

ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Научная статья

УДК 636.4.082

doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_87

**МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНОВ ЛИМФОИДНОГО
КРОВЕТВОРЕНИЯ У СВИНЕЙ ВО ВНУТРИУТРОБНЫЙ ПЕРИОД**

Василий Семенович Григорьев¹, Исмагиль Насибуллович Хакимов², Галина Васильевна Молянова^{3✉}

^{1, 2, 3}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

kse.123@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5195-3862>

xakimov_2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1640-8436>

Molyanova@yandex.ru[✉], <http://orcid.org/0000-0003-1325-6809>

Цель исследований – повышение клеточного и гуморального иммунитета продуктивных животных. Изучен гистогенез и функциональное становление тимуса и лимфатических узлов у поросят во внутриутробный период. Установлено, что тимус, как центральный орган иммунной системы, формируется у плода свиней с 30-суточного возраста. Масса вилочковой железы в этот период составляет $30,30 \pm 0,24$ мг, длина – $1,20 \pm 0,04$ см, ширина – $0,3 \pm 0,01$ см. У плода 100-суточного возраста масса и длина вилочковой железы достоверно увеличиваются в 4,5 раза, ширина – в 2 раза. У 50-суточных плодов дольки тимуса дифференцируются на корковое и мозговое вещество. В корковом веществе долек тимуса количество гемоцитобластов находится на уровне $3,18 \pm 0,2$, больших лимфоцитов – $3,12 \pm 0,1$, средних лимфоцитов – $64,48 \pm 1,4$, малых лимфоцитов – $140,34 \pm 4,6$. У 50-суточных плодов формируются левый предлопаточный и заглотовый лимфоузлы. С 70-суточного возраста у плодов в лимфатических узлах формируются фолликулы. В фолликулах количество малых лимфоцитов находится в пределах от $32,02 \pm 0,2$ до $32,18\%$, средних лимфоцитов – от $45,21 \pm 1,52$ до $45,29 \pm 1,25\%$ и больших лимфоцитов – от $3,94 \pm 0,24$ до $5,79 \pm 0,23\%$. У плодов свиней лимфатические узлы как органы лимфоидного кроветворения и как органы периферической иммунной системы морфофункционально формируются к 70-суточному возрасту. В лейкограмме крови поросят преобладающими клетками являются лимфоциты в количестве от $80,28 \pm 2,52$ до $58,45 \pm 2,62\%$. Количество сегментоядерных нейтрофилов – от $10,81 \pm 0,41$ до $21,64 \pm 0,65\%$, палочкоядерных – от $2,31 \pm 0,09$ до $6,61 \pm 0,10\%$. Данные показатели крови 10- и 15-суточных животных были достоверно выше в 2,6 раза по сравнению с показателями крови суточных животных. Поросята в 5-суточном возрасте жизнеспособны и имеют хорошо сформированные факторы резистентности.

Ключевые слова: плод, возраст, тимус, лимфатические узлы, кровь, фагоцитоз.

Для цитирования: Григорьев В. С., Хакимов И. Н., Молянова Г. В. Морфофункциональное развитие органов лимфоидного кроветворения у свиней во внутриутробный период // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №2. С. 87–94. doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_87.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

**MORPHOFUNCTIONAL DEVELOPMENT OF LYMPHOID HEMATOPOIESIS ORGANS
IN PIGS DURING THE PRENATAL PERIOD**

Vasily S. Grigoriev¹, Ismagil N. Khakimov², Galina V. Molyanova^{3✉}

^{1, 2, 3}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

kse.123@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0001-5195-3862>

xakimov_2@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-1640-8436>

Molyanova@yandex.ru[✉], <http://orcid.org/0000-0003-1325-6809>

The aim of the research is to increase the cellular and humoral immunity of productive animals. Histogenesis and functional formation of thymus and lymph nodes in piglets in the prenatal period were studied. It has been established that the thymus, as the central organ of the immune system, is formed in the fetus of pigs from the age of 30 days. The mass of the thymus gland during this period is 30.30 ± 0.24 mg, length – 1.20 ± 0.04 cm, width – 0.3 ± 0.01 cm. In a 100-day-old fetus, the mass and length of the thymus gland significantly increase by 4.5 times, the width by 2 times. In 50-day-old fetuses, thymus lobules differentiate into cortical and medullary matter. In the cortical substance of the thymus lobes, the number of hemocytoblasts is at the level of 3.18 ± 0.2 , large lymphocytes – 3.12 ± 0.1 , medium lymphocytes – 64.48 ± 1.4 , small lymphocytes – 140.34 ± 4.6 . In 50-day-old fetuses, the left pre-scapular and pharyngeal lymph nodes are formed. From the age of 70 days, follicles form in fetuses in the lymph nodes. In the follicles, the number of small lymphocytes ranges from 32.02 ± 0.2 to 32.18% , medium lymphocytes – from 45.21 ± 1.52 to $45.29 \pm 1.25\%$ and large lymphocytes – from 3.94 ± 0.24 to $5.79 \pm 0.23\%$. In pig fetuses, lymph nodes as organs of lymphoid hematopoiesis and as organs of the peripheral immune system morphofunctionally form by the age of 70 days. In the leukogram of piglets' blood, the predominant cells are lymphocytes in the amount of 80.28 ± 2.52 to $58.45 \pm 2.62\%$. The number of segmented neutrophils – from 10.81 ± 0.41 to $21.64 \pm 0.65\%$, rod-shaped neutrophils – from 2.31 ± 0.09 to $6.61 \pm 0.10\%$. These blood values of 10- and 15-day-old animals were significantly higher by 2.6 times compared with the blood values of daily animals. Piglets at the age of 5 days are viable and have well-formed resistance factors.

Keywords: fetus, age, thymus, lymph nodes, blood, phagocytosis.

For citation: Grigoriev, V. S., Khakimov, I. N. & Molyanova, G. V. (2023). Morphofunctional development of lymphoid hematopoiesis organs in pigs during the prenatal period. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 2, 87–94 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_87.

На современном уровне развития физиологии и иммунологии более основательную информацию о состоянии иммунной системы можно получить при изучении морфофункционального состояния самих иммунокомпетентных органов, а не их коррелятов. В общей структуре отклонений от физиологического состояния у животных наиболее уязвимой является иммунная система. С её участием реализуются наследственная информация, регуляция роста и развития, гомеостаза и продуктивности животных [1, 2].

У новорожденных поросят лимфатические узлы брыжейки тонкой и толстой кишки сформированы. С момента рождения до возраста 4 недель брыжеечные лимфатические узлы тонкой и толстой кишок характеризуются интенсивным увеличением массы и размеров. Основными клетками лимфоидного ряда лимфатических узлов являются лимфоциты, составляющие более 85%. Самая высокая плотность лимфоцитов на единицу площади – в паракортикальной зоне лимфатических узлов – до 93%, и несколько ниже в коре и мозговом веществе – не более 90% [3].

У лабораторных крыс течение первых трёх недель постнатальной жизни происходит увеличение абсолютной и относительной масс тимуса, линейных размеров органа и его долей. Появляются и усиливаются корреляционные связи между морфометрическими параметрами тимуса и его клеточным составом [4].

Иммунологические факторы подвержены значительным изменениям в связи с воздействием на организм животных внешней среды. Содержание сельскохозяйственных животных в условиях интенсивных технологий сопровождается увеличивающейся зависимостью организма от искусственной созданной среды обитания (неудовлетворительный микроклимат, несбалансированное кормление и т.п.) [5, 6].

Под влиянием биологически активных и токсических веществ могут происходить изменения в развитии животного в пренатальном периоде. Так, при воздействии эндокринного дисраптора выявлены нарушения развития соединительно-тканых элементов и ретикулоэпителиальной стромы: более раннее формирование и регресс безэпителиальных пространств, меньшее формирование тимических телец. Морфологические изменения в постнатальном периоде заключаются в повышении содержания лимфоцитов и в корковом, и мозговом веществе после достижения половой зрелости, что указывает на дисбаланс пролиферации и миграции лимфоцитов тимуса [7].

Развитие организма в условиях воздействия эндокринного дисраптора дихлордифенилтрихлорэтана изменяет течение пролиферативных процессов, обуславливая пониженный уровень пролиферации тимоцитов в период активного развития органа и более активную пролиферацию после наступления половой зрелости, когда начинается возрастная инволюция тимуса [8-10].

В настоящее время накоплен большой материал о влиянии различных физических и химических факторов на изменения в органах лимфоидной системы в различные периоды онтогенеза у животных, но искусственно созданные условия часто нарушаются, что несомненно сказывается на механизмах как краткосрочной, так и долговременной адаптации животного [11-14].

Изучение развития лимфоидной ткани у продуктивных животных в антенатальный и ранний постнатальный период развития являются актуальной темой, изучение которой позволит в дальнейшем скорректировать общую резистентность и продуктивность свиней.

Цель исследований – повышение клеточного и гуморального иммунитета продуктивных животных.

Задачи исследований – изучить особенности структурного и цитологического становления вилочковой железы и лимфатических узлов у свиней в онтогенезе.

Материал и методы исследований. В исследованиях применялись методы, общепринятыми в физиологии, биохимии, гистологии, эмбриологии и зоотехнии. Цифровой материал обработан статистически. Научно-практические опыты проведены в условиях свиного комплекса «Мясоагропром» Самарской области и лаборатории факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Самарского государственного аграрного университета. Объект исследований – поросята крупной белой породы в утробный и внеутробный периоды жизни. Гистологическое строение вилочковой железы лимфатических узлов у свиней изучали на материале 45 эмбрионов, плодов 50-, 70-, 90- и 100-суточного возраста и 30 поросят. Возраст эмбрионов и плодов был датирован по сроку осеменения свиноматок, поросят – по времени их рождения. Для гистологического исследования лимфатические узлы фиксировали в 10% растворе формалина, жидкости Ценкера и Карнуа. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином по Маллори, по Тенцер-Унна, по Футу. Подсчёт клеточного состава проводили в 30 полях зрения при увеличении микроскопа в 900 раз. Кровь для исследования брали из хвоста поросят. Клеточный состав крови определяли на гематологическом анализаторе BC 5300 Mindray. Цифровой материал обработан биометрически.

Результаты исследований. Тимус как центральный орган иммунной системы формируется с 30-суточного возраста плода свиней (рис. 1). Масса вилочковой железы в этот период составляет $30,30 \pm 0,24$ мг, длина – $1,20 \pm 0,04$ см, ширина – $0,3 \pm 0,01$ см. В 90-суточном возрасте плода показатели увеличиваются до $120 \pm 2,35$ мг, $4,30 \pm 0,12$ см и $0,60 \pm 0,02$ см соответственно. В 100-суточном возрасте масса плода и длина вилочковой железы достоверно увеличиваются в 4,5 раза, ширина – в 2 раза, относительно данных плодов свиней 50-суточного возраста.

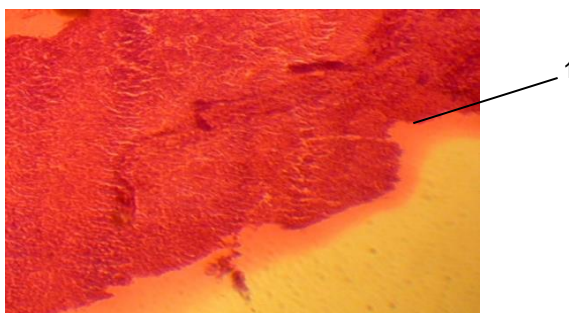


Рис. 1. Плод свиньи 30-ти суток (гемоксилин-эозин, окуляр 10, объектив 10):
1 – формирующаяся вилочковая железа

Паренхима представлена мезенхимными, эпителиоидными, ретикулярными клетками и лимфоцитами. У 50-суточных плодов дольки тимуса дифференцируются на корковое и мозговое вещество. В корковом веществе долек тимуса количество гемоцитобластов (число клеток в 1 поле зрения) находится на уровне $3,18 \pm 0,2$, больших лимфоцитов – $3,12 \pm 0,1$, средних лимфоцитов – $64,48 \pm 1,4$, малых лимфоцитов – $140,34 \pm 4,6$. В 90-суточном возрасте плодов количество

гемоцитобластов уменьшается на 16%, число больших лимфоцитов увеличивается в 5 раз, средних и малых лимфоцитов – в 2 раза, относительно данных 50-суточного возраста плодов свиней.

Количество клеток гемоцитобластов у 100-суточных плодов составляет $2,44 \pm 0,12$, больших лимфоцитов – $18,36 \pm 1,44$, средних лимфоцитов – $149,29 \pm 7,17$, малых лимфоцитов – $294,54 \pm 9,29$. Эти значения меньше на 23% по гемоцитобластам, больше в 6 раз по количеству больших лимфоцитов, средних лимфоцитов – в 3 раза и малых лимфоцитов – в 2,5 раза, по сравнению с показателями плодов в 50-суточном возрасте. Таким образом, животные в суточном возрасте уже имеют морфофизиологически сформированную вилочковую железу, которая активно участвует в процессах фагоцитоза и синтеза лизирующих ферментов. У 50-суточных плодов свиней формируются левый предлопаточный и заглотоочный лимфоузлы. В таблице 1 представлены числовые характеристики массы и веса лимфатических узлов плодов свиней.

Таблица 1

Динамика массы и линейных величин лимфатических узлов плодов свиней

Возраст плодов, суток	Наименование лимфоузлов					
	левый предлопаточный			заглотоочный		
	Масса, мг	Длина, мм	Ширина, мм	Масса, мг	Длина, мм	Ширина, мм
50	$20 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	$20 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,1$
70	$30 \pm 0,4^{***}$	$3,4 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,2^{**}$	$40 \pm 0,3^{***}$	$3,4 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,2^*$
90	$60 \pm 0,4^{***}$	$4,5 \pm 0,3^{***}$	$3,0 \pm 0,2^{***}$	$60 \pm 0,1^{***}$	$4,4 \pm 0,2^{***}$	$3,4 \pm 0,2^*$
100	$60 \pm 0,4^{***}$	$6,0 \pm 0,3^{***}$	$4,0 \pm 0,4^{***}$	$60 \pm 0,1^{***}$	$5,0 \pm 0,1^{***}$	$4,0 \pm 0,8^{**}$

Примечание: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ – относительно данных на 50 сутки (здесь и далее).

Масса левого предлопаточного лимфоузла на этапе формирования составляет $20,0 \pm 0,2$ мг, длина – $3,0 \pm 0,2$ мм, ширина – $2,0 \pm 0,2$ мм. В 70-суточном возрасте плода показатели увеличиваются до $30 \pm 0,4$ мг, $3,4 \pm 0,2$ мм, $2,8 \pm 0,2$ мм, соответственно. В 90- и 100-суточном возрасте плода масса лимфоузла достоверно увеличивается в три раза, длина лимфоузла на 60% ($p < 0,001$), ширина на 75% ($p < 0,001$). Наблюдается аналогичное развитие заглотоочного лимфоузла.

Клеточный состав лимфатических узлов в период их формирования в основном состоит из ретикулярных клеток, средних и малых лимфоцитов (табл. 2).

Таблица 2

Динамика клеточного состава левого предлопаточного лимфоузла у плодов свиней

Наименование клеток, %	Корковое плато			Фолликулы			Мозговое вещество		
	Возраст плодов, сутки			Возраст плодов, сутки			Возраст плодов, сутки		
	50	90	100	70	90	100	50	90	100
Ретикулярные	$20,09 \pm 0,80$	$9,79 \pm 0,36^{***}$	$6,65 \pm 0,24^{***}$	$15,15 \pm 0,6$	$15,10 \pm 0,4$	$15,27 \pm 0,5$	$23,46 \pm 0,6$	$12,82 \pm 0,4^{***}$	$12,19 \pm 0,5^{***}$
Гемоцитобласты		$0,19 \pm 0,01$	$0,37 \pm 0,02^{***}$	$0,60 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,02^{**}$	$1,10 \pm 0,04$		$0,77 \pm 0,04$	$0,86 \pm 0,02^{***}$
Большие лимфоциты		$0,19 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,02^{***}$	$5,79 \pm 0,23$	$5,40 \pm 0,24$	$3,94 \pm 0,24^{***}$	$0,60 \pm 0,04$	$0,71 \pm 0,04$	$0,43 \pm 0,02^{***}$
Средние лимфоциты	$36,09 \pm 1,05$	$43,21 \pm 1,31$	$41,24 \pm 1,61$	$45,21 \pm 1,52$	$45,26 \pm 1,48$	$45,29 \pm 1,25$	$33,47 \pm 1,41$	$38,24 \pm 1,43$	$39,68 \pm 1,12$
Малые лимфоциты	$36,25 \pm 1,30$	$38,44 \pm 1,44$	$44,13 \pm 1,28$	$32,02 \pm 1,15$	$31,02 \pm 1,16$	$32,18 \pm 1,25$	$35,80 \pm 1,08$	$40,18 \pm 1,21$	$39,50 \pm 1,09$
Плазматические клетки	-	-	-	-	$0,24 \pm 0,02$	$0,29 \pm 0,02$	-	$0,23 \pm 0,02$	$0,30 \pm 0,04$
Гранулоциты	$6,11 \pm 0,24$	$7,33 \pm 0,28$	$5,74 \pm 0,14^*$	$0,75 \pm 0,06$	$0,52 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,02$	$4,16 \pm 0,16$	$5,71 \pm 0,2^{***}$	$5,80 \pm 0,21^{***}$
Делящиеся клетки	$1,07 \pm 0,06$	$0,38 \pm 0,02^{***}$	$0,94 \pm 0,06^{***}$	$0,43 \pm 0,02$	$1,55 \pm 0,06^{***}$	$1,31 \pm 0,12^{***}$	$1,69 \pm 0,14$	$0,76 \pm 0,04^{***}$	$0,55 \pm 0,02^{***}$
Макрофаги	$0,39 \pm 0,02$	$0,47 \pm 0,02^{**}$	$0,56 \pm 0,02^{**}$	$0,05 \pm 0,02$	$0,16 \pm 0,02^{**}$	$0,25 \pm 0,02^{***}$	$0,82 \pm 0,04$	$0,58 \pm 0,02^{***}$	$0,69 \pm 0,04^*$

В корковом плато левого предлопаточного лимфоузла плодов свиней 50-суточного возраста количество ретикулярных клеток составляет $20,09 \pm 0,8\%$, средних лимфоцитов – $36,06 \pm 1,05\%$; малых лимфоцитов – $36,25 \pm 1,24\%$. В 90- и 100-суточном возрасте плода показатели числа ретикулярных клеток достоверно уменьшаются в среднем на 53%; средних лимфоцитов увеличиваются на

17,2%; малых лимфоцитов — на 13,5%, относительно данных на начало периода формирования лимфоузла.

В мозговом веществе левого предлопаточного лимфатического узла плодов свиней 50-суточного возраста количество ретикулярных клеток составляет $23,46 \pm 0,6\%$, больших лимфоцитов — $0,60 \pm 0,04\%$, средних лимфоцитов — $33,47 \pm 1,42\%$; малых лимфоцитов — $35,80 \pm 1,08\%$. В 100-суточном возрасте плода показатели находятся на уровне $12,19 \pm 0,3\%$, $0,43 \pm 0,02\%$, $39,68 \pm 1,11\%$, $39,50 \pm 1,09\%$, что по количеству ретикулярных клеток меньше на 48% ($p < 0,001$), больших лимфоцитов — на 28% ($p < 0,001$), число средних лимфоцитов увеличивается на 18,5%; малых лимфоцитов — на 10,3%, относительно показателей плодов 50-суточного возраста.

С 70-суточного возраста у плодов животных в лимфатических узлах формируются фолликулы. В фолликулах предлопаточного лимфоузла с 70- и до 100-суточного возраста плодов количество малых лимфоцитов находится в пределах от $32,02 \pm 0,2$ до $32,18\%$, средних лимфоцитов — от $45,21 \pm 1,52$ до $45,29 \pm 1,25\%$ и больших лимфоцитов — от $3,94 \pm 0,24$ до $5,79 \pm 0,23\%$. Таким образом, фолликулы лимфатических узлов являются местом репродукции клеток лимфоидного ряда. С 90-суточного возраста в фолликулах и мозговом веществе предлопаточного лимфоузла наблюдаются плазматические клетки в количестве от $0,23 \pm 0,02$ до $0,30 \pm 0,04\%$, что указывает на начало формирования гуморальных факторов иммунной системы организма свиней. Таким образом, у свиней лимфатические узлы как органы лимфоидного кроветворения и как органы периферической иммунной системы морфофункционально формируются к 70-суточному возрасту плода.

Для практических работ в животноводстве наиболее ценными являются данные о возрастной динамике гематологических, биохимических и иммунологических показателей крови животных, необходимые для правильной организации отрасли животноводства. Установлено, что физиологически зрелые поросята рождались с живой массой $1,24 \pm 0,04$ кг, длиной тела $21,4 \pm 1,34$ см, имели 8 хорошо развитых молочных зубов, развитое телосложение, живой темперамент (проявлялся в ряде рефлексов общего и местного характера). Показатели физиологического состояния поросят соответствовали референсным показателям. Температура тела в первые пятнадцать суток жизни находилась в пределах от $38,4 \pm 0,85$ до $38,7 \pm 1,12^\circ\text{C}$, частота пульса — от $161,4 \pm 5,51$ до $193,5 \pm 7,12$ ударов в минуту, частота дыхания — от $52,4 \pm 1,42$ до $75,3 \pm 2,27$ дыхательных движений в минуту.

Благодаря транспортной функции кровь обеспечивает химическое взаимодействие между всеми частями организма, кровь выполняет защитную функцию, являющуюся важнейшим фактором иммунитета. Установлено, что число лейкоцитов увеличилось от $5,13 \pm 0,17 \cdot 10^9/\text{л}$ до $5,48 \pm 0,09 \cdot 10^9/\text{л}$, что на 14, 4 и 7% выше у 5-, 10- и 15-суточных животных, чем в крови поросят суточного возраста (табл. 3).

Таблица 3

Количественное содержание форменных элементов крови

Возраст животных, сутки	Показатель		
	эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	лейкоциты, $10^9/\text{л}$	гемоглобин, г/л
1	$9,31 \pm 0,28$	$5,13 \pm 0,17$	$82,01 \pm 3,09$
5	$7,91 \pm 0,32^{**}$	$5,83 \pm 0,19$	$54,06 \pm 2,12^{***}$
10	$13,41 \pm 0,45^{***}$	$5,35 \pm 0,20$	$47,15 \pm 1,64^{***}$
15	$13,46 \pm 0,54^{***}$	$5,48 \pm 0,09$	$64,40 \pm 2,17^{***}$

Примечание: * — $p < 0,05$, ** — $p < 0,01$, *** — $p < 0,001$ — относительно данных в первые сутки (здесь и далее).

Содержание эритроцитов в крови поросят суточного возраста составило $9,31 \pm 0,31 \cdot 10^{12}/\text{л}$, в 5-суточном — $7,91 \pm 0,32 \cdot 10^{12}/\text{л}$, что выше на 15% ($p < 0,05$), в 10- и 15-суточном возрасте — выше на 44% ($p < 0,001$), по сравнению с первым днем. Количественные изменения эритроцитов в крови у поросят сопровождались одновременным изменением концентрации гемоглобина крови, переносчика кислорода к органам и тканям организма. Установлено, что на 5 сутки концентрация гемоглобина составляла $54,06 \pm 2,12$ г/л, что ниже показателя суточного возраста на 53% ($p < 0,001$). На 10 и 15 сутки количество гемоглобина в крови животных изменилось относительно первых суток на 12 ($p < 0,001$) и 21% ($p < 0,001$), соответственно.

В лейкограмме крови поросят преобладающими клетками являются лимфоциты, как основные клетки иммунитета, определяющие состояние гуморальной системы иммунитета. Установлено, что в лейкограмме лимфоциты составляли от $80,28 \pm 2,52$ до $58,45 \pm 2,62\%$ (табл. 4). На 5 сутки число лимфоцитов в крови животных составило $75,54 \pm 3,32\%$, т.е. было ниже на 5,9% относительно показателя дня рождения. На 10-е и 15-е сутки количество лимфоцитов было достоверно ниже на 19,6% ($p < 0,001$) и 27,0% ($p < 0,001$), чем в первые сутки.

Таблица 4

Возрастные изменения лейкоформулы крови поросят

Показатель, %	Возраст животных, сутки			
	1	5	10	15
Базофилы	$1,21 \pm 0,04$	$1,81 \pm 0,04^{**}$	$2,21 \pm 0,05^{***}$	$2,85 \pm 0,06^{***}$
Эозинофилы	$3,84 \pm 0,11$	$4,23 \pm 0,11^*$	$4,52 \pm 0,15^{***}$	$5,83 \pm 0,14^{***}$
Юные нейтрофилы	$0,74 \pm 0,03$	$1,41 \pm 0,04^{***}$	$2,31 \pm 0,02^{***}$	$2,72 \pm 0,03^{***}$
Палочкоядерные нейтрофилы	$2,31 \pm 0,09$	$3,34 \pm 0,11^{***}$	$6,15 \pm 0,12^{***}$	$6,61 \pm 0,10^{***}$
Сегментоядерные нейтрофилы	$10,81 \pm 0,41$	$12,56 \pm 0,35^*$	$18,43 \pm 0,38^{***}$	$21,64 \pm 0,65^{***}$
Лимфоциты	$80,28 \pm 2,52$	$75,54 \pm 3,32$	$64,57 \pm 2,18^{***}$	$58,45 \pm 2,62^{***}$
Моноциты	$0,81 \pm 0,03$	$1,17 \pm 0,04^{***}$	$1,81 \pm 0,04^{***}$	$1,9 \pm 0,02^{***}$

Базофилы принимают участие в аллергических и воспалительных реакциях. У поросят показатель находился в пределах от $1,21 \pm 0,04$ до $2,85 \pm 0,06\%$. Количество базофилов в крови 10- и 15-суточных животных было в 2,5 раза выше по сравнению с показателем крови суточных поросят. С возрастом увеличивается число эозинофилов в лейкограмме свиней: от $3,84 \pm 0,11$ до $5,83 \pm 0,14\%$. Показатель выше на 10% ($p < 0,05$), 17,7% ($p < 0,001$) и 50,1% ($p < 0,001$) в 5-, 10- и 15-суточном возрасте, по сравнению с суточным.

В лейкограмме количество сегментоядерных нейтрофилов в крови поросят находилось в пределах от $10,81 \pm 0,41$ до $21,64 \pm 0,65\%$. С возрастом происходило увеличение показателя достоверно в 2 раза. Число палочкоядерных нейтрофилов в крови составляло от $2,31 \pm 0,09$ до $6,61 \pm 0,10\%$. Показатель крови 10- и 15-суточных животных был достоверно выше в 2,6 раза по сравнению с показателем крови поросят суточного возраста. Резкое увеличение числа нейтрофилов объясняется повышенной фагоцитарной активностью клеток, направленной на фагоцитирование патогенных факторов эндогенного и экзогенного происхождения.

Моноциты – это крупные мононуклеарные макрофаги, осуществляющие фагоцитоз. Количество моноцитов изменилось от $0,81 \pm 0,03$ до $1,9 \pm 0,02\%$. В 10- и 15-суточном возрасте показатель был достоверно выше в 1,5-2 раза, чем в первый день.

Согласно исследованиям, у новорожденных поросят преобладает клеточный иммунитет над гуморальным. Иммуноглобулины, которые получает поросенок с первыми порциями молозива, можно рассматривать как эволюционно сложившуюся компенсацию за отставание в развитии лимфоузлов – генераторов В-клеток, отвечающих за гуморальную фазу иммунитета. Поросята крупной белой породы в условиях интенсивной технологии содержания в 5-суточном возрасте жизнеспособны и имеют хорошо сформированные факторы резистентности.

Закключение. Тимус формируется с 30-суточного возраста плода свиней. У плода в 100-суточном возрасте масса и длина тимуса достоверно увеличиваются в 2-4 раза, относительно данных 50-суточного возраста. Левый предлопаточный лимфоузел плода свиней в 100-суточном возрасте достоверно увеличивается в 3 раза по сравнению с началом его формирования. В корковом плато левого предлопаточного лимфоузла плодов свиней 50-суточного возраста количество ретикулярных клеток составляет $20,09 \pm 0,8\%$, средних лимфоцитов – $36,06 \pm 1,05\%$; малых лимфоцитов – $36,25 \pm 1,24\%$; в мозговом веществе количество клеток соответственно составляет $23,46 \pm 0,6\%$, $0,60 \pm 0,04\%$, $33,47 \pm 1,42\%$, $35,80 \pm 1,08\%$. У плода 100-суточного возраста показатели по количеству ретикулярных клеток меньше на 48% ($p < 0,001$), больших лимфоцитов – на 28% ($p < 0,001$), число средних лимфоцитов увеличивается на 18,5%, малых лимфоцитов – на 10,3%, относительно показателей 50-суточных плодов. Таким образом, у свиней органы лимфоидного кроветворения и периферической иммунной системы формируются к 70-суточному возрасту плода.

В лейкограмме крови поросят преобладающими клетками являются лимфоциты, количество которых составляет от $80,28 \pm 2,52$ до $58,45 \pm 2,62\%$. Количество сегментоядерных нейтрофилов находилось в пределах от $10,81 \pm 0,41$ до $21,64 \pm 0,65\%$, палочкоядерных — от $2,31 \pm 0,09$ до $6,61 \pm 0,10\%$. Данные показатели крови 10- и 15-суточных животных достоверно выше в 2,6 раза по сравнению с показателями суточных поросят. Поросята в 5-суточном возрасте жизнеспособны и имеют хорошо сформированную резистентность, что обеспечит в дальнейшем высокие показатели гомеостаза и продуктивности животных.

Список источников

1. Гладких Л. П., Никитин Д. А., Семенов В. Г. Коррекция неспецифической резистентности организма поросят к факторам среды обитания // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК : материалы международной научно-практической конференции. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2015. С. 419–422.
2. Молянова Г. В., Григорьев В. С. Становление и развитие органов резистентности у свиней в онтогенезе // Морфология. 2018. Т. 153, №3. С. 82–83.
3. Пономарев И. Н., Кузнецова Н. В., Панфилов А. Б. Морфология мезентериальных лимфатических узлов у свиней при гастроэнтероколите // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2009. №3 (23). С. 85–89.
4. Бреусенко Д. В., Димов И. Д., Клименко Е. С., Карелина Н. Р. Современные представления о морфологии тимуса // Педиатр. 2017. Т.8, № 5. С. 91–95.
5. Зайцев С. Ю., Боголюбова Н. В., Молянова Г. В. Биохимический анализ крови ряда пород свиней и их гибридов : монография. М. : Сельскохозяйственные технологии, 2022. 256 с.
6. Григорьев В. С., Хакимов И. Н., Дежаткина С. В. Факторы резистентности у свиней в постнатальном онтогенезе // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2020. №5. С. 44–50.
7. Цомартова Э. С., Яглова Н. В., Тимохина Е. П., Кузнецов С. Л. Пролиферативная активность тимоцитов новорожденных крыс, развивавшихся при воздействии низких доз эндокринного дисраптора ДДТ // Современные проблемы и перспективы исследований в анатомии и гистологии животных : сборник трудов конференции. Витебск : Учреждение образования «Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины», 2019. С. 159–161.
8. Yaglova N. V., Tsomartova E. S., Obernikhin S. S., Ivanova M. Y. et al. Developmental exposure to low doses of 22 dichlorodiphenyltrichloroethane impairs proliferative response of thymic lymphocytes to Concanavalin A in rats // Heliyon. 2020. Vol. 6. P. 03608.
9. Варакин А. Т., Ряднов А. А., Соломатин В. В., Кулик Д. К., Муртазаева Р. Н., Хазыков В. А. и др. Гематологические показатели бычков при введении в рацион селеносодержащих добавок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и ВПО. 2021. №3 (63). С. 209–218.
10. Терентьев С. С., Великанов В. И., Кляпнев А. В. и др. Физиолого-иммунологические показатели телят при стимуляции коров-матерей иммуномодуляторами азоксивет в сочетании с синэстролом 2% // Ученые записки Казанской ГАВМ им. Н. Э. Баумана. 2021. Т. 245, №1. С. 192–198.
11. Шайхулов Р. Р., Маннапова Р. Т. Компенсаторные реакции органелл общего и специального назначения в гепатоцитах при кандидамикозах пищеварительного тракта гусей // Естественные и технические науки. 2022. №3 (166). С. 69–73.
12. Zhang X. Y., Zhang X. J., Xv J., Jia W. et al. Crocin weakens acute cognitive deficits caused by hypobaric hypoxia in rats. *European Journal of Pharmacology*. 2018. № 5. P. 300–305.
13. Зялалов Ш. Р., Дежаткина С. В., Исайчев В. А. Эффективность производства молока путём введения в рацион коров шарловского диатомита // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2(58). С. 191–197. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-191-196.
14. Боряев Г. И., Люблинский С. Л., Полякова Е. В., Кузнецов А. А. и др. Оценка эффективности применения органических форм йода и селена на качество пищевых яиц // Нива Поволжья. 2022. 4 (64). С. 2002. DOI 10.36461/NP.2022.64.4.006.

References

1. Gladkikh, L. P., Semenov, V. G. & Nikitin, D. A. (2015). Correction of nonspecific resistance of piglets to environmental factors. Food security and sustainable development of agro-industrial complex '15: *materials of the international scientific and practical conference*. (pp. 419–422). Cheboksary: Chuvash State Agricultural Academy (in Russ).
2. Molyanova, G. V. & Grigoriev, V. S. (2018). Formation and development of resistance organs in pigs in ontogenesis. *Morfologiya (Morphology)*, 153, 3, 82–83 (in Russ).

3. Ponomarev, I. N., Kuznetsova, N. V. & Panfilov, A. B. (2009). Morphology of mesenteric lymph nodes in pigs with gastroenterocolitis. *Izvestiia Orenburgskogo GAU (Izvestia Orenburg SAU)*, 3 (23), 85–89 (in Russ).
4. Breusenko, D. V., Dimov, I. D., Klimenko, E. S. & Karelina, N. R. (2017). Modern ideas about the morphology of the thymus. *Pediatrics (Pediatrician)*, 8, 5, 91–95 (in Russ).
5. Zaitsev, S. Yu., Bogolyubova, N. V. & Molyanova, G. V. (2022). *Biochemical blood analysis of a number of pig breeds and their hybrids*. Moscow : Agricultural technologies (in Russ).
6. Grigoriev, V. S., Khakimov, I. N. & Dezhatkina, S. V. (2020). Factors of resistance in pigs in postnatal ontogenesis. *Veterinariya sel'skookhozyajstvennykh zhivotnykh (Veterinary medicine of farm animals)*, 5, 44–50 (in Russ).
7. Tsomartova, E. S., Yaglova, N. V., Timokhina, E. P. & Kuznetsov, S. L. (2019). Proliferative activity of thymocytes of newborn rats developed under the influence of low doses of endocrine disruptor DDT. Modern problems and prospects of research in animal anatomy and histology '19: *proceedings of the conference*. (pp. 159–161). Vitebsk : Educational institution «Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine» (in Russ).
8. Yaglova, N. V., Tsomartova, E. S., Obornikhin, S. S. & Ivanova, M. Y. et al. (2020). Developmental exposure to low doses of 22 dichlorodiphenyltrichloroethane impairs proliferative response of thymic lymphocytes to Concanavalin A in rats. *Heliyon*, 6, 03608.
9. Varakin, A. T., Ryadnov, A. A., Solomatin, V. V., Kulik, D. K., Murtazayeva, R. N. & Khazykov, V. A. et al. (2021). Hematological parameters of bulls when selenium-containing additives are introduced into the diet. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie (Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education)*, 3 (63), 209–218 (in Russ).
10. Terentyev, S. S., Velikanov, V. I., Klyapnev, A. V. & Chvalo, A. V. et al. (2021). Physiological and immunological parameters of calves when stimulating maternal cows with azoxivet immunomodulators in combination with synestrol 2%. *Uchenie zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi medicini imeni N. E. Bauman (Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman)*, 245, 1, 192–198 (in Russ).
11. Shaikhulov, R. R. & Mannapova, R. T. (2022). Compensatory reactions of general and special purpose organelles in hepatocytes with candidiasis of the digestive tract of geese. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki (Natural and technical sciences)*, 3 (166), 69–73 (in Russ).
12. Zhang, X. Y., Zhang, X. J., Xu, J., Jia, W. et al. (2018). Crocin weakens acute cognitive deficits caused by hypobaric hypoxia in rats. *European Journal of Pharmacology*, №5, 300–305.
13. Zialalov, Sh. R., Dezhatkina, S. V. & Isaichev, V. A. (2022). Efficiency of milk production by introducing Sharlovsky diatomite into the diet of cows. *Vestnik Uliyanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 2(58), 191–197. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-191-196 (in Russ).
14. Boryaev, G. I., Lyublinsky, S. L., Polyakova, E. V. & Kuznetsov, A. A. et al. (2022). Evaluation of the effectiveness of the use of organic forms of iodine and selenium on the quality of food eggs. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 4 (64), 2002. DOI 10.36461/NP.2022.64.4.006 (in Russ).

Информация об авторах:

В. С. Григорьев – доктор биологических наук, профессор;

И. Н. Хакимов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Г. В. Молянова – доктор биологических наук, профессор.

Information about the authors:

V. S. Grigoriev – Doctor of Biological Sciences, Professor;

I. N. Khakimov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

G. V. Molyanova – Doctor of Biological Sciences, Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 2.03.2023; одобрена после рецензирования 23.03.2023; принята к публикации 2.04.2023.

The article was submitted 2.03.2023; approved after reviewing 23.03.2023; accepted for publication 2.04.2023.