Original researches

Morphological features of the lymphatic channel of lymph nodes of in Domestic Bull (*Bos taurus*)

P. M. Gavrilin, M. V. Kravtsova

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Received: 21 January 2020
Revised: 30 January 2020
Accepted: 26 February 2020

Dnipro State Agrarian and Economic University, Sergii Efremov Str., 25, Dnipro, 49600, Ukraine

Tel.: +38-099-706-58-57
E-mail: kravtsova.m.v@dsau.dp.ua

Cite this article: Gavrilin, P. M., & Kravtsova, M. V. (2020). Morphological features of the lymphatic channel of lymph nodes of in Domestic Bull (*Bos taurus*). *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 8(1), 9–12. doi: 10.32819/2020.81002

Abstract. The morphological features patterns of the extra-organ and intra-nodal lymphatic channel in the domestic bull's somatic lymph nodes were investigated. The method of indirect injection of lymphatic vessels a finely dispersed contrast mass (suspension of blue ink per 5 % solution (gel) gelatin) by interstitial administration was used. The distribution pattern of the contrast mass in the pre-nodal (afferent) lymphatic vessels, in the lymphatic intra-nodal collector and in the sinuses of the lymph nodes parenchyma was determined. It has been established that afferent lymphatic vessels on the surface of the lymph node capsule are divided into numerous branches that flow into the main lymphatic collector – the subcapsular sinus. The number of afferent lymphatic vessels branches corresponds to the number of the subunits of parenchyma's lobules, the number of which is characteristic of each individual lymph node. Externally the parenchyma's lobules in the lymph nodes of domestic bull are not visualized. In the middle of the lymph nodes parenchyma, its lymphoid lobules are bounded by large capsular trabeculae and peritrebecular sinuses. The parenchyma's sinuses of the somatic lymph nodes in domestic bull are developed to varying degrees. The maximum capacity is characteristic of peritrabecular sinuses, which are filled with contrast mass firstly, and the minimum capacity is for cortical intermediate sinuses, which leads to uneven intranodal lymphodynamics, or different speed of lymph distribution inside the lymph node parenchyma. As a consequence of the uneven lymph distribution in the lymph node parenchyma's sinuses is that antigen-presenting cells simultaneously «stimulate» different perisinusoidal sections of the parenchyma from the cortical plateau to the paracortical and medullary cords. The uneven intranodal lymphodynamics of the somatic lymph nodes' parenchyma in the domestic bull is probably the main reason for the mosaic histoarchitectonics of the organ lymphatic lobules parenchyma with multilevel localization of the lymph nodes. The dynamics of lymph distribution in the lymph nodes parenchyma of a domestic bull has been established, which determines the simultaneous flow of antigens and antigen-presenting cells into different zones of lobule parenchyma, that can be ensuring factor for more effective implementation of the immunobiological function of these organs.

Keywords: domestic bull; lymph nodes; lymphatic channel; main lymphatic collector; intranodal lymphatic vessels.

Особливості будови лімфатичного русла лімфатичних вузлів бика свійського (*Bos taurus*)

П. М. Гаврилін., М. В. Кравцова

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

Анотація. Досліджено закономірності будови позаорганного та внутрішньовузлового лімфатичного русла в соматичних лімфатичних вузлах бика свійського. Застосовували метод непрямой ін'єкції лімфатичних судин дрібнодисперсною контрастною масою (суспензія синьої туші на 5 % розчині (гелі) желатину) шляхом її інтерстиціального введення. Визначали характер розповсюдження контрастної маси в передвузлових (аферентних) лімфатичних судинах, у лімфатичному внутрішньовузловому колекторі та синусах паренхіми лімфатичних вузлів. Установлено, що аферентні лімфатичні судини на поверхні капсули вузлів поділяються на численні гілки, що впадають до основного лімфатичного колектора – субкапсулярного синуса. Кількість гілок аферентних лімфатичних судин відповідає кількості субодиниць часточок паренхіми, число яких характерне для кожного окремого лімфатичного вузла. Зовні часточки паренхіми в лімфатичних вузлах бика свійського не візуалізуються. Всередині паренхіми лімфатичних вузлів лімфоїдні часточки паренхіми обмежені великими капсулярними трабекулами та перитрабекулярними синусами. Синуси паренхіми в соматичних лімфатичних вузлах бика свійського розвинені в різній мірі. Максимальна ємність характерна для перитрабекулярних синусів, які заповнюються контрастною масою в першу чергу, а мінімальна – для кіркових проміжних синусів, що зумовлює нерівномірну внутрішньовузлову лімфодинаміку, або різну швидкість розповсюдження лімфи всередині паренхіми лімфатичних вузлів. Наслідком нерівномірного розповсюдження лімфи в синусах паренхіми лімфатичних вузлів стає те, що антигенпрезентуючі клітини одночасно «стимулюють» різні перисинусоїдальні ділянки паренхіми від кіркового плато до паракортикальних і мозкових тяжів. Нерівномірність внутрішньовузлової лімфодинаміки в паренхімі соматичних ліфатичних вузлів бика свійського являє собою, ймовірно, основну причину мозаїчної гістоархітеконики лімфатичних часточок паренхіми органів із різномірною локалізацією лімфатичних вузлів. Установлено динаміку розповсюдження лімфи в паренхімі лімфатичних вузлів бика свійського, що зумовлює одночасне надходження

антигенів і антигенпрезентуючих клітин у різні зони паренхіми часточок і може бути фактором забезпечення більш ефективної реалізації імунобіологічної функції цих органів.

Ключові слова: бик свійський; лімфатичні вузли; лімфатичне русло; основний лімфатичний колектор; внутрішньовузлові лімфатичні судини.

Вступ

Наразі відомо, що будова лімфатичного русла в лімфатичних вузлах ссавців безпосередньо залежить від типу та характеру розташування основного внутрішньовузлового лімфатичного колектора (Gavrilin et al., 2017a). Найбільш розповсюджений тип лімфатичного колектора у ссавців – це субкапсулярний синус, що виконує функцію основної накопичувально-розподільної ланки в системі внутрішньовузлової лімфодинаміки (Sainte-Marie, 2010; Gavrilin & Kolesnik, 2019). За даними Willard-Mack (2006); Platt & Randolph (2013); Shipman et al. (2017), саме внутрішньовузлові лімфатичні колектори містять найбільшу кількість антигенпрезентуючих клітин, що поступово потрапляють в синуси вузлів, стимулюють проліферативні процеси у спеціалізованих клітинних зонах паренхіми органів, внаслідок чого формується її специфічна гістоархітектоніка.

Дослідженням лімфатичних вузлів людини та лабораторних тварин, що мають розвинені субкапсулярні лімфатичні колектори, встановлено, що паренхіма вузлів має поширено-дискретну структуру та складається з окремих часточок, розташованих в один ряд уздовж відповідного колектора (Belisle & Sainte-Marie, 1981; Gavrilin et al., 2017a; Fares et al., 2019). При цьому основа кожної часточки – це центральна зона одиниці глибокої кори, де відбувається клональна антигензалежна проліферація Т-лімфоцитів, з боку лімфатичного колектора та зовнішніх (бічних) поверхонь одиниць глибокої кори розташовані низькоспеціалізовані зони транзиту лімфоцитів – кіркові плато та паракортикальні тяжі. В основі транзитних зон диференціюються ділянки клональної проліферації В-лімфоцитів, або лімфатичні вузлики. Знизу від одиниць глибокої кори локалізовані численні мозкові тяжі, або зони концентрації плазматичних клітин і синтезу антитіл (Gretz et al., 1997; Willard-Mack, 2006).

У той же час існують повідомлення, що у парнокопитних ссавців, а саме в бика свійського лімфоїдні часточки вздовж крайового синуса можуть бути розташовані в декілька шарів (Gavrilin et al., 2017b). Цей феномен може бути зумовлений наявністю певних особливостей будови в цього виду тварин як окремо основного лімфатичного колектора, так і внутрішньовузлового лімфатичного русла лімфатичних вузлів у цілому. Остаточне з'ясування цього питання неможливе без дослідження особливостей внутрішньовузлової лімфодинаміки в лімфатичних вузлах бика свійського із застосуванням комплексу морфологічних методів.

Мета досліджень – встановити особливості будови лімфатичних колекторів у лімфатичних вузлах бика свійського, закономірностей внутрішньовузлової лімфодинаміки та розповсюдження лімфи в системі кіркових і мозкових лімфатичних синусів.

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проведене на кафедрі нормальної і патологічної анатомії сільськогосподарських тварин та в лабораторії гістології, імунотоксикології та патоморфології Науково-дослідного центру біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Вивчали трупи телят 10–30-добового віку, загальною кількістю 6 голів.

Для встановлення особливостей будови внутрішньовузлового лімфатичного колектора та характеру внутрішньоорганної динаміки в паренхімі лімфатичних вузлів проводили непрямую інтерстиціальну ін'єкцію дрібнодисперсною контрастною масою (суспензією синьої туші на 5 % розчині желатинового гелю) окремих соматичних вузлів (Gavrilin & Kolesnik, 2019).

Досліджували лімфопостачання та внутрішньовузлову лімфодинаміку нижньощелепних, заглоткових латеральних, поверхневих шийних, підколінних лімфатичних вузлів і лімфатичних вузлів колінної складки.

Суміш туші та желатини вводили інтерстиціально в підшкірну клітковину в ділянці складок шкіри голови й м'якуші пальців грудної та тазової кінцівок. Препарували передвузлові лімфатичні судини, спостерігали динаміку розповсюдження контрастної маси всередині паренхіми лімфатичних вузлів на їх розрізах і на через різні проміжки часу, від потрапляння контрастної маси до аферентних лімфатичних судин, до крайового синуса, кіркових і мозкових синусів до її візуалізації в еферентних лімфатичних судинах. Процес уведення та розповсюдження контрастної маси знімали за допомогою цифрової фотокамери.

Результати дослідження

Макроскопічними дослідженнями встановлено, що лімфатичні вузли телят зовні мають відносно рівномірну гладку поверхню, без ознак розподілу на окремі субодиниці. Аферентні лімфатичні судини, кількість яких у досліджених вузлах змінюється від 3 до 5, залежно від розмірів відповідних органів, перед впадінням у крайові синуси вузлів поділяються на численні гілочки, що утворюють на зовнішній поверхні органів сітчасті структури.

Під час уведення контрастна маса спочатку з'являється в аферентних лімфатичних судинах та їх численних гілках на верхній капсулі вузлів.

На другому етапі контрастна маса заповнює крайовий синус. Цей процес змінюється від локального до тотального заповнення. Спочатку маса концентрується біля устя аферентної лімфатичної судини та розповсюджується всередину вузла по великих перитрабекулярних синусах. У результаті зовнішня поверхня вузла спочатку набуває плямистого вигляду, а потім ці плями зливаються в суцільний шар, що відповідає межах крайового синуса вузлів.

Плямистість поверхні лімфатичних вузлів краще виражена в лімфатичних вузлах, що мають великі капсулярні трабекули, розташовані між капсулою вузлів та їх ворітним потовщенням (нижньощелепний лімфатичний вузол, лімфатичний вузол колінної складки).

На третьому етапі контрастні маси проникають безпосередньо в кіркові синуси паренхіми вузлів, потім у мозкові синуси та ворітний синус. На сегментарному розрізі паренхіма вузлів набуває тотального синього кольору. При цьому частина контрастної маси обминає паренхіму вузлів і переходить із кіркового до ворітного синуса завдяки відсутності чіткої межі між ними. Після цього контрастна маса з'являється в еферентних лімфатичних судинах, кількість яких у досліджених вузлах не перевищує 3–4 одиниці. Вони, як правило, розташовані в складі судинно-нервових пучків (артерія, нерв, вена, еферентна лімфатична судина).

Рис.1. Аферентна лімфатична судина (1) нижньощелепного лімфатичного вузла (2)

Рис. 2. Аферентні лімфатичні судини (1) поверхневого шийного лімфатичного вузла (гілочки субкапсулярного синусу, який заповнений контрастною масою) (2)

Обговорення

Результати наших досліджень свідчать, що лімфатичні вузли бика свійського, як і відповідні органи інших видів ссавців, мають дискретну будову та складаються з окремих субодиниць або часточок (Gretz et al., 1997; Willard-Mack, 2006; Konenkov et al., 2008; Sainte-Marie, 2010). Для часточок лімфатичних вузлів бика свійського характерний дуже виражений ступінь зрощення, тому зовні межі між часточками не виявляються, але на повздовжніх розрізах вузлів вони візуалізуються більш чітко, обмежуючись сильно розвиненими капсулярними трабекулами, що супроводжуються широкими перитрабекулярними синусами, які безпосередньо подовжуються в мозкові синуси вузлів. У результаті аферентні лімфатичні судини на зовнішній поверхні

капсули вузлів поділяються на численні гілочки, кожна з яких відповідає окремій субодиниці вузлів. У літературі наявні повідомлення, що кількість субодиниць (часточок) у лімфатичних вузлах і кількість гілочок аферентних лімфатичних судин строго координовані, а кожна група часточок «контролює» лімфу у певній, чітко вираженій ділянці органів і тканин (Nikander et al., 1991; Vyrenkov et al., 1995; Jia et al., 2012).

Як ми встановили, контрастна маса спочатку концентрується в крайовому синусі або основному лімфатичному колекторі вузлів, але це відбувається не рівномірно. Це зумовлено тим, що деяка частина контрастної маси розповсюджується по синусах уздовж великих капсулярних трабекул, а інша частина переходить до ворітного синусу, обминаючи синуси паренхіми вузлів. Унаслідок цього можна передбачити, що антигени або

Рис. 3. Заглотковий латеральний лімфатичний вузол (1), еферентна лімфатична судина (2)

Рис. 4. Аферентні лімфатичні судини (1), лімфатичного вузла колінної складки (2).

макрофаги (вуалеподібні клітини) розповсюджуються у паренхімі вузлів із різною «швидкістю». По-перше, частина з них обминає паренхіму і потрапляє безпосередньо до ворітного синуса та еферентних лімфатичних судин, по-друге, інша частина прискореним шляхом евакуюється до глибокої кори вузлів і мозкової речовини, контактуючи відповідно з перитрабекулярними та мозковими синусами. По-третє, певна частина лімфи потрапляє всередину паренхіми через кіркові проміжні синуси до мозкових синусів. Існують повідомлення, що в умовах надмірної антигенної стимуляції та розвитку реактивної гіперплазії паренхіми лімфатичних вузлів ємність внутрішньовузлового лімфатичного русла суттєво зменшується, відповідно сполучення між крайовим і ворітним синусом або різко обмежується, або стає взагалі неможливим (Sapin, 2006).

Ця концепція узгоджується із результатами дослідження гістоархітекtonіки лімфатичних часточок у паренхімі лімфатичних вузлів бика свійського (Gavrilin et al., 2017b). Установлено, що у цього виду тварин більшість лімфатичних вузликів або реактивних В-залежних структур формується на основі кіркового плато, що безпосередньо «контактує» з лімфатичною цистерною. При цьому деяка частина вузликів виявляється в паракортикальних тяжках на бічних поверхнях одиниць глибокої кори, особливо вздовж перитрабекулярних синусів. Окремі вузлики в умовах надмірної антигенної стимуляції формуються також на основі мозкових тяжів, що найбільш характерно для вісцеральних лімфатичних вузлів (Törö, & Csaba, 1970).

У цілому, нерівномірна динаміка розповсюдження лімфи в лімфатичних вузлах бика свійського в напрямку лімфатичного колектора до устя еферентних лімфатичних судин визначає специфічну мозаїчну гістоархітекtonіку лімфатичних часточок паренхіми, а одночасне потрапляння антигенів та антигенпрезентуючих клітин у різні зони паренхіми часточок може сприяти більш ефективній реалізації імунобіологічної функції цих органів.

Висновки

Основний внутрішньовузловий колектор лімфи в лімфатичних вузлах бика свійського – це підкапсулярний або крайовий синус, в який входять численні гілочки аферентних лімфатичних судин відповідно до кількості субодиниць (часточок) паренхіми вузлів.

Ємність окремих синусів усередині паренхіми лімфатичних вузлів має значний ступінь варіабельності, що впливає на швидкість і рівномірність розповсюдження лімфи всередині паренхіми органів.

Найбільш активно лімфа з основного колектора евакуюється по перитрабекулярних лімфатичних синусах безпосередньо до мозкової речовини та відповідних синусів вузлів, а найменш активно – по кіркових, проміжних синусах через центральні ділянки паракортексу, або одиниць глибокої кори.

Нерівномірна внутрішньовузлова лімфодинаміка в лімфатичних вузлах бика свійського, ймовірно, становить основну причину формування їх мозаїчної гістоархітекtonіки з різномірною локалізацією лімфатичних вузликів від кіркового плато і периферичних зон одиниць глибокої кори до мозкових тяжів паренхіми вузлів.

Подальші дослідження, будови спрямовані на з'ясування особливостей дискретної (часточкової) структури паренхіми вузлів бика свійського в лімфатичних вузлах різних груп (соматичних та вісцеральних) та, залежно від характеру внутрішньовузлової лімфодинаміки, у вузлах різної локалізації.

References

- Belisle, C., & Sainte-Marie, G. (1981). Tradimensional study of the deep cortex of the rat lymph node. III. Morphology of the deep cortex units. *The Anatomical Record*, 199(2), 213–226.
- Fares, M. A., Rahmoun, D. E., & Lieschova, M. A. (2019). Anatomy of lymph nodes deep cortex in laboratory spices. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(4), 251–256.
- Gavrilin, P. M., & Kolesnyk, A. O. (2019). Lymphatic supply and architectonics of intranodal lymphatic channel of lymph nodes of domestic pig. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 7(3), 158–162.
- Gavrilin, P. N., Gavrilina, E. G., & Evert, V. V. (2017a). Histoarchitectonics of the parenchyma of lymph nodes of mammals this different structure of intranodal lymphatic channel. *Ukraine Journal of Ecology*, 7 (3), 96–107.
- Gavrilin, P. N., Gavrilina, O. G., & Kravtsova, M. V. (2017b). The compartments of the parenchyma of the lymph nodes in the newborn bull calves of domestic cattle (*Bos taurus*). *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(2), 169–178.
- Gretz, J. E., Anderson, A. O., & Shaw, S. (1997). Cords, channels, corridors and conduits: critical architectural elements facilitating cell interactions in the lymph node cortex. *Immunological Reviews*, 156(1), 11–24.
- 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, 1291–1301.
- Konenkov, V. I., Shkyrat, G. A., & Kolesnikov, A. P. (2008). Limfaticheksij uzal: Morfofunkcional'naja harakteristika i mezhhkletechnaja kooperacija [Lymph node: Morphofunctional characteristic and intercellular cooperation]. *Vestnik Limfologii*, 4, 35–43 (in Russian).
- Nicander, L., Nafstad, P., Landsverk, T., & Engebretsen, R. H. (1991). A study of modified lymphatics in the deep cortex of ruminant lymph nodes. *Journal of Anatomy*, 178, 203–212.
- Platt, A. M., & Randolph, G. J. (2013). Dendritic cell migration through the lymphatic vasculature to lymph nodes. *Advances in Immunology*, 51–68.
- Sainte-Marie, G. (2010). The lymph node revisited: Development, morphology, functioning, and role in triggering primary immune responses. *Anatomical Record*, 293(2), 32–37.
- Sapin, M. R. (2006). Osobennosti immunnogo otveta pri razlichnykh vnechnich vozdeistviyah [Features of the immune response under various external influences]. *Morphology*, 129(4), 109–110 (in Russian).
- Shipman, W. D., Dasoveanu, D. C., & Lu, T. T. (2017). Tertiary lymphoid organs in systemic autoimmune diseases: Pathogenic or protective? *F1000Res.*, 28(6), 1–7.
- Törö, Y., & Csaba, J. (1970). Az ember normalis es pathologies fejlodese [The human pathologies and normal development]. Budapest (in Hungarian).
- Vyrenkov, Y. E., Shishlo, V. K., Antropova, J. G., & Ryzhova, A. V. (1995). Sovremennye dannye o strukturno-funkcional'noj organizacii limfaticeskogo uzla [Modern data on the structural and functional organization of the lymph node]. *Morphology*, 103(3), 34–40 (in Russian).
- Willard-Mack, C. L. (2006). Normal structure, function, and histology of lymph nodes. *Toxicologic Pathology*, 34(5), 409–424.