плавно. С 180-суточного возраста начинается резкое падение насыщенности скелета цесарок костным мозгом. В годовалом возрасте этот показатель составляет лишь 57—59% от насыщенности скелета костным мозгом в возрасте 90 суток.

С возрастом красный костный мозг (*medulla ossium rubra*) замещается желтым костным мозгом (*medulla ossium flava*). При микроскопии мазков костного мозга отдельные жировые клетки обнаруживаются в красном костном мозге уже в суточном возрасте. В возрасте 60 суток наблюдается замещение 20—28% красного костного мозга желтым. В возрасте 90 дней уже около 60% костного мозга принадлежит красному, остальное — желтому. В возрасте 365 дней практически весь костный мозг представлен желтым.

Выводы

1. Костный мозг располагается в ячейках губчатого вещества и с возрастом его абсолютная масса увеличивается, а относительная масса уменьшается.
2. У цесарей количество костного мозга больше, чем у цесарок, в среднем на 1,5—2%.
3. До полового созревания подавляющее большинство костного мозга располагается в периферическом скелете, но с возрастом насыщение осевого скелета костным мозгом резко увеличивается и достигает 48,1% от общего содержания в скелете цесарок.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Загайнова Е.И., Куликов Е.В. Цесарководство — новая отрасль мясного птицеводства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2007. № 1—2. С. 107—112.
- [2] Куликов Е.В. Морфохимическая характеристика скелета цесарок в постэмбриональном онтогенезе: Дисс. ... канд. биол. наук. М.: РУДН, 2004.
- [3] Куликов Е.В., Ватников Ю.А., Альбикова Г.М. Общая гистология с основами цитологии и эмбриологии. М.: РУДН, 2012.
- [4] Куликов Е.В., Ватников Ю.А., Жукова К.А. Исследование костного мозга у цесарок белой волжской породы // Инновационные процессы в АПК: сборник статей II Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 50-летию образования РУДН. М.: РУДН, 2010. С. 177—180.
- [5] Куликов Е.В., Ролдугина Н.П., Загайнова Е.И. Особенности гистологического строения костной ткани у цесарок белой волжской породы // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2007. № 1—2. С. 100—106.
- [6] Куликов Е.В., Селезнев С.Б., Ветошкина Г.А. Морфологические особенности строения скелета цесарок белой волжской породы // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2014. № 2 (19). С. 27—30.

- [7] Куликов Е.В., Селезнев С.Б., Ветошкина Г.А. Морфологические показатели костного мозга у цесарок белой волжской породы // *Морфология*. 2014. Т. 145. № 3.
- [8] Куликов Е.В., Сотникова Е.Д. Особенности развития осевого и периферического скелета цесарок белой волжской породы в постэмбриональном онтогенезе // *Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство*. 2015. № 2. С. 74—80.
- [9] Селезнев С.Б., Кротова Е.А., Ветошкина Г.А., Куликов Е.В., Бурыкина Л.А. Основные принципы структурной организации иммунной системы перепелов // *Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство*. 2015. № 4. С. 66—73.
- [10] Хрусталева И.В., Криштофорова Б.В. Некоторые закономерности роста и развития костей млекопитающих и птиц // *Функциональная морфология и патология органов движения с/х животных*. М.: Изд-во МВА, 1984. С. 86—93.
- [11] Mirian L.A., Forancelli Pacheco, Ximena S. Villagran, Gilson R. Martins. Macroscopic and microbiological alterations of bird and small mammal bones buried in a Cerrado biome (south western Brazil) // *Journal of Archaeological Science*. 2012. Vol. 39. Issue 5. P. 1394—1400.
- [12] Kulikov E.V., Vatnikov Y.A., Sotnikova E.D., Seleznev S.B., Troshina N.I., Rystsova E.O. Morphometric characteristics of the bone tissue structure in white Volga guineafowls. // *Biol Med (Aligarh)* 2015. 7(3): BM-111-15, 4 pages.

THE STUDY OF BONE MARROW IN GUINEA FOWLS OF THE VOLGA WHITE BREED

**E.V. Kulikov, E.D. Sotnikova,
Y.A. Vatnikov, S.B. Seleznev**

Department of Veterinary
Peoples' Friendship University of Russia
Miklucho-Maklay str., 8/9, Moscow, Russia, 117198

In this work the study of the structure and features of development in the ontogeny of the bone marrow of Guinea fowls of the Volga white breed. Bone marrow is located in the cells of the spongy substance, and with age, its absolute mass increases, and the relative mass is reduced. In the period from 1 to 60 days age was observed the highest content of bone marrow in the skeleton of a Guinea fowl. In males the number of bone marrow more than females, in average by 1.5—2%. The bulk of the marrow from the Guinea fowls at the age from 1 to 90 days are in the peripheral skeleton, more than 55% in the pelvic limbs. The axial skeleton of the Guinea fowl at this age contains about one third of all bone marrow and much of it is concentrated in the spinal column. With age, the saturation of the axial skeleton bone marrow sharply increases and reaches to 48.1% of the total content in the skeleton of a Guinea fowl. The peak saturation of the skeleton by bone marrow observed in the first two months of life Guinea fowls. Then this figure was relatively stable until the age of 90 days varies slightly. With 180 day age, there is a sharp drop of saturation of the skeleton of a Guinea fowl bone marrow. At one year of age, the figure is only 57—59% of the saturation of the skeleton by bone marrow at the age of 90 days. With age, red marrow is replaced by yellow bone marrow. Microscopy of smears of bone marrow of individual fat cells found in red bone marrow in the daily age. At the age of 60 days there is a replacement of red bone marrow yellow 20—28%, and in 90 days in 40%. At the age of 365 days, almost the entire bone marrow is represented by yellow.

Key words: bone marrow, skeleton, Guinea fowl, ontogenesis.

REFERENCES

- [1] Zagajnova E.I., Kulikov E.V. Cesarkovodstvo — novaja otrasl' mjasnogo pticevodstva. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo*. 2007. No. 1—2. S. 107—112.
- [2] Kulikov E.V. Morfohimicheskaja harakteristika skeleta cesarok v postjembrional'nom ontogeneze. Diss. kand. biol. nauk. Moscow, RUDN, 2004.
- [3] Kulikov E.V., Vatnikov Ju.A., Al'bikova G.M. Obshhaja gistologija s osnovami citologii i jembriologii. Moscow, RUDN, 2012.
- [4] Kulikov E.V., Vatnikov Ju.A., Zhukova K.A. Issledovanie kostnogo mozga u cesarok belo volzhskoj porody. *Innovacionnye processy v APK: sbornik statej II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii prepodavatelej, molodyh uchenyh, aspirantov i studentov, posvja-shhennoj 50-letiju obrazovanija RUDN*. Moscow, RUDN, 2010. P. 177—180.
- [5] Kulikov E.V., Roldugina N.P., Zagajnova E.I. Osobennosti gistologicheskogo stroenija kostnoj tkani u cesarok belo volzhskoj porody. *Vestnik RUDN. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo*. 2007. No. 1—2. P. 100—106.
- [6] Kulikov E.V., Seleznev S.B., Vetoshkina G.A. Morfologicheskie osobennosti stroenija skeleta cesarok belo volzhskoj porody. *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa*. 2014. No. 2 (19). P. 27—30.
- [7] Kulikov E.V., Seleznev S.B., Vetoshkina G.A. Morfologicheskie pokazateli kostnogo mozga u cesarok belo volzhskoj porody. *Morfologija*. 2014. Vol. 145. No. 3.
- [8] Kulikov E.V., Sotnikova E.D. Osobennosti razvitija osevogo i perifericheskogo skeleta cesarok belo volzhskoj porody v postjembrional'nom ontogeneze. *Vestnik RUDN. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo*. 2015. No. 2. P. 74—80.
- [9] Seleznev S.B., Krotova E.A., Vetoshkina G.A., Kulikov E.V., Burykina L.A. Osnovnye principy strukturnoj organizacii immunnoj sistemy perepelov. *Vestnik RUDN. Serija: Agronomija i zhivotnovodstvo*. 2015. No. 4. P. 66—73.
- [10] Hrustaleva I.V., Krishtoforova B.V. Nekotorye zakonomernosti rosta i razvitija kostej mlekopitajushhih i ptic. *Funkcional'naja morfologija i patologija organov dvizhenija s/h zhivotnyh*. Moscow, Izd-vo MVA, 1984. P. 86—93.
- [11] Mírian L.A., Forancelli Pacheco, Ximena S. Villagran, Gilson R. Martins. Macroscopic and microbiological alterations of bird and small mammal bones buried in a Cerrado biome (south western Brazil). *Journal of Archaeological Science*. 2012. Vol. 39. Issue 5. P. 1394—1400.
- [12] Kulikov E.V., Vatnikov Y.A., Sotnikova E.D., Seleznev S.B., Troshina N.I., Rystsova E.O. Morphometric characteristics of the bone tissue structure in white Volga guineafowls. *Biol Med (Aligarh)* 2015. 7(3): BM-111-15, 4 pages.