

Morphogenesis of lymph nodes of meat-producing rabbits during the postnatal period of ontogenesis

I. Myroshnychenko✉

Article info

Correspondence Author

I. Myroshnychenko

E-mail:

hibert.i.i@dsau.dp.ua

Dnipro State Agrarian and
Economic University,
Serhii Efremov Str., 25
Dnipro, 49009, Ukraine

Citation: Myroshnychenko, I. (2025). Morphogenesis of lymph nodes of meat-producing rabbits during the postnatal period of ontogenesis. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 156–163. doi: 10.31210/spi2025.28.01.24

In the modern world, rabbits are increasingly considered not only as objects for scientific experiments but also as a rapidly maturing source of high-quality meat products. Therefore, the issue of their effective breeding within large-scale farms focused on raising hybrid crossbreeds becomes increasingly relevant. A primary task is to maintain a high immune status in these animals under intensive rearing technologies. To achieve this, it is necessary to understand the species-specific and age-related features of the structure of the peripheral lymphoid organs in these animals, which are the most sensitive to various influencing factors. Lymph nodes are peripheral organs of hemopoiesis and lymphopoiesis, providing lymph filtration and the function of antigen-dependent proliferation and differentiation of immunocompetent cells. The popliteal (somatic) lymph node of meat-production rabbits (the fast-growing hybrid cross Hyplus) aged 1, 10, 20, 30, 60, and 90 days was studied. Each age group consisted of six rabbits. All experimental animals were clinically healthy, unvaccinated, and not treated for ecto- or endoparasites. Morphological studies included the preparation of histological sections, staining with hematoxylin and eosin, followed by microscopy. Qualitative and quantitative indicators of the development of tissue components were determined using the ImageJ software. It was established that in day-old Hyplus hybrid cross rabbits, the popliteal lymph node was histologically differentiated only into connective tissue stroma and parenchyma. The parenchyma of the organ was represented by the central medulla and the cortex located on the periphery. In 10-day-old rabbits, the connective tissue stroma of the organ thickened, the medulla was predominant among lymphoid tissue, and the sinus system was more visualized. From the age of 20 days, individual primary lymphoid nodules without germinal centers began to appear in the lymph node, along with active formation of deep cortical units. From 30 days of age, the trend of dynamic changes in the relative area of functional zones in the popliteal lymph node persisted and intensified. During the second month of life, the relative area of the sinus system increased, and there was active development of lymphoid nodules, particularly those with germinal centers. By the age of 90 days, the highest relative area was observed in the deep cortical units and lymphoid nodules with germinal centers. The results obtained regarding the timeline of morphofunctional maturity of the lymph nodes in meat-production rabbits are of significant importance and can serve as a reference for comparing changes during pathological processes.

Keywords: rabbit breeding, lymphoid parenchyma, morphometric parameters, lymphoid tissue, organs of hemopoiesis and lymphopoiesis.

Морфогенез лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності упродовж постнатального періоду онтогенезу

I. I. Мирошніченко

Дніпровський державний
аграрно-економічний
університет,
м. Дніпро, Україна

У сучасному світі кролів все частіше розглядають не лише як об'єкт для проведення наукових експериментів, а і як швидко стигле джерело якісної м'ясної продукції. Саме тому існує проблема їх ефективного розведення у межах великих господарств, які направлені на вирощування саме гібридних кросів. Тому першочерговим завданням є підтримка високого імунного статусу цих тварин при максимально інтенсивній технології вирощування. Для цього необхідно мати уявлення про видові та вікові особливості будови периферичних органів лімфопоезу цих тварин, які найбільш чутливі до впливу різноманітних факторів. Лімфатичні вузли – це периферичні лімфатичні органи, які безпосередньо забезпечують підтримку імунного гомеостазу виконуючі фільтраційну та проліферативну функції лімфи і диференціацію імуннокомпетентних клітин. Досліджували підколінний (соматичний) лімфатичний вузол у кролів м'ясного напрямку продуктивності (швидкозрілий гібридний крос Hyplus) одно-, 10-, 20-, 30-, 60-, та 90-добового віку. Кожна піддослідна група налічувала по 6 клінічно здорових кролів, які попередньо не піддавалися вакцинації, дегельментизації, та обробки від ектопаразитів. Морфологічні дослідження включали виготовлення гістологічних зрізів, забарвлення гематоксином і еозином із наступною мікроскопією. Визначали якісні і кількісні показники розвитку тканинних компонентів з використанням програми ImageJ. Встановлено, що у добових кролів гібридного кросу Hyplus підколінний лімфатичний вузол гістологічно диференційований лише на сполучнотканинну строму і паренхіму. Паренхіма органа представлена центральною мозковою і розташованою по периферії кірковою речовиною. У 10-добових кроленят сполучнотканина строму органу потовщується, серед лімфатичної тканини переважає розріджена мозкова речовина, система синусів більш візуалізована. З 20-добового віку в лімфатичному вузлі виявляються окремі, поодинокі первинні лімфатичні вузлики, які не мають світлого центру. Також відмічається активне формування одиниць глибокої кори. З 30-добового віку тенденція динаміки відносної площі в окремих функціональних зонах підколінного лімфатичного вузла зберігається і посилюється. Протягом другого місяця життя у підколінному лімфатичному вузлі відбувається збільшення відносної площі системи синусів та активний розвиток лімфатичних вузликів особливо зі світлим центром. З досягненням 90-добового віку максимальні показники відносної площі мають одиниці глибокої кори та лімфатичні вузлики зі світлим центром. Отримані результати становлення термінів морфофункціональної зрілості лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності мають важливе значення, та можуть слугувати як контрольний показник для порівняння змін при розвитку патологічних процесів.

Ключові слова: кролівництво, лімфатична паренхіма, морфометричні параметри, лімфатична тканина, органи гемо- і лімфопоезу.

Бібліографічний опис для цитування: Мирошніченко I. I. Морфогенез лімфатичних вузлів кролів м'ясного напрямку продуктивності упродовж постнатального періоду онтогенезу. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 156–163.

Вступ

Органи гемо- і лімфопоезу виконують важливу функцію захисту, формуючи складну та різноманітну систему, що підтримує взаємозв'язок між антиген-презентуючими клітинами та антиген-специфічними лімфоцитами, взаємодія яких призводить до стимуляції довготривалого імунітету [1]. Лімфатичні вузли – це одні з основних складових бар'єрної системи внутрішнього середовища, до функціональних обов'язків яких, відноситься фільтраційна, синтезуюча та проліферативна діяльність [18]. Формуючи лімфоцентри у різних ділянках організму, які мають цілковиту адаптацію до потенційного імунного навантаження, вони здійснюють постійний контроль за антигенами у рідинах організму [14, 15].

За сучасним уявленням лімфатичні вузли ссавців мають трикомпонентну будову, що включає в себе: сполучнотканинний каркас (капсула, трабекули), систему лімфатичних просторів (синуси) та лімфоїдну паренхіму [6, 19, 33, 38].

Лімфатичні вузли розвиваються під час ембріогенезу в результаті серії перехресних взаємодій між гемопоетично отриманою клітинною лінією, яка називається клітинами-індукторами лімфоїдної тканини, і стромальними клітинами мезенхімального походження, що утворюють зачаток цих органів. В певний період специфіковані мезенхімальні клітини вступають у перехресні контакти з лімфоїдними клітинами, і це забезпечує експансію лімфатичних вузлів, пов'язану з диференціюванням мезенхімальних клітин [30]. Закладка, розвиток і функціонування лімфатичних вузлів тісно пов'язане з розвитком лімфатичних судин і лімфообігом. Основні складові лімфатичної системи формуються на ранніх етапах пренатального періоду.

Лімфатичні вузли у ссавців характеризуються специфічною диференціацією і спеціалізацією внутрішньоорганної паренхіми, що сучасному науковому співтовариству визначається як «компаратмент» [31], або «лімфоїдна часточка» [37]. До складу кожного компартменту паренхіми в лімфатичних вузлах входить цілий комплекс відповідних клітинних зон: одиниці глибокої кори ((паракортикальна зона) Т- і В-клітинні зони), лімфатичні вузлики (із світлим центром і без), а також кіркове плато і мозкові тяжі (зони з гетерогенною популяцією лімфоцитів). Лімфатичні вузлики в часточці сконцентровані ближче до крайового синусу а на протилежному їм полюсі – мозкові тяжі які межують із ділянкою ворітного потовщення. Паракортикальна зона (глибока кора) лімфатичних вузлів формується центрально розміщеними одиницями глибокої кори [3]. В період внутрішньоутробного розвитку у матуронатних видів ссавців серед продуктивних тварин (коні, жуйні, свині), через низький ступінь антигенної стимуляції, розвиток спеціалізованих клітинних зон в межах компартментів (часточок) знаходиться на мінімальному рівні, а повне формування лімфатичних вузлів відбувається у пренатальний період онтогенезу [5, 7, 22, 24]. Значна увага до морфологічних досліджень лімфатичних вузлів зумовлена їх важливою роллю при діагностиці значної кількості захворювань.

Морфогенез і структурно-функціональні особливості лімфатичних вузлів вивчалися у продуктивних ссавців: свиня свійська [10, 34], дрібна рогата худоба (вівці) [27], велика рогата худоба [20], односторонній верблюд [28, 29], а також лабораторних тварин – хом'яки, миші і щури [16, 25]. Кролі також досить часто використовувалися як біологічна модель в експериментальних дослідженнях, а їх периферичні органи гемо- і лімфопоезу є важливим предметом для дослідників [15, 23]. З іншого боку, проведено ряд досліджень [23], направлених на вивчення варіацій анатометричних показників лімфатичних вузлів без зазначення породної приналежності чи кросу кролів. На сьогодні інтерес до визначення всіх структурних і морфологічних особливостей периферичних органів гемо- і лімфопоезу набуває все більшої актуальності, що на самперед пов'язано з прогресуючим збільшенням обсягів виробництва кролятини в Україні, за рахунок все більшої популяризації в розведенні м'ясних гібридів, з яких найбільш розповсюджений є крос НуPlus. Важливо знати морфогенез лімфатичних вузлів у продуктивних тварин, особливо строки становлення їх морфофункціональної зрілості та формуванню адекватних відповідей імунної системи у молодняку при використанні інтенсивних технологій їх вирощування.

Мета дослідження

Метою роботи було встановити особливості розвитку та терміни становлення морфофункціональної зрілості підколінних лімфатичних вузлів кролів скоростиглого гібридного кросу НуPlus.

Матеріали і методи

Поводження з піддослідними тваринами, що були використані в наукових цілях, виконувалось відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних або інших наукових цілях» (Страсбург, Франція, 18 березня 1986 р., ETS № 123) і відповідно до закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, 21 лютого 2006 р., № 3447-IV). Протокол дослідження розглянутий і узгоджений локальним етичним комітетом факультету ветеринарної медицини Дніпровського державного аграрно-економічного університету (Дніпро, Україна).

Морфологічні дослідження проведені в умовах кафедри анатомії, гістології і патоморфології тварин Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Для досліджень з 36 тварин сформовано шість груп кролів різного віку по 6 голів у кожній. Досліджували підколінний лімфатичний вузол 1-, 10-, 20-, 30-, 60-, та 90-добових кролів м'ясного напрямку продуктивності (складний гібрид НуPlus). Тварин вирощували в приватному підприємстві (Дніпропетровська область, Україна). З відібраних органів виготовляли серединні сегменти, отримані в площині перпендикулярній воротам лімфатичних вузлів, фіксували в 10% водному розчині нейтрального формаліну 3–5 діб. Для отримання оглядових гістологічних препаратів сегменти заливали в

парафін, згідно загальноприйнятим методикам [12]. Виготовляли серійні гістологічні зрізи товщиною 6–8 мкм і забарвлювали гематоксиліном і еозином. Отримані мікропрепарати досліджували за допомогою світлового мікроскопа Micromed XC-3330 (окуляр $\times 10$, об'єктиви $\times 4$, $\times 10$, $\times 40$), виготовляли мікрофотографії за допомогою цифрової камери Micromed MDC500 і персонального комп'ютера). Кількісно встановлювали відносну площу сполучнотканинної стромы, мозкових тяжів, функціональних зон кіркової речовини: одиниць глибокої кори, лімфатичні вузлики, міжвузликової зони. Визначали відносну площу компонентів в лімфовузлів методом «крапкового підрахунку», що потрапили на відповідну структуру гістопрепарату за формулою:

$$S = \frac{Pi}{Pt} \times 100 \%,$$

де S – ВП структури на площі тотального середнього гістопрепарату, %

Pi – число крапок, які попали на структуру, шт.;

Pt – загальне число крапок тестової системи, які попали на площу всього гістопрепарату, шт.

Статистичний аналіз результатів проводили за допомогою стандартної програми Windows XP «Microsoft Excel», різниця між вибірками встановлена з використанням ANOVA і була значуща при $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення

У добових кролів лімфатичні вузли – це відокремлені оформлені органи з розвиненим стромальним остовом та дифузною лімфоїдною тканиною (*рис. 1а*). Строма органу представлена тонкою капсулою, що займає 9,36 % від об'єму органу та поодиноких тонких трабекул, відносна площа яких не перевищує 1,35 % (*рис. 2*). Морфологічно система синусів у лімфатичних вузлах кролів у цьому віці чітко не виражена. Паренхіма розмежується на мозкову, яка займає центральну частину, і кіркову речовину, що, концентрується на периферії, загальна відносна площа яких становить 79,3 % і 9,9 % відповідно (*рис. 3*).

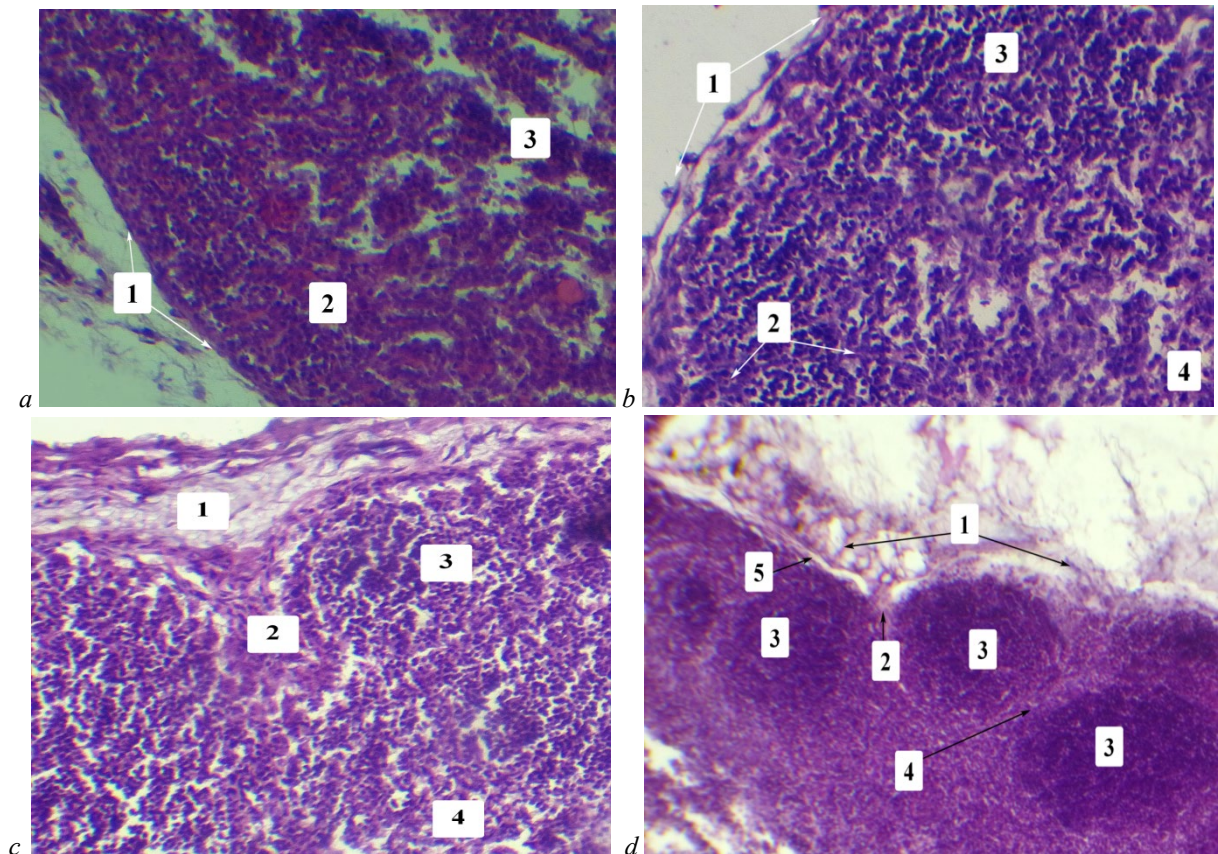


Рис. 1. Microscopic structure підколінного лімфатичного вузла:

a – паренхіма лімфатичного вузла добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – кіркова речовина, 3 – мозкова речовина; *hematoxylin and eosin*; b – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 10-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – кіркова речовина, 4 – мозкові тяжі; *hematoxylin and eosin*; c – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 20-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – лімфатичні вузлики без центрів; *hematoxylin and eosin*; d – паренхіма підколінного лімфатичного вузла 30-добового кроленяти: 1 – сполучнотканинна капсула, 2 – трабекули, 3 – лімфатичні вузлики без центрів, 4 – міжвузликова зона, 5 – підкапсулярний синус; *hematoxylin and eosin*

З 10-добового віку у підколінному лімфатичному вузлі кроленят відмічається збільшення відносної площі стромальних компонентів на 15,8 %, порівняно з попередньою віковою групою. Відносна

площа кіркової речовини не перевищує 10,2 %. У кірковій речовині з'являються ознаки її

функціональної спеціалізації, відмічається початок формування одиниць глибокої кори, у вигляді ущільненого скупчення овальної форми. Відносна площа системи синусів мінімальна,

та становить 3,4 % від загального об'єму (рис. 4). Гомогенна мозкова речовина диференціюється на мозкові тяжі, відносна площа яких становить 73,8 % (рис. 1b).

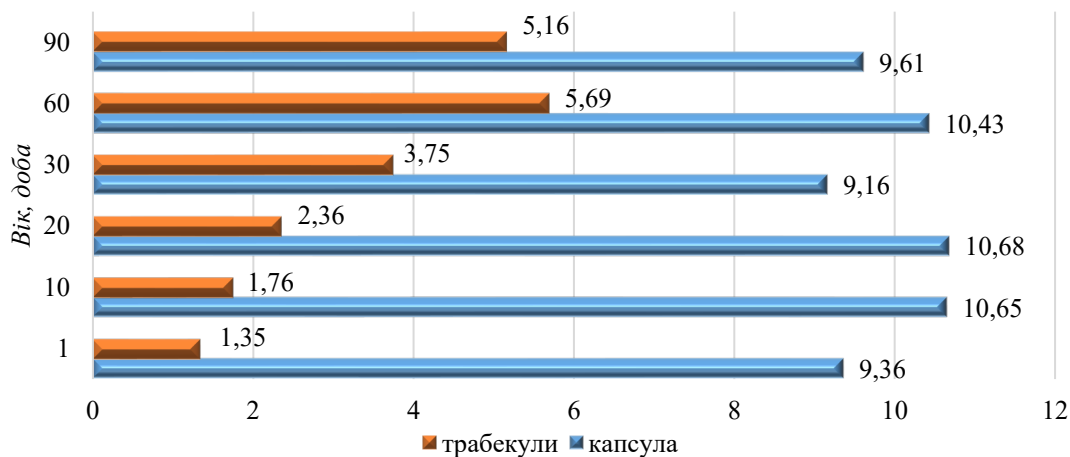


Рис. 2. Динаміка відносної площі (%) сполучнотканинної строми підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

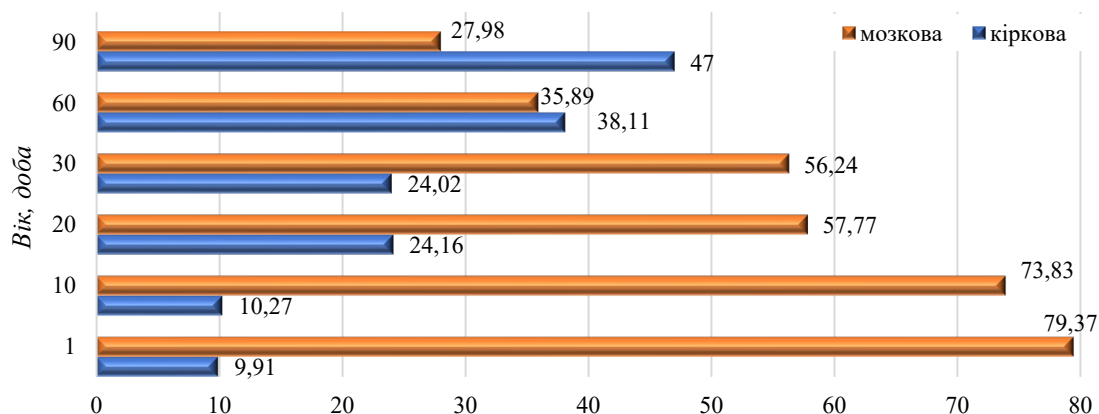


Рис. 3. Динаміка відносної площі (%) лімфоїдної паренхіми підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

У 20-добовому віці у підколінному лімфатичному вузлі кролів спостерігається подальший розвиток сполучнотканинного остова органа за рахунок потовщення капсули і трабекул, їх відносна площа збільшується на 5 % (рис. 1с). У паренхімі органу спостерігається зміна відносної площі лімфатичної тканини в окремих структурно-функціональних зонах, переважно внаслідок збільшення відносної площі кіркової речовини (розвиток одиниць глибокої кори і лімфатичних вузликів) із відповідним зменшенням відносна площа мозкових тяжів. На відносну площу одиниць глибокої кори в цьому віці припадає 12,1 % від загальної площі органу, за рахунок активного розвитку. В кірковій речовині ближче до периферії починають формуватися поодинокі, округлі лімфатичні вузлики, які не мають вираженого світлого центру, у цей віковий період їх відносна площа мінімальна і складає лише 2,4 %. Відносна площа міжвузликової зони у цьому віці становить 9,5 %. Мозкова речовина диференціюється на мозкові тяжі та синуси, відносна площа яких визначається у межах 57,7 % і 5,2 % відповідно (табл. 1). Відносна

площа загальної системи синусів збільшується в 1,4 рази, порівняно з попередньою віковою групою.

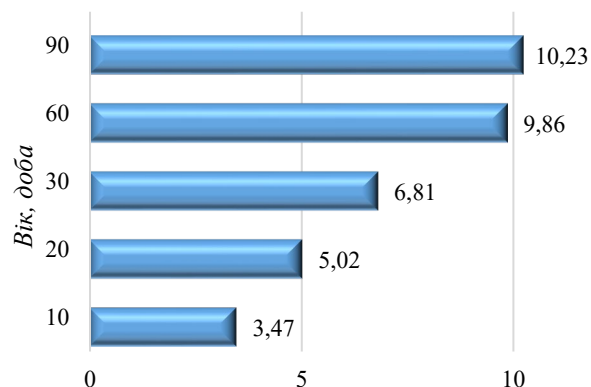


Рис. 4. Динаміка відносної площі (%) синусів в підколінних лімфатичних вузлів кролів, n=36

У кролів 30-добового віку вищевказана тенденція динаміки відносна площа лімфатичної тканини в окремих функціональних зонах підколінного

лімфатичного вузла зберігається і посилюється (*рис. 1d*). Відносна площа одиниць глибокої кори і лімфатичних вузликів продовжує зростати, а мозкових тяжів знижуватися. Відзначено незначне зменшення відносної площі сполучно-тканинної стромы на 1 %. Продовжується активне формування одиниць глибокої кори паренхіми лімфатичних вузлів, що розташовані в один ряд вздовж підкапсулярного синуса, відділені один від одного достатньо сформованими капсулярними

трабекулами, відносна площа якої збільшується 14,9 %. Визначається наявність сформованих поодиноких лімфатичних вузликів без центрів, відносна площа яких збільшується на 28 %. Об'єм міжвузликової зони у цьому віці зменшується на 27 %. Загальна відносна площа системи синусів у цьому віці зростає в 1,3 рази, порівняно з попередньою віковою групою. Відносна площа зони мозкових тяжів зменшується на 2,6 %, хоча вона залишається найбільшою за площею.

Таблиця 1

Зміна відносної площі (%) тканинних компонентів паренхіми підколінного лімфатичного вузла кролів, ($\bar{x} \pm SD$, $n = 6$)

Тканинні компоненти	Вік, доба				
	10	20	30	60	90
Кіркова речовина, всього	10,27 $\pm$ 0,585	24,15 $\pm$ 1,700*	24,02 $\pm$ 1,412	38,11 $\pm$ 1,541*	47,00 $\pm$ 1,584*
- ОГК	-	12,16 $\pm$ 0,780*	13,98 $\pm$ 0,837*	23,53 $\pm$ 1,439*	31,24 $\pm$ 0,732*
- міжвузликова зона	-	9,57 $\pm$ 0,919	6,93 $\pm$ 0,503*	7,83 $\pm$ 0,681*	7,64 $\pm$ 0,456
- ЛВУ без центрів	-	2,42 $\pm$ 0,375	3,10 $\pm$ 0,381*	3,12 $\pm$ 0,545	2,75 $\pm$ 0,440
- ЛВУ з центрами	-	-	-	3,61 $\pm$ 0,795	5,36 $\pm$ 0,829*
Мозкова речовина (мозкові тяжі)	73,83 $\pm$ 1,292	57,77 $\pm$ 1,634*	56,24 $\pm$ 1,212	35,88 $\pm$ 1,357*	27,98 $\pm$ 1,283*

Примітка: * – зазначені вибірки, які достовірно відрізняються відносно попередньої вікової групи ($P < 0,05$)

З досягненням 60-добового віку підколінні лімфатичні вузли у кролів характеризуються значним розвитком у морфо-функціональному відношенні. Відносна площа стромы достовірно збільшується у 1,3 рази, що відбувається внаслідок потовщення капсули і активного розростання трабекул вглиб паренхіми. Одиниці глибокої кори повністю сформовані, їх відносна площа достовірно збільшується у 1,7 рази порівняно з попередньою віковою групою. У цей віковий період лімфатичні вузлики без центрів розмноження активно формуються в зоні мозкових тяжів, хаотично розміщуючись навколо одиниць глибокої кори, рівномірно оточуючи її з усіх боків. Відносна площа яких у 1,1 рази переважає над вузликами зі світлим центром. Лімфатичні вузлики з центрами розмноження у невеликій кількості концентруються на периферії, наближені в переважній більшості до капсули. Їх відносна площа становить 3,6 %. Відносна площа міжвузликової зони порівняно з попередньою віковою групою збільшується на 12,8 %. Відносна площа системи синусів зростає на 45 %. У цьому віці продовжується тенденція до зменшення кількості відносна площа мозкових тяжів в 1,5 рази порівнюючи з попередньою віковою групою.

По досягненню 90 днів відбувається незначне збільшення відносної площі лімфоїдної тканини з відповідним їй зменшенням в сполучній (*рис. 5*). Загальна відносна площа стромальних компонентів зменшується на 8,4 % порівняно з попередньою віковою групою. Це пов'язано з активним ростом і остаточним розвитком лімфатичних вузлів у цих тварин. Трабекули у вигляді потовщених тяжів заходять у глиб паренхіми органу. Зміни у паренхімі в цьому віці пов'язані з переважним розвитком лімфатичних вузликів із центрами кількість яких суттєво збільшується, а також системи синусів. Відносна площа лімфатичних вузликів із центрами зростає на 48 %, а вузликів без центрів навпаки знижується на

12 %. Відносна площа міжвузликової зони зменшується на 2,4 %. Відносна площа системи синусів також зростає в порівнянні з попередньою віковою групою, в загальній кількості на 4 %. Певною мірою остаточні процеси перетворення кіркової речовини полягають у збільшенні відносної площі одиниць глибокої кори на 33 %. У цьому віці відносна площа мозкових тяжів помітно знижується на 22 %, що є максимальним показником для постнатального періоду розвитку у цих тварин.

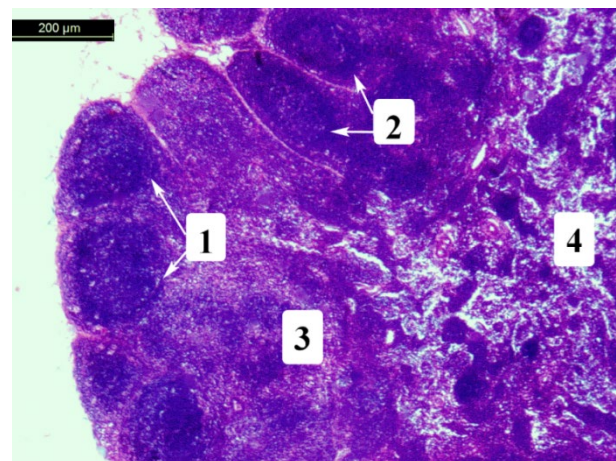


Рис. 5. Мікропрепарат підколінного лімфатичного вузла 90-добового кроля: 1 – лімфоїдні вузлики без центрів, 2 – лімфоїдні вузлики з центрами, 3 – ОГК, 4 – мозкові тяжі. (Hematoxylin and eosin, $\times 200$)

Згідно наших досліджень підколінні лімфатичні вузли у кролів добового віку представлені у вигляді сформованих органів, ззовні оточені капсулою, яка має вигляд тонкої облямівки, від якої відгалужуються тонкі, смужко подібні трабекули, а всередині заповнені лімфоїдною паренхімою, що має розподіл на дві зони: більшу розріджену центральну (мозкова

речовина), та меншу концентровану периферичну (кіркова речовина), співвідношення яких становить 8 : 1.

Морфологія лімфатичних вузлів кролів вивчалася багатьма науковцями [2, 17, 23, 32]. Згідно з їх результатами у кролів лімфатичні вузли оточені тонкою хвилеподібною капсулою, крайовий синус звужений, має щілиноподібний вигляд, а кіркова речовина має фрагментарне розділення. Деякі дослідники порівнюючи між собою різні соматичні лімфатичні вузли, визначали значну різницю в розвитку окремих структурних компонентів (у пахових – краще розвинута кіркова зона, у під пахвинних – навпаки зона мозкових тяжів).

Порівнюючи між собою лімфатичні вузли (соматичні) окремі дослідники виявляли різницю між розвитком тих чи інших структурних компонентів у різних лімфатичних вузлах (у пахових – добре розвинута кіркова речовина, у під пахвинних – навпаки краще розвинута мозкова речовина). Характерною особливістю соматичних лімфатичних вузлів є наявність невеликої кількості лімфатичних вузликів з центрами розмноження та тонкі, ниткоподібні мозкові тяжі з розширеними синусами. Згідно наявних морфологічних даних щодо лімфатичних вузлів у кролів, з'ясовано, що у новонароджених кроликів вони недиференційовані та не мають лімфатичних фолікулів [4, 23]. При дослідженні паренхіми лімфатичних вузлів трьохмісячних кролів встановлено, що вона характеризується вираженою морфологічною полярністю, з наростанням її обсягу та щільністю у напрямку приносних лімфатичних судин [4].

У статевозрілих кролів лімфатичні вузлики концентруються наближено до полюсу крайового синусу, протилежно мозковим тяжам, які в свою чергу межують з ворітним потовщенням. У дослідженнях [23] визначено, що лімфатичні вузлики у лімфатичних вузлах кролів розрізняються за розміром на малі, середні та великі, з характерними особливостями властивими для кожного типу. Для великих вузликів (активно функціонуючі) характерною ознакою є наявність чітко виражених гермінативних центрів з мантийною зоною та значною кількістю фігур мітозу та апоптозу. У вузликах середнього розміру (середньо функціонуючі) характерною ознакою є слабо виражені гермінативні центри, в яких відмічається незначна проліферативна активність, та щільно розташований товстий шар клітин, що утворює мантийну та маргінальну зони. І третій тип вузликів, до якого відносяться малі (не функціонуючі або сплячі), які представлені у вигляді компактного нагромадження лімфоцитів. При використанні гістологічних досліджень нами було встановлено, що починаючи з 20-добового віку у кірковій речовині лімфатичних вузлів кролів містяться овальні або округлі лімфатичні вузлики без центрів розмноження. Їх відносна площа в залежності від віку варіює в межах 2,4–3,1 %. Лімфатичні вузлики з центрами розмноження визначаються у 60–90-добовому віці, їх відносна площа варіює 3,6–5,3 %. Здебільшого всі лімфатичні вузлики розміщуються на периферії кіркової речовини. Згідно досліджень [13] лімфатичні вузлики у овець,

коней та ВРХ концентруються у кірковій речовині лімфатичних вузлів. Показники їх середньої площі у овець становлять (0,19 мм²), коней (0,08 мм²) та ВРХ (0,46±мм²). Зазначено, що у ВРХ лімфатичні вузлики часто розташовуються в декілька рядів, поблизу трабекул, заглиблюючись у кіркову речовину. Інколи вони можуть бути щільно притиснуті до капсули. Центри розмноження лімфатичних вузликів у цих тварин достатньо великі, займають значну частину, та відмічаються майже в кожному вузлику. У попередніх дослідженнях визначили, що поява та кількість світлих центрів в лімфатичних вузликах, пропорційна зростанню віку тварин та впливу антигенного навантаження на організм [20].

Більшість інформації щодо особливості будови, пре- і постнатальний морфогенез, а також вікові зміни в паренхімі лімфатичних вузлів здебільшого стосуються саме досліджень цих органів у продуктивних тварин [8, 22]. Згідно досліджень [22], у плодів великої рогатої худоби відокремлення часточок в лімфатичних вузлах та подальше формування основних структурно-функціональних зон відбувається з досягненням 150-добового віку. За даними авторів [21], в лімфатичних вузлах новонароджених телят паренхіма повністю досягає структурно-функціональної диференціації, всі зони якої розвинені та чітко виражені. Найрозвиненішими функціональними зонами визначаються: інтерфолікулярна, паракортикальна зони, і мозкові тяжі, загальний відносний об'єм яких сягає 39 %. Відносний об'єм центрів одиниць глибокої кори у соматичних лімфатичних вузлах сягає 27–31,5 %, вони краще сформовані серед інших високоспеціалізованих зон. Найменше розвиненими визначаються лімфатичні вузлики, відносний об'єм яких становить не більше 2 %. З досягненням 10-добового віку у телят відносний об'єм збільшується практично у всіх функціональних зонах. У телят місячного віку об'єм вторинних лімфатичних вузликів переважає над об'ємом первинних у всіх соматичних вузлах. Відносний об'єм центральних зон одиниць глибокої кори збільшується до 26–36 %. Згідно досліджень [11], у овець, що досягли статевої зрілості в паренхімі лімфатичних вузлів загальна відносна площа вузликів, одиниць глибокої кори та інтерфолікулярної зони сягає 55 %, а в зоні мозкових тяжів до 45 %. Відносний об'єм інтерфолікулярної зони разом із одиницями глибокої кори у новонароджених поросят визначається в межах 30–50 %, а показники лімфатичних вузликів і мозкових тяжів від 4 % до 57 % відповідно [34].

Для лімфатичних вузлів іматуронатних тварин з моменту народження паренхіма характеризується як гомогенна лімфоїдна тканина, в якій відсутня чітка диференціація на окремі структурно-функціональні зони. У підколінному лімфатичному вузлі статевозрілих щурів відносний об'єм інтерфолікулярної зони займає до 26–27%, одиниці глибокої кори до 24,5%, мозкові тяжі до 12%, а лімфатичні вузлики – всього 4.4–3.3% [36].

Висновки

Підколінні лімфатичні вузли кролів на момент народження гістологічно характеризуються мінімальними показниками строми та кіркової речовини, на відміну від мозкової. У 10-добових кроленят в підколінному лімфатичному вузлі спостерігається розвиток стромальних компонентів на тлі розростання капсули і трабекул, також відмічено суттєве зменшення мозкових тяжів внаслідок інтенсивного розвитку одиниць глибокої кори. У кірковій речовині з'являються ознаки її функціональної спеціалізації, відмічається початок формування одиниць глибокої кори, у вигляді ущільненого скупчення овальної форми. Гомогенна мозкова речовина починає диференціювання на мозкові тяжі. У 20-добовому віці у підколінному лімфатичному вузлі кролів спостерігається подальший розвиток сполучнотканинного остова органа за рахунок потовщення капсули і трабекул. В кірковій речовині ближче до периферії починають формуватися поодинокі, округлі лімфатичні вузлики, які не мають вираженого світлого центру. Відмічається активний розвиток системи синусів порівняно з попередньою віковою групою. У підколінному лімфатичному вузлі 30-добових кроленят продовжується активне формування одиниць глибокої кори в паренхімі, вони розміщуються віддалено один від одного розмежовуючись капсулярними трабекулами, в один ряд вздовж підкапсулярного синуса. Збільшується кількість лімфатичних вузликів без світлих центрів. З 60-добового віку в підколінних лімфатичних вузлах кролів виявляються усі функціональні зони паренхіми. Відмічається активний розвиток одиниць глибокої кори, збільшення кількості лімфатичних вузликів без центрів розмноження на основі мозкових тяжів а також лімфатичних вузликів з чітко вираженими світлими центрами, що у невеликій кількості концентруються на периферії, та переважно наближені до капсули. Продовжується стрімкий розвиток системи синусів. У 3-місячному віці підколінні лімфатичні вузли кролів характеризуються досягненням максимальних значень відносної площі у більшості функціональних зонах кіркової речовини, на тлі її значного зменшення в мозкових тяжах.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

1. Drayton, D. L., Liao, S., Mounzer, R. H., & Ruddle, N. H. (2006). Lymphoid organ development: from ontogeny to neogenesis. *Nature Immunology*, 7 (4), 344–353. <https://doi.org/10.1038/ni.1330>
2. Dunne, A.-A., Plehn, S., Schulz, S., Levermann, A., Ramaswamy, A., Lippert, B. M., & Werner, J. A. (2003). Lymph node topography of the head and neck in New Zealand White rabbits. *Laboratory Animals*, 37 (1), 37–43. <https://doi.org/10.1258/002367703762226674>
3. Fares, M. A., Rahmoun, D. E., & Lieshchova, M. A. (2019). Anatomy of lymph nodes deep cortex in laboratory species. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7 (4), 251–256. <https://doi.org/10.32819/2019.74043>
4. Gavrilin, P. M., & Gibert, I. I. (2018). Peculiarities of the macro-microscopic structure of functional segments of lymphatic nodes parenchyma in meat-producing rabbits. *The Animal Biology*, 20 (3), 9–15. <https://doi.org/10.15407/animbiol20.03.009>
5. Gavrilin, P. N., Gavrilina, E. G., & Evert, V. V. (2017). Histoarchitectonics of the parenchyma of lymph nodes of mammals with different structure of intranodal lymphatic channel. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (3), 96–107. https://doi.org/10.15421/2017_55
6. Gavrilin, P. N., Gavrilina, O. G., & Kravtsova, M. V. (2017). The compartments of the parenchyma of the lymph nodes in newborn bull calves of domestic cattle (*Bos taurus*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (2), 169–178. <https://doi.org/10.15421/021727>
7. Gavrilin, P. N., Lieshchova, M. A., Gavrilina, O. G., & Boldyreva, T. F. (2018). Prenatal morphogenesis of compartments of the parenchyma of the lymph nodes of domestic cattle (*Bos taurus*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (1), 95–104. <https://doi.org/10.15421/021814>
8. Gavrilin, P. N., Prokushenkova, O. H., Masjuk, D. N., & Perepechaeva, N. H. (2013). Peculiarities of structural and functional organization of Domestic Bull's lymph nodes parenchyma (*Bos primigenius taurus* L.). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Universytetu Bioresursiv i Pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 188 (1), 92–101.
9. Gavrylin, P. M., & Gibert, I. I. (2016). Osoblyvosti topografii i makrostruktury osnovnykh limfatychnykh vuzliv u kroliiv miasnoho napriamku vykorystannia (kross Hyplus). *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekolohichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 4, 12–17. [in Ukrainian]
10. Gavrylin, P., Lieshchova, M., Rahmoun, D. E., & Benchadi, H. (2013). Features topography and macrostructure of lymph nodes in Camels (*Camelus dromedarius*). *Online Journal of Animal and Feed Research*, 3 (2), 106–110.
11. Goralskiy, L. P. (2003). Osoblivosti gistoarkhitektoniki imunnikh organiv silskogospodarskikh tvarin. *Veterinarna Meditsina Ukraini*, 2, 22–23. [in Ukrainian]
12. Horalski, L. P., Khomych, V. T., & Kononsky, A. I. (2019). *Histological techniques and morphological methods in normal and pathological conditions*. Zhitomir, Polissia [in Ukrainian]
13. Horalskiy, L., Dunaievska, O., Kolesnik, N., Sokulskyi, I., & Horalska, I. (2020). Cyto- and histometry of ruminantia's and horses mesenterial lymph nodes. *Scientific Horizons*, 92 (7), 26–31. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-92-7-26-31>
14. Houston, S. A., Cerovic, V., Thomson, C., Brewer, J., Mowat, A. M., & Milling, S. (2016). The lymph nodes draining the small intestine and colon are anatomically separate and immunologically distinct. *Mucosal Immunology*, 9 (2), 468–478. <https://doi.org/10.1038/mi.2015.77>
15. Ikomi, F., Kawai, Y., & Ohhashi, T. (2012). Recent advance in lymph dynamic analysis in lymphatics and lymph nodes. *Annals of Vascular Diseases*, 5 (3), 258–268. <https://doi.org/10.3400/avd.ra.12.00046>
16. Iwasaki, R., Mori, T., Ito, Y., Kawabe, M., Murakami, M., & Maruo, K. (2016). Computed tomographic evaluation of presumptively normal canine sternal lymph nodes. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 52 (6), 371–377. <https://doi.org/10.5326/jaaha-ms-6520>
17. Jeklova, E., Leva, L., & Faldyna, M. (2007). Lymphoid organ development in rabbits: Major lymphocyte subsets. *Developmental & Comparative Immunology*, 31 (6), 632–644. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2006.10.002>
18. Jia, L., Xie, Z., Zheng, J., Liu, L., He, Y., Liu, F., & He, Y. (2012). Morphological studies of lymphatic labyrinths in the rat mesenteric lymph node. *The Anatomical Record*, 295 (8), 1291–1301. Portico. <https://doi.org/10.1002/ar.22509>
19. Kelch, I. D., Bogle, G., Sands, G. B., Phillips, A. R. J., LeGrice, I. J., & Dunbar, P. R. (2019). High-resolution 3D imaging and topological mapping of the lymph node conduit system. *PLOS Biology*, 17 (12), e3000486. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000486>
20. Kravtsova, M. (2018). Macro- and microanatomical characteristics of lymph nodes of a domestic cattle in early post-natal ontogenesis. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 6(2), 85–91. Retrieved from: <https://bulletin-biosafety.com/index.php/journal/article/view/185>
21. Kravtsova, M. V., & Nikitina, M. O. (2021). Dynamics of the lymph nodes parenchyma relative volume of structural and functional zones in cattle (*Bos taurus*) in early postnatal ontogenesis. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9 (4), 167–172. <https://doi.org/10.32819/2021.94025>

22. Lieshchova, M. O. (2007). Features of the morphogenesis of bovine fetal lymphoid organs. *Extended abstract of candidate's thesis*. NAU, Kyiv.
23. Marsulov, A. A. (2011). Morphology of organs and tissues of the immune system in rabbits in an age aspect. *Extended abstract of candidate's thesis*. Bishkek.
24. Mebius, R. E. (2003). Organogenesis of lymphoid tissues. *Nature Reviews Immunology*, 3 (4), 292–303. <https://doi.org/10.1038/nri1054>
25. Palm, A.-K. E., Friedrich, H. C., & Kleinau, S. (2016). Nodal marginal zone B cells in mice: a novel subset with dormant self-reactivity. *Scientific Reports*, 6 (1). <https://doi.org/10.1038/srep27687>
26. Perepechaieva, N. H. (2014). Regularities of structural and functional specialization of lymph nodes in cattle in early postnatal ontogenesis. *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekologichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 2 (3), 17–25. [in Ukrainian]
27. Prokushenkova, E. G., & Chaban, P. V. (2014). Features of macro-microscopic structure of the parenchyma of the lymph nodes of sheep domestical. *Science and Technology Bulletin*, 2, 12–17.
28. Rahmoun, D. E., & Lieshchova, M. A. (2014). Immunohistochemical study of the lymph nodes of the one humped camel (*Camelus dromedarius*). *Naukovo-Tekhnichniy Biuletyn Naukovo-Doslidnoho Tsentru Biobezpeky ta Ekologichnoho Kontroliu Resursiv APK*, 2 (2), 24–28.
29. Rahmoun, D. E., Lieshchova, M. A., & Fares, M. A. (2020). Morphological and radiological study of lymph nodes in dromedaries in Algeria. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11 (2), 330–337. <https://doi.org/10.15421/022050>
30. Roozendaal, R., & Mebius, R. E. (2011). Stromal cell–immune cell interactions. *Annual Review of Immunology*, 29 (1), 23–43. <https://doi.org/10.1146/annurev-immunol-031210-101357>
31. Sainte-Marie, G. (2010). The lymph node revisited: development, morphology, functioning, and role in triggering primary immune responses. *The Anatomical Record*, 293 (2), 320–337. <https://doi.org/10.1002/ar.21051>
32. Șeicaru, A. (2016). Morphological and topographical particularities of some lymph nodes for house rabbit. *Lucrări Științifice USAMV-Iași Seria Medicină Veterinară*, 59 (1), 110–114. Retrieved from: <https://repository.iul.ro/xmlui/handle/20.500.12811/1524>
33. Sixt, M., Kanazawa, N., Selg, M., Samson, T., Roos, G., Reinhardt, D. P., Pabst, R., Lutz, M. B., & Sorokin, L. (2005). The conduit system transports soluble antigens from the afferent lymph to resident dendritic cells in the T cell area of the lymph node. *Immunity*, 22 (1), 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2004.11.013>
34. Tishkina, N. M., & Oliiar, A. V. (2011). Morfofunktsionalni osoblyvosti limfatychnykh vuzliv porosiat uprodovzh rannoho postnatalnoho period. *Naukovi Pratsi Poltavskoi Derzhavnoi Ahrarnoi Akademii. Seriya: Vetrynarna Medytsyna*, 3, 94–101. [in Ukrainian]
35. Tishkina, N. M. (2005). Zakonomirnosti strukturno-funktsionalnoi organizatsii parenhimi limfatichnih vuzliv u novonarodzenih porosyat. *Visnik Bilotserkivskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 33, 260–266. [in Ukrainian]
36. Vainahii, O. M. (1998). Perebudova strukturnykh komponentiv limfatychnykh vuzliv pry lokalnii dii chervonoho lazera. *Morfolohiia Praktychnii Vetrynarii Ta Medytsyni: Visnyk Bilotserkivskoho Derzhavnoho Ahrarnoho Universytetu*, 6 (2), 106–109. [in Ukrainian]
37. Willard-Mack, C. L. (2006). Normal structure, function, and histology of lymph nodes. *Toxicologic Pathology*, 34 (5), 409–424. <https://doi.org/10.1080/01926230600867727>
38. Zidan, M., & Pabst, R. (2012). Histological, histochemical and immunohistochemical study of the lymph nodes of the one humped camel (*Camelus dromedarius*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 145 (1–2), 191–198. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2011.11.004>

ORCID

I. Myroshnychenko 

<https://orcid.org/0000-0003-3816-7036>



2025 Myroshnychenko I. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.