

## ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОРФОЛОГИИ ТИМУСА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ VERTEBRATA

И.М. Лупшова., Л.Л. Якименко (УО ВГАВМ)



Система органов гемопоэза и иммунной защиты объединяет органы и ткани, которые обеспечивают невосприимчивость организма к генетически чужеродным компонентам как экзогенной, так и эндогенной природы. Она представляет собой анатомически рассеянную, но стратегически распределенную защитную сеть, функционирующую в тесной взаимосвязи с нейроэндокринной и другими метаболическими системами организма. Морфофизиологическая организация иммунной системы позволяет осуществлять ее важнейшие функциональные предназначения по поддержанию гомеостаза в организме:

– осуществление иммунологического надзора путем распознавания в организме «своего от чужого», выявление чужеродных субстанций, измененных, мутированных клеток, отживших, дефектных элементов и так же их элиминация;

– поддержание целостности всей системы иммунитета с учетом ее многочисленных составных (центральных и периферических органов, эффекторных и регуляторных клеточных элементов, макромолекул и биологически активных веществ), что обеспечивается за счет вос-

производства и обновления структурных элементов, матричного синтеза иммунокомпетентных белков в строгом соответствии с генетической детерминацией.

Тимус (вилочковая железа) – центральный орган иммунной системы, контролирующий ее формирование (в значительной степени в эмбриональный период и у новорожденных особей) и функциональную активность путем создания разнородной популяции Т-лимфоцитов и выработкой гуморальных факторов гормональной природы, воздействующих на периферические органы иммунной системы.

Изучение тимуса велось со времен Галена, который утверждал, что тимус человека служит прокладкой для защиты крупных кровеносных сосудов от грудной кости. Древние греки считали, что этот орган является местом пребывания души. Гиртль И. следующим образом обосновал название железы «Glandula thymus» или «тимиа»: с одной стороны, вилочковая железа, имея зернистую поверхность, напоминает плоды растения тимиа, сжигавшегося при жертвоприношении, с другой – она располагается в грудной полости и прилежит к сердцу, которое всегда считалось местом пребывания души. Латинский термин thymus происходит от греческого слова thymos, что означает “сила, дух, возбуждающий действие”. Тимус оставался загадочным органом на протяжении столетий [2].

К наиболее сложным морфологическим проблемам теории эволюции исследователи причисляют возникновение новых органов и исчезновение рудиментарных, потерявших свое значение.

Рассматривая возможные пути эволюции центрального органа иммуногенеза – тимуса, необходимо отметить, что согласно результатам эмбриологических исследований эпителиальный зачаток тимуса развивается в основном из клеточного материала третьего и четвертого жаберных карманов. Таким образом, исходным моментом его филогенетических преобразований является процесс трансформации рудиментарных органов – жабер [6].

Макроморфология тимуса. У миксин (класс *Agnatha* – бесчелостные, отряд *Muxinoidea*) в основном обнаруживаются органы кроветворения («костный мозг», селезенка). Наличие тимуса у них полностью не установлено, хотя клетки некоторых мышц глотки имеют определенные особенности, специфические для данного органа [3,4,7].

У более высокоорганизованных представителей класса бесчелостных – миног, впервые в филогенетическом ряду отмечается появление тимуса в виде диффузных скоплений в области жабер. Согласно мнения Селезнева С.Б., «именно с этого момента начинается сегрегация иммунной системы от гемопоэза». Однако для каждого класса позвоночных животных (костных рыб, амфибий, рептилий, птиц, млекопитающих) морфологически данная тенденция имела специфическую направленность [6,7].

У представителей надкласса рыб (*Pisces*) тимус уже приобретает черты компактного органа, расположенного непосредственно позади жаберной области. Дорсально он ограничен тканями черепной коробки, вентрально – каудальными висцеральными дугами и ограничивающими их тканями ротовой полости. У хрящевых рыб тимус окружен снаружи плотной соединительнотканной капсулой, связанной с жаберным эпителием только в эмбриогенезе; у карася (представителя класса костных рыб, доминирующих со времен мезозоя во всех типах водоемов)

вилочковая железа имеет вид вытянутого овального зерна светло-розового цвета, площадь поперечного сечения  $0,28 \pm 0,02$  мм<sup>2</sup> при уровне варибельности показателя 32,24% [3].

У представителей класса земноводных (класс *Amphibia*), древнейших из наземных позвоночных, которые развились в девоне, по-видимому, из кистеперых рыб, тимус – парный орган, расположенный непосредственно под кожей, по бокам шеи и позади глотки. У лягушек он состоит из единственной пары компактных овальных тел; их дополняет еще пара яремных тел – тимусоподобных лимфоидных образований, производных жаберных карманов. В двух других отрядах амфибий тимус обычно представляет собой диффузное дольчатое скопление ткани. Известно, что площадь тимуса жаб (*Bufo bufo* L.) составляет  $0,11 \pm 0,01$  мм<sup>2</sup> при уровне варибельности показателя 17,9% [3,4,6,7].

Рептилии (класс *Reptilia*), происходящие от земноводных (очевидно от лабиринтодонтов), известны с каменноугольного периода и достигли расцвета в мезозойскую эру. Тимус пресмыкающихся – парный орган вытянутой овальной формы. Начинается от барабанной перепонки и располагается вдоль боковой поверхности трахеи. У молодых рептилий часто выглядит как тяжи ткани, простирающиеся вдоль обеих сторон шеи. У крокодилов такая картина сохраняется и во взрослом состоянии, но у других пресмыкающихся с возрастом обычно формируются более компактные доли тимуса. У гагтерий, ящериц и змей – две пары долей; у большинства черепах – одна [4,7].

В процессе эволюции пресмыкающиеся разделились на два главных ствола: зверообразных, давших в конце триаса начало млекопитающим, и диапсид, которые явились предковыми формами представителей класса птиц [6].

У птиц (класс *Aves*) тимус состоит из двух удлинённых долей, залегающих под кожей в области шеи, непосредственно возле яремной вены и пищеводной артерии. Доли тимуса четко разделяются соединительной тканью на дольки, расположенные последовательно друг за другом. Их форма может быть различной: выпукло-овальной, уплощенно-овальной, округлой, овально-удлинённой, S-образной, бобовидной, серпообразной, клиновидной [3,6].

У представителей отряда курообразных (*Galiformes*), ископаемые предковые формы которых обнаруживаются около 50 млн. лет назад, левая и правая доли тимуса соединительной тканью четко разделяются на 5 – 8 обособленных долей бледного серо-розового цвета. Краниально они достигают уровня третьего шейного позвонка, последняя доля заходит за щитовидную железу, достигая в грудно-брюшной полости бифуркации плечеголового ствола. Нередко наблюдается билатеральная ассиметрия долей, причем правая обычно больше левой.

Проводимые нами исследования вилочковой железы индеек белой широкогрудой породы, подтверждают литературные данные. Мы установили определенные закономерности варибельности строения органа данного вида в пределах отряда. Тимус индейки (*Meleagris*) располагается с обеих сторон шеи, двумя долями, вдоль яремной вены и блуждающего нерва, начиная с 5–6 шейного позвонка и достигая 1–2 грудного в области расхождения сонно-позвоночной и плечеголовой артерий. Левая и правая доли четко разделяются соединительной тканью на 5 – 6 долек, наслаивающихся друг на друга своими краями. Размеры долек увеличиваются с первой по четвертую; четвертая и пятая дольки достигают максимальных величин; последняя долька меньше предыдущих, латеральной поверхностью

соприкасается со щитовидной железой. Форма долек чаще удлинённо-овальная или округлая, самые крупные – S-образные. Прослеживается ассиметрия левой и правой долей железы у каждой особи, но закономерностей в преобладании определенной из них в пределах вида не выявлено.

У гусеобразных (*Anseriformes*), предковые формы которых возникли около 30 млн. лет назад, тимус короче, разделен на 3 – 5 долей. Компактной массой орган залегаёт в задней части шеи. Краниальным полюсом располагается на уровне 8 – 12 шейного позвонка, а каудальным – достигает уровня плечевого сустава [6].

К настоящему времени накоплен обширный материал по вопросу макроморфологии вилочковой железы у различных представителей класса млекопитающих (*Mammalia*), происхождение которых во многом не ясно. Предположительно они развились на рубеже палеозоя и мезозоя (свыше 200 млн. лет назад) из зверообразных рептилий *Therapsida*, очень рано обособившихся в отдельную эволюционную ветвь. У большинства животных тимус, представляя собой непарный орган, анатомически делится на парную шейную и непарную грудную части. Шейная часть представлена двумя тяжами, расположенными вдоль трахей. Грудная часть – в краниальном отделе грудной полости. В зависимости от вида животных могут быть хорошо выражены обе части органа, либо одна из них – шейная или грудная. Исследователи отмечают чрезвычайную варибельность формы железы у представителей данного класса. Цвет тимуса у молодых животных серо-розовый, у старых чаще серый или желтоватый [1,4].

Среди млекопитающих животных отряда грызунов – нутрия (*Myocastor coipus*) единственный представитель семейства и рода нутриевых. Это достаточно древняя и остаточная группа животных в современной фауне.

Проведенные нами исследования показали, что тимус нутрий – парный орган, две доли которого целиком расположены в области шеи на ее вентральной поверхности. У молодых животных правая и левая доли светло-розового цвета, достаточно мягкой консистенции, по средней сагиттали шеи тесно прилегают друг к другу медиальными краями, но не срастаясь между собой. У трехлетних особей и старше промежутки между долями серо-желтого цвета, составляют около 1 см. Краниальные концы органа чаще симметрично достигают уровня перстневидного хряща гортани или первого кольца трахеи, где прослойками рыхлой соединительной ткани связываются с соответствующими долями подчелюстной слюнной железы. Каудально доли тимуса простираются вдоль шеи на различное расстояние, в зависимости от возраста животного (от 4 – 5 кольца трахеи до 12 – 15). Форма долей у молодых животных напоминает персернутый конус, а у взрослых – утолщенный вытянутый овал.

Наиболее полно изучена морфология вилочковой железы человека. Орган состоит из двух вытянутых в длину различных по величине долей – правой и левой, сросшихся друг с другом в их средней части или тесно соприкасающихся на уровне их середины, в связи с чем, мнение исследователей по вопросу парности органа расходятся. Обе доли направлены вверх и выходят в область шеи в виде двузубой вилки. В детском и подростковом возрасте тимус мягок на ощупь, серо-розового цвета. В 10 - 15 лет его масса составляет в среднем 37,5 г, в 16 – 20 лет - 25,5 г, а в 21 – 25 лет – 22,3 г, 50 – 90 лет – 13,4 г [5].

Постнатальный генез тимуса у птиц и млекопитающих происходит неравномерно. Максимального развития орган, в основном, достигает к моменту полового созревания. Однако, в относительно раннем возрасте особей отмечается возрастная инволюция лимфоидной ткани –

генетически запрограммированный процесс, происходящий при гормональном воздействии других эндокринных желез. В то же время исследованиями показано пожизненное частичное морфофункциональное сохранение тимуса до глубокой старости особей [2,5].

Микроморфология тимуса. У представителей надкласса рыб тимус снаружи покрыт соединительнотканной капсулой. Паренхима органа имеет слабовыраженное дольчатое строение. Диаметр долек составляет около  $0,09 \pm 0,01$  мм. В них отмечается различная плотность размещения лимфоцитов. Наибольшую площадь ( $84,4 \pm 1,67\%$ ) на срезах тимуса занимают дольки, аналогичные мозговой зоне тимуса млекопитающих. Их основу составляют ретикулообразные клетки, среди которых и расположены клетки лимфоидного ряда. Кorkовое вещество занимает значительно меньший объем органа ( $15,6 \pm 1,67\%$ ), характеризуется так же наличием ретикулообразных клеток и более компактным размещением лимфоцитов. В паренхиме тимуса рыб формируются структуры, морфологически подобные тимусным тельцам высших позвоночных животных. Сливаясь, они образуют комплексы, включающие до десятка единиц клеток, и занимают значительную площадь. В начальной стадии формирования тельца Гассала имеют вид светлых пятен с незначительным скоплением клеток [3,4,7].

Тимус земноводных окружен соединительнотканной капсулой. Его паренхима не подразделяется на дольки, а состоит из эпителиальной стромы и клеток лимфоидного ряда на различных стадиях дифференцировки. Согласно плотности расположения лимфоцитов на срезах органа четко выделяют корковую и мозговую зоны. Наружная корковая зона, с компактно расположенными лимфоцитами, занимает около  $36,6 \pm 6,06\%$  от общей площади.

Центрально расположенная мозговая зона имеет округлую форму. В ней просматриваются рассредоточенные лимфоциты, тимусные тельца типичного строения и эпителиальные клетки основы мозговой зоны. Последние имеют неправильную форму, ассиметрично расположенное ядро и пиронинофильную цитоплазму, дающую интенсивную окраску на содержание РНК [3,6].

У представителей класса пресмыкающихся тимус снаружи покрыт соединительнотканной капсулой, от которой отходят перегородки (септы), делящие орган на дольки округлой или полигональной формы. Их площадь составляет  $0,47 \pm 0,02$  мм<sup>2</sup> при уровне варибельности показателя 14,8%. Междольковая соединительная ткань занимает незначительную часть от общей площади среза –  $8,2 \pm 0,5\%$ , в то время как на долю паренхимы приходится  $91,8 \pm 0,5\%$ . В соединительнотканых прослойках отсутствуют адипоциты, характерные для тимуса высших позвоночных. В каждой дольке выражены корковая и мозговая зоны, занимающие на гистопрепаратах соответственно  $81,9 \pm 1,2\%$  (при варибельности показателя 5,6%) и  $9,9 \pm 0,9\%$  (при варибельности показателя 34,9%). Для корковой зоны характерна высокая плотность расположения лимфоцитов. Мозговая зона представлена диффузно расположенными Т-лимфоцитами и эпителиальными клетками основы органа. Некоторые эпителиоциты гипертрофированы, содержат фрагментированные ядра, деструктивную плазмолемму. Они формируют скопления из нескольких клеток, трансформирующиеся в тимусные тельца округлой формы [3].

У представителей класса птиц вилочковая железа является паренхиматозным лимфоэпителиальным органом. Каждая его доля снаружи покрыта соединительнотканной капсулой, плотно срастающейся с подкожной фасцией и окружающими жировыми прослойками. От капсулы, со-

ставляющей около  $6,3 \pm 0,65\%$  общей площади среза тимуса, внутрь доли отходят соединительнотканые тяжи – трабекулы, делящие ее на изолированные микродольки, различной величины и площади, а нередко, и соединенные своими основаниями. В данном случае трабекулы не доходят до центральных участков доли [3,6].

Основу долек составляют ретикулоэпителиоциты, среди которых расположены лимфоциты на разных стадиях развития. На гистосрезах тимуса птиц исследователи чаще выделяют три зоны: субкапсулярную, корковую, мозговую. В субкапсулярной зоне происходит пролиферация Т-лимфоцитов, в кортикальной – их созревание, а медуллярная является местом их рециркуляции. Согласно сообщениям Селезнева С.Б., в неонатальный период у птиц наиболее интенсивно развита кортикальная зона (куры-48,5%, голуби-26,5%, утки-40,0%), а в ювенальный – субкапсулярная (куры-14,2%, голуби-14,8%, утки-22,5%) [3].

В субкапсулярной и корковой зонах отмечается высокая плотность расположения лимфоцитов, причем лимфобласты и большие лимфоциты локализованы в основном в субкапсулярной зоне, а средние и малые – занимают основную площадь корковой зоны. Последние расположены компактно и плотно, полностью заслоняя ретикулоэпителиальную основу [6].

Мозговая зона на гистопрепаратах окрашена светлее. Ее ретикулоэпителиальные клетки достаточно заметны, так как лимфоциты здесь располагаются менее плотно. Площадь зоны составляет  $25,92 \pm 1,79\%$  при варибельности показателя 37,9%. Здесь же встречаются тимусные тельца (Гассалья), представляющие собой скопления концентрически наслоенных ретикулоэпителиоцитов, часть которых подвергается дистрофии. У водоплавающих структура телец аналогична млекопитающим. У курообразных они встречаются редко, нерезко выделяясь из общей массы клеток [3,6].

Вилочковая железа млекопитающих микроскопически представлена отдельными дольками, которые близко прилегают друг к другу и снаружи ограничены капсулой тимуса. От капсулы отходят перегородки (септы), разделяющие орган на дольки первого и второго порядков. Форма долек в большинстве случаев многоугольная, но встречается овальная, округлая и треугольная. Дольки первого порядка у млекопитающих различных таксономических групп независимо от линейных размеров и живой массы мало отличаются размерами и площадью поперечного сечения. Так, у кроликов (отряд *Logomorpha* – зайцеобразные) площадь поперечного сечения долек тимуса составляет  $2,85 \pm 0,31 \text{ мм}^2$ , а овец (отряд *Artiodactyla* – парнокопытные) –  $58 \pm 0,25 \text{ мм}^2$  [1,3].

В паренхиме тимуса млекопитающих исследователи (неоднозначно) выделяют четыре зоны: субкапсулярную (подкапсулярная), корковую, премедулярную (премозговая) и медулярную (мозговая).

Субкапсулярная доля тимуса млекопитающих представлена плотно расположенными лимфоцитами и ретикулоэпителиоцитами. Величина Т-клеток данной зоны у различных видов млекопитающих отличается по диаметру. Например, у крупного рогатого скота лимфоциты субкапсулярной зоны имеют средний диаметр  $4,23 \pm 0,09 \text{ мкм}$ , у свиней –  $3,65 \pm 0,12 \text{ мкм}$ , овец –  $5,96 \pm 0,15 \text{ мкм}$ .

Корковая зона тимуса представлена паренхимой, которая включает ретикулоэпителиоциты, клетки лимфоидного (лимфобласты и лимфоциты на разных стадиях дифференцировки) и миелоидного рядов (макрофаги, эозинофильные и базофильные гранулоциты). Диаметр лимфоцитов корковой зоны составляет: у кроликов –  $4,5 \text{ мкм}$ , у свиней –  $5,3 \text{ мкм}$ , овец –  $4,7 \text{ мкм}$ , крупного рогатого скота –  $4,38 \text{ мкм}$ . Эпителиоретикулоциты в кор-

ковом веществе млекопитающих представлены несколькими типами клеток: секреторные – вырабатывающие биологически активные вещества, стимулирующие созревание тимоцитов; «клетки-няньки» (окружают тимоциты и, по мнению некоторых авторов, участвуют в селекции клеток); периваскулярные клетки – отростчатые, проникают в сосуды и участвуют в формировании гематотимического барьера) [1,3,6].

Мозговая зона долек тимуса половозрелых животных занимает различную площадь – от 5 до 20%. Лимфоцитов здесь значительно меньше и расположены они менее плотно. Так, плотность лимфоцитов в субкапсулярной зоне составляет около 40 тыс. на  $\text{мм}^2$ , а в мозговой зоне – в пределах 30 тыс. на  $\text{мм}^2$ . Характерной особенностью последней является наличие эпителиальных телец, производных ретикулоэпителиоцитов. На их периферии находятся функционально нормальные уплощенные эпителиальные клетки, а в центре – дистрофически измененные. Размеры и количество телец Гассала увеличиваются с возрастом животных. Первоначально тельца имеют округлую форму. Они образованы из спиралевидно закрученного коллоида и клеток с нечетко выраженными контурами и различной степенью изменений деструктивного характера. Со временем тельца сливаются, формируя конгломерат, дающий начало образованию кист. Наличие различных типов телец Гассала позволяет судить о скорости отмирания лимфоцитов и эпителиоцитов, а так же об уровне катаболических процессов в органе [1,2,3,6].

Микроморфология тимуса человека в общем принципе строения идентична тимусу животных (выделяют те же зоны паренхимы, клеточный состав и основные процессы в онтогенезе особи). До 10 лет корковое вещество на срезах преобладает над мозговым, начиная с 3 – 4 лет оно постепенно сужается и теряет

четкость границ. В 10 лет соотношение коркового и мозгового вещества – 1:1. В дальнейшем постепенно начинает преобладать мозговое вещество. Бластные формы лимфоцитов человека представляют собой крупные клетки диаметром 12 – 13 мкм. Каждый лимфобласт, последовательно делясь, может образовать 128 малых лимфоцитов, мигрирующих в корковую зону. Сами же Т-лимфоциты достаточно мелкие, диаметром около 6 мкм. Ретикулоэпителиоциты, так же как у млекопитающих, образуют в мозговом веществе тимусные тельца шаровидной формы диаметром от 20 до 200 мкм [5].

В корковом веществе капилляры окружены периваскулярным пространством, содержащим коллагеновые, ретикулярные волокна, макрофаги, лимфоциты. Кровеносное русло отделено от паренхимы гематотимусным барьером, сформированным эндотелием капилляра периваскулярного пространства и эпителиальной мембраной. Барьер обеспечивает процессы первичной антигенезависимой дифференциации Т-лимфоцитов. Тимус человека, как и всех млекопитающих, подвергается возрастной инволюции. Процесс сопровождается разрастанием соединительной и жировой ткани: если у новорожденных на их долю приходится 7% массы органа, то в 20 лет – 40%, а после 50 лет – до 90% [5].

**Заключение.** Сравнительный анализ организации системы иммунной защиты у позвоночных животных, представителей классов хрящевых и костных рыб, амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих, – прошедших в своем развитии, с точки зрения палеонтологической летописи, разные временные сроки, показал, что иммунная система, в том числе и ее центральный орган – тимус, сформировалась на основе системы кровотока.

У представителей каждого класса позвоночных животных обнаруживается общий план строения органа, причем у

млекопитающих – особей высшего таксона, макроморфологически вилочковые железы отличаются друг от друга значительнее всего. Однако в пределах плана строения могут варьировать определенные структуры.

Многообразие морфологической организации тимуса позвоночных животных различных классов связана со временем и продолжительностью эволюционного существования. При сопоставлении полученных результатов, макроскопически прослеживается тенденция концентрации гомологичных структур (слияние долек), что можно квалифицировать как эволюционное преобразование органа на пути становления его формы.

Вилочковые железы птиц и млекопитающих, произошедших от рептилий – Cotylosauria, развиваются однонаправленно.

Сравнительный анализ морфофункциональной характеристики вилочковой железы позвоночных животных на различных уровнях живой материи, четко отражает положительную динамику направленности ее морфологического прогресса.

#### **RESUME**

Luppova I.M., Jakimenko L.L.

Keywords: Morphology, phylogenesis, thymus, vertebrata.

The basic phylogenetic aspects of morphology thymus representatives Vertebrata are studied.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Брикет, Н. Н. Морфология и кровоснабжение тимуса у овец латвийской темноголовой породы-А : автореф. дисс.... канд. ветеринарных наук : 16.00.02 / Н. Н. Брикет. – Витебск, 1996. – 21 с. – Библиогр.: с.11 назв. – В надзаг.: ВГАВМ

2. Кемилева, З. Вилочковая железа / З. Кемилева – Москва : «Медицина», 1984. – 253 с. : ил.

3.Клименко, О. М. Развитие и строение тимуса у представителей различных таксономических групп позвоночных животных-А : автореф. дисс.... докт. биологических наук : 03.00.11 / О. М. Клименко – Киев, 2003. – 29 с. – Библиогр.: с.40 назв. – В надзаг.: КНУ

4.Раммер, А. Сравнительная анатомия позвоночных / А. Раммер, Т. Парсонс: в 2-х т.т., Т-2: пер с англ.- Москва : Мир, 1992.- 406с.

5.Сапин, М. Р. Иммунная система человека / М.Р. Сапин, Л.Е. Этинген – Москва: Медицина, 1996. – 304 с.

6.Селезнев, С. Б. Постнатальный органогенез иммунной системы птиц и млекопитающих (эволюционно-морфологическое исследование)-А : автореф. дисс.... докт. ветеринарных наук : 16.00.02, 16.00.03 / С. Б. Селезнев. – Иваново. 2000. – 27 с. – Библиогр.: с. 30 назв.

УДК 636:612.015

## СОСТОЯНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ФОНДА СЫВОРОТКИ КРОВИ, ЦЫПЛЯТ – БРОЙЛЕРОВ ПЕРВОГО МЕСЯЦА ЖИЗНИ

Н.В. Румянцева (УО ВГАВМ)

Птицеводство – одно из наиболее динамично развивающихся направлений сельскохозяйственного производства, позволяющее обеспечить население недорогим, высококачественным и полноценным продуктом питания. По окупаемости затрат оно занимает лидирующее место среди других направлений сельского хозяйства, производящих мясную продукцию. Этому способствует хорошая скороспелость птицы, эффективное использование кормов и относительно небольшие затраты их на единицу продукции, высокий уровень механизации и автоматизации производства, выполнение производственного процесса по технологическому графику, обуславливающему ритмичное, круглогодичное выращивание бройлеров. Благодаря этому в бройлерном птицеводстве наблюдается быстрая оборачиваемость средств, окупаемость капиталовложений, высокая рентабельность предприятий.



Железо широко распространено в природе, имеет большое биологическое значение, поскольку является одним из важнейших микроэлементов. В организме животных и человека железо содержится в сравнительно небольшом количестве - примерно 0,005% от живой массы, однако играет исключительно важную роль. Биологическая ценность железа определяется многогранностью его функций. Достаточно отметить что, этот химический элемент входит в состав более 70 различных ферментов. Железо как составная часть многих важных веществ участвует в основных биологических процессах, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность организма - это транспорт кислорода кровью, создание запаса кислорода в мышцах, тканевое дыхание и др. В клетках и тканях разнообразных организмов железо главным образом находится в составе сложных органических веществ.