

## ЭЛЕКТРОННО-МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОСТНОМЗГОВОГО КРОВЕТВОРЕНИЯ ПТИЦ

**В исследованиях на птице с помощью электронно-микроскопических методов исследования показаны особенности становления гемопоэза в норме.**

**Ключевые слова:** гемопоэз, красный костный мозг, диффероны гемопоэтических клеток эритроидного, гранулоцитарного и мегакариоцитарного ряда, ретикулярные, жировые, адвентициальные, эндотелиальные клетки и макрофаги.

Основная ткань, которая решает судьбу организма высших позвоночных, – кроветворная ткань, повреждение которой дает начало «костномозговому синдрому». Здесь такие клетки функционального компармента, как эритроциты, гранулоциты, тромбоциты и моноциты [2, 3].

### Материал и методика

Исследования проводили на 50 цыплятах-бройлерах. Для ультратонкого исследования костный мозг фиксировали в 2,5%-ом растворе глутаральдегида на фосфатном буфере с последующей часовой дофиксацией 1%-ым раствором  $\text{OsO}_4$  на том же буфере. После обработки насыщенным раствором уранилацетата на 70%-ом этаноле материал обезвоживали в спиртах восходящей крепости и заключали в эпон. Ультратонкие срезы изучали в электронном микроскопе [1, 5].

### Результаты и обсуждение

При содержании птицы на основном, сбалансированном по всем микроэлементам рационе [4] морфологическая картина костного мозга соответствовала норме. Строма костного мозга состояла из ретикулярных клеток, жировых клеток, сосудистых элементов (эндотелиальные клетки) и волокнистых структур внеклеточного матрикса. Названные элементы создавали поддерживающую структурную основу костного мозга и формировали микроокружение для гемопоэтических элементов.

Размеры и форма ретикулярных клеток стромы костного мозга были разнообразны. Общим является то, что клетки имеют сильно разветвленные отростки. Определялись два основных типа ретикулярных клеток, отличающихся по ультраструктуре. Клетки первого типа с очень длинными цитоплазматическими отростками,

вытянутой формы, располагались диффузно и формировали цитоплазматическую сеть – ретикулум, в ячейках которой располагались кроветворные элементы или их предшественники.

Ядра клеток удлиненной формы с мелкодисперсной структурой хроматина иногда содержали плотные ядрышки. Цитоплазма стромальных клеток имела мелкоячеистую структуру. В цитоплазме определялись рибосомы, хорошо развитая сеть канальцев эндоплазматического ретикулума и пучки микрофиламентов. В центральных отделах лакун вокруг описанных ретикулярных клеток плотно располагались группы эритроидных клеток в виде эритроидных островков.

В данных островках определялись и проэритробласты, и полихроматофильные эритробласты. Проэритробласты были округлой или несколько овальной формы, с крупным ядром, по периферии которого определялся узкой полоской гетерохроматин, и с одним-двумя ядрышками. В цитоплазме несколько округлых митохондрий, изредка встречающиеся единичные цистерны ГЭР, умеренное количество полирибосом и рибосом. В округлом или полигональном теле эритробластов сферическое ядро занимало значительную часть объема клетки, оно содержало большую массу равномерно распределенного хроматина и не содержало ядрышка (признак отсутствия образования рибосом). Кроме нескольких разбросанных в цитоплазме митохондрий очень редко встречались цистерны ГЭР и лизосомы. Цитоплазма содержала умеренное или малое количество полирибосом, придающих умеренную осmioфилию цитоплазме.

В периваскулярных зонах костного мозга выявлялись также ретикулярные клетки второго типа – малоотростчатой формы со свет-

лым овальным ядром и наличием в них ядрышек. Они имели обильную цитоплазму, чаще всего с нерезко очерченными границами. Клетки имели тесный контакт с гемопоэтическими бластными элементами. Иногда отмечалась их способность к фагоцитозу. Похожие по структуре на ретикулярные клетки, выявлялись адвентициальные клетки, тесно прилегающие к стенкам капилляров и синусов.

Большинство данных периваскулярных клеток имели эллипсоидное ядро, умеренных размеров светлую цитоплазму с небольшим количеством крупных митохондрий, мелким комплексом Гольджи и несколькими коротких цистерн гранулярной эндоплазматической сети. Гранулопоэз протекает главным образом на поверхности данных стромальных клеток. Эти клетки, обладая функцией фагоцитоза, имеют тенденцию накапливать в цитоплазме жировые капли. В некоторых из адвентициальных клеток обнаруживались крупные жировые капли, окруженные богатым органеллами ободком цитоплазмы (рис. 1). Ядра в таких клетках были электроноплотные.

Жировые клетки стромы – адипоциты на препаратах часто выглядят как крупные однородные «пятна». Иногда имеют очень большие размеры (70 мкм и более). В центре клетки крупная жировая вакуоль, имеется узкий ободок цитоплазмы в виде контура клетки и оттесненное к периферии небольшое ядро. Иногда адипоциты представляют клетки с многочисленными липидными каплями в цитоплазме.

Костный мозг содержал различные линии гемопоэтических клеток, находящихся на разных стадиях созревания. Гемопоэтические стволовые клетки и клетки-предшественники представляли собой мононуклеарные клетки, морфологически несколько похожие на лимфоциты (рис. 2). Клетки 10-15 мкм в диаметре, содержат крупное слегка вогнутое ядро с небольшим количеством периферического гетерохроматина и 1-2 ядрышками. В цитоплазме рассеяны округлые и овальные митохондрии, умеренное количество цистерн ГЭР, гранулы в форме везикул, содержащих материал низкой плотности, свободных рибосомы и полисомы.

Молодые гемопоэтические клетки миелоидного ряда, а также дифференцирующиеся из них клетки содержали в цитоплазме множество свободных рибосом и полисом. Из молодых кле-

ток миелоидного ряда встречались и промиелоциты – крупные клетки, от 18 до 24 мкм в диаметре. Тело клетки овальной формы, с крупным овальным ядром с небольшим количеством периферического гетерохроматина и одним-двумя ядрышками. Цитоплазма обширна, содержит кроме мелких множественных митохондрий развитый КГ с прилежащими центриолями, обширные многочисленные короткие цистерны ГЭР, множество свободных рибосом и полирибосом.

Среди незрелых клеток миелоидного ряда встречались мегакариобласты, представленные в виде крупных клеток, 15-25 мкм в диаметре, с относительно большим ядром, иногда они были двуядерные. Ядро имело несколько глубоких инвагинаций, масса гетерохроматина была плотнее, чем в миелобласте. Ядра иногда содержали несколько ядрышек. В цитоплазме располагались мелкие круглые митохондрии, относительно хорошо развитый

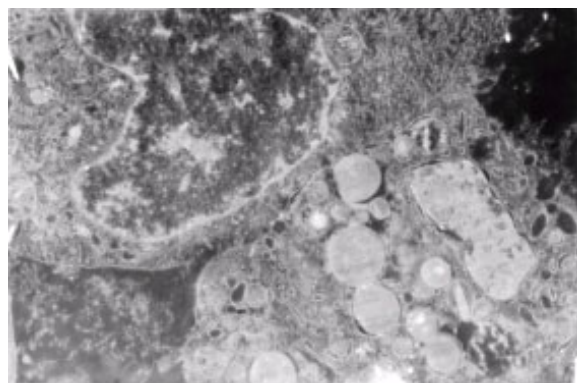


Рисунок 1. Адвентициальная клетка с темным ядром и с крупными жировыми каплями в цитоплазме. К ней прилегает промиоцит. Электронограмма. Увел.х7200.

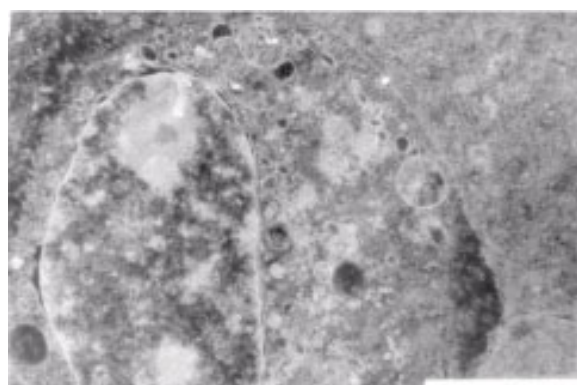


Рисунок 2. Кроветворная клетка-предшественница миелоидного ряда - миелобласт. Электронограмма. Увел.х10000.

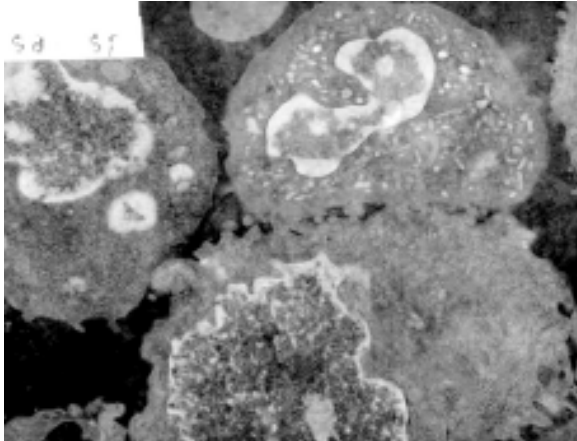


Рисунок 3. Группа клеток костного мозга – в верхней части снимка сегментоядерный эозинофильный лейкоцит, внизу – мегакариоцит, вверху слева – промиелоцит. Электронограмма. Увел. x7200.

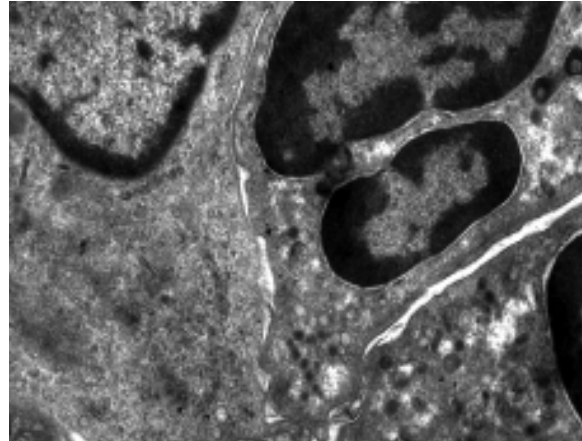


Рисунок 4. Группа клеток костного мозга – справа фрагменты двух сегментоядерных нейтрофильных лейкоцитов, слева фрагмент промиелоцита. Электронограмма. Увел. x7200.

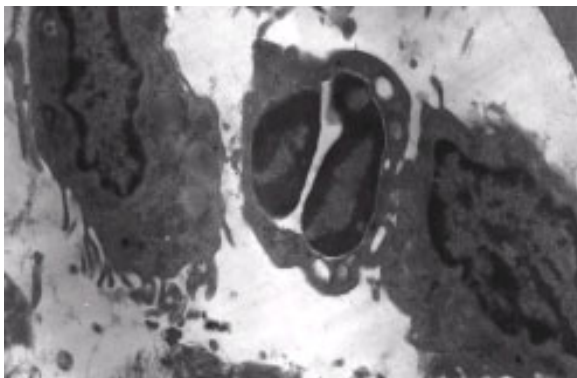


Рисунок 5. Макрофаги костного мозга, между ними сегментоядерный нейтрофильный лейкоцит. Электронограмма. Увел. x10000.

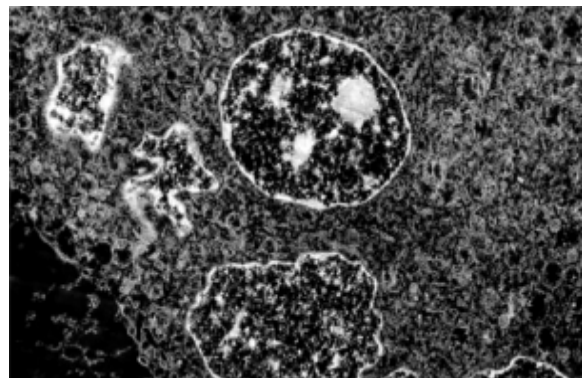


Рисунок 6. Фрагмент многоядерного остеокласта, выявленного в костном мозге вблизи эндооста. Электронограмма. Увел. x7200.

КТ, короткие цистерны ГЭР, свободные рибосомы и полисомы.

Наряду с молодыми клетками выявлялись и зрелые кроветворные клетки – мегакариоциты, нейтрофильные и азурофильные гранулоциты, моноциты (рис. 3, 4). Клетки имели типичную для них ультраструктуру.

Все клетки крови, в том числе и иммунокомпетентные клетки, происходят из полипотентной стволовой клетки, которая дает начало разным росткам кроветворения, в том числе миеломоноцитарному и лимфоцитарному. Направление дифференцировки ранних предшественников зависит от влияния их микроокружения, от влияния стромальных клеток костного мозга, структуру которых мы описали выше. Кроме того, они находятся под влия-

нием ряда вспомогательных клеток, участвующих в регуляции кроветворения: плазматических клеток, тучных клеток, макрофагов, которые демонстрируются на рис. 5. Среди макрофагов в участках, расположенных близко к эндоосту, обнаруживались и многоядерные остеокласты (рис. 6).

Таким образом, костный мозг птиц содержит стволовые кроветворные клетки, дифференны гемопоэтических клеток эритроидного, гранулоцитарного и мегакариоцитарного ряда, а также предшественники лимфоцитов. Стромой костного мозга является ретикулярная соединительная ткань, образующая микроокружение для кроветворных клеток. Она содержит ретикулярные, жировые, адвентициальные, эндотелиальные клетки и макрофаги.

**Список использованной литературы:**

1. Кундиев, Ю.И. Экспериментальное исследование зависимости изменения иммунных и биохимических механизмов поддержания гомеостаза от особенностей и выраженности материальной кумуляции свинца в организме / Ю.И. Кундиев, В.А. Стежка, Н.Н. Дмитруха // Мед. труда и промышленная экология. – 2001. – №4. – С. 327–338.
2. Конопляников, А.Г. Радиобиология стволовых клеток / А.Г. Конопляников. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 16–24.
3. Пospешил, М. Индивидуальная радиочувствительность, ее механизмы и проявление / М. Пospешил, И. Ваха. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 16–20.
4. Фисинин, В.И. Рекомендации по кормлению с.-х. птицы / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, В.К. Менькин. – М.: ВНИТИП МСХА, 2003. – 143 с.
5. Burner, Y. Risk, mercury levels, and birds: relating adverse laboratory effect to field biomonitoring / Y. Burner, M. Gochfeld // Environ. Res. – 2007. – Vol. 75. – №2. – P. 160–172.

**Vishnyakov A.I.**

**ELECTRONIC-MICROSCOPIC FEATURES OF MARROWY HEMATOSIS OF BIRDS**

The peculiarities of hematopoiesis formation in norm are shown at the researches on the bird using electronic-microscopic techniques.

Key words: hematopoiesis, red bone marrow, programed differentiation of hematopoietic stem cells of erythroid, granulocytic and megakariotsitarnogo series, reticulum, fat, adventitia, endothelial cells and macrophages.

Сведения об авторе: Вишняков Александр Иванович доцент кафедры социальной психологии  
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13. E-mail: ferupin@mail.ru