

В. М. Петренко

## О КОНСТИТУЦИИ ИММУННОЙ (ЛИМФОИДНОЙ) СИСТЕМЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Сегодня исследования в области иммунитета проводятся обычно на уровне клеток и их взаимодействий: лимфоидные образования состоят из лимфоцитов, которые определяют функции иммунных структур. Анатомия иммунного процесса рассматривается в составе лимфатической системы, которая включает не только лимфатические сосуды и узлы, но и все лимфоидные образования, в том числе тимус. В последние полвека к проблеме иммунитета приковано большое внимание. Поэтому был внесен новый раздел в Международную анатомическую терминологию – «лимфоидная система», а раздел «лимфатическая система» отсутствует. Согласно «компромиссной» точке зрения, лимфатическая система является и частью сосудистой системы, и частью иммунного аппарата. Автор решил описать конституцию иммунной (лимфоидной) системы, играющей ведущую роль в организации иммунитета.

*Результаты.* К лимфоидной системе относят и лимфоидные органы, первичные и вторичные, и просто скопления лимфоидных клеток. Лимфоциты перемещаются между лимфоидными органами и прочими тканями по кровеносным сосудам. Среди них артерии оказываются самыми устойчивыми, поскольку обладают более толстыми и плотными стенками. Поэтому они составляют осевой скелет для формирования тела, а лимфоузлы размещаются вокруг артерий и функционируют в связи с ними.

*Выводы.* Общее устройство (конституция) иммунной (лимфоидной) системы, предопределяющее выполнение ею своей специфической функции, состоит в тесной связи лимфоидных структур с кровеносными сосудами. По их замкнутой, круговой цепи происходит (ре)циркуляция лимфоцитов. С момента закладки лимфоидные образования размещаются вокруг и вдоль аорты и ее ветвей, а также в связи с венами и лимфатическими сосудами. Последние могут служить не только дренажом лимфоидных образований, но и источником (афферентные сосуды при их наличии) поступления в лимфоидные образования антигенов.

**Ключевые слова:** лимфоциты, кровеносные сосуды, лимфоидная система, конституция.

V. M. Petrenko

## ON THE CONSTITUTION OF IMMUNE (LIMPHOID) SYSTEM (LITERATURE REVIEW)

### Abstract.

*Background.* Today, research in the field of immunity is usually carried out at the level of cells and their interactions: lymphoid formations consist of lymphocytes,

which determine the functions of immune structures. The anatomy of the immune process is considered as part of the lymphatic system, which includes not only the lymphatic vessels and nodes, and all lymphoid formations, including the thymus. In the last half a century, much attention has been focused on the problem of immunity. Therefore, a new section was introduced in the international anatomical terminology – "lymphoid system", and the section "lymphatic system" is missing. According to the "compromise" point of view, the lymphatic system is part of the vascular system, and part of the immune system. I decided to describe the constitution of the immune (lymphoid) system, which plays a leading role in the organization of immunity.

*Results.* To the lymphoid system include and lymphoid organs, primary and secondary, and just a cluster of lymphoid cells. Lymphocytes move between lymphoid organs and other tissues through blood vessels. Among them, the arteries are the most stable, because they have thicker and denser walls. Therefore, they make up the axial skeleton to form the body, and the lymph nodes are placed around the arteries and function in connection with them.

*Conclusions.* The general structure (constitution) of the immune (lymphoid) system, which predetermines the performance of its specific function, is based on the close connection of lymphoid structures with blood vessels. By their closed, circular chain occurs (re)circulation of lymphocytes. From the moment of anlage, lymphoid formations are placed around and along the aorta and its branches, as well as in connection with veins and lymphatic vessels. The latter can serve not only as a drainage of lymphoid formations, but also as a source (afferent vessels in their presence) of antigens in them.

**Keywords:** lymphocytes, blood vessels, lymphoid system, constitution.

Представления о сущности иммунитета в современном понимании этого слова возникло совсем недавно, в прошлом столетии, хотя проблема защиты организма от разных инфекций занимала людей тысячелетиями. Сегодня исследования в области иммунитета проводятся обычно на уровне клеток и их взаимодействий: лимфоидные образования состоят из лимфоцитов, они определяют функции иммунных структур [1–17]. Длительное время анатомия иммунного процесса рассматривалась в составе лимфатической системы, которая включает не только лимфатические сосуды и узлы [18, 19], но и все лимфоидные образования, в том числе тимус [8]. Действительно, уже в раннем периоде у эмбриона человека лимфатическое русло местами окружается лимфоидной тканью, которая может очищать лимфу от антигенов, хотя основное его назначение состоит в дополнительном к венам дренировании интенсивно растущих органов [20–23]. В последние полвека к проблеме иммунитета приковано большое внимание. Поэтому в Международную анатомическую терминологию был внесен новый раздел – «лимфоидная система» [24], а раздел «лимфатическая система» в ней отсутствует. По этому вопросу существует «компромиссная» точка зрения [25]: лимфатическую систему относят к обеим системам – и к сосудистой, и к иммунной. Однако лимфатическая система – самостоятельная анатомическая система, которая активно участвует в организации иммунитета в составе функциональной иммунопротективной системы, ее ядром является лимфоидно-лимфатический аппарат [26–30]. Лимфатическая система имеет особое, сегментированное устройство [31], обеспечивающее энергией организацию лимфоотока из органов. Лимфоидная ткань в стенках лимфатического русла встречается непостоянно как

на протяжении русла данного организма в сформированном состоянии, так и на протяжении его онтогенеза, тем более в эволюции, у позвоночных разных классов. Лимфоидная ткань может определяться вне связи с лимфатическим руслом, но пронизана кровеносными сосудами всегда [1, 9, 10, 12, 16].

Рассмотрим конституцию иммунной (лимфоидной) системы человека, т.е. ее общее устройство, обеспечивающее выполнение ею специфической функции.

Сегодня лимфоидную систему описывают по-разному: или лимфатические сосуды всего лишь приносят лимфу в лимфоузлы для очистки [9], или лимфоидные образования входят в состав лимфатической системы [6]. Такую лимфатическую систему дополнили разными компонентами и обозначили как «протективная система» [32]. В любом случае это не анатомическая система, играющая базовую, ключевую роль в организации иммунитета. Таковой является лимфоидная система с лимфоцитами, циркулирующими по кровеносным сосудам; лимфоидная ткань состоит из ретикулярной ткани – вида соединительной ткани, характерного для органов кроветворения и иммунопоэза, и расположенных в ее петлях клеток лимфоидного ряда [33–36]. Иммунная система во взаимодействии с другими системами обеспечивает специфический антигенно-структурный гомеостаз внутренней среды организма, для обозначения его эффекторного компонента употребляется понятие «иммунная система» [33]. Еще академик Р. В. Петров писал: «Иммунная система – это совокупность всех лимфоидных органов и скоплений лимфоидных клеток тела. Лимфоидная система организма представляет собой морфологический синоним иммунной системы». М. Р. Сапин и Л. Е. Этинген добавляли, что в паренхиме иммунных органов происходят размножение, созревание и дифференцировка клеток лимфоидного ряда. Иммунология как наука, которая началась с открытий Луи Пастера и работ И. И. Мечникова, поначалу развивалась как инфекционная патология. В 50–70-е гг. прошлого века значительных успехов добилась теоретическая и клиническая иммунология. Было начато целенаправленное исследование иммунных органов и структур, появился термин «иммунная система». Ее центральной фигурой всегда рассматривался лимфоцит. Скопления различных лимфоидных клеток вплоть до образования лимфоидных органов составляют самостоятельную анатомическую систему, иммунную. Поэтому ее морфологическим синонимом стал термин «лимфоидная система». Она осуществляет иммунную защиту организма на разных уровнях его устройства:

- 1) ткани и оболочки органов – в связи с лимфоидными элементами (состав тканевой жидкости и периферической лимфы);
- 2) органы – лимфоузлы и селезенка (состав внеорганный лимфы и крови);
- 3) системы органов – красный костный мозг и тимус (клеточный состав периферических или вторичных лимфоидных органов).

Лимфоидная система, таким образом, привлекает к себе на помощь разные ткани, что позволяет ей дополнительно мобилизовать факторы неспецифической иммунной защиты внутренней среды организма. Изучение организации и управления иммунной системы требует качественно нового уровня обобщения с переходом от эмпирического терминологического аппарата к теоретическому. Предметом теоретических исследований должны стать абстрактные модели, отражающие наиболее общие процессы, лишенные спе-

цифики какого-либо организма. Только в этом случае удастся создать интегральные модели, которые можно совершенствовать по мере накопления различных знаний – эволюционных, морфо-физиологических, клинических, генетических, молекулярно-биологических [33].

В России в конце минувшего столетия представления о конкретных анатомических основах иммунитета развивались в нескольких направлениях, но в связи с уже имевшимися ранее воззрениями. Представления, так или иначе подобные концепциям Ю. И. Бородина и В. И. Коненкова [3, 8, 32] о строении лимфатической системы с лимфоидными органами в составе, а позднее, на этой базе – о протективной системе, были распространены в первой половине прошлого века [18]. Теперь произошел известный «переворот»: лимфоидная (иммунная) система включает лимфатические пути, которые обслуживают ее [6, 36]. Инициатором такого кардинального пересмотра анатомии иммунитета в России стал М. Р. Сапин [9], который исходил из зарубежных концепций, тех разработок, которые легли в основу новой Международной анатомической терминологии с ее новым разделом – «Лимфоидная система» [24].

Сегодня к лимфоидной системе относят и лимфоидные органы, первичные и вторичные, и просто скопления лимфоидных клеток [5, 6]:

1) лимфоидная система рассматривается как функциональная система своих элементов [6, 7];

2) лимфоидная система функционально связывает иммунологию и лимфологию, разные учения с разными объектами исследования – клеточные реакции иммунитета и лимфатический дренаж [3, 8].

В любом случае лимфоидная система рассматривается в функциональном аспекте, хотя является морфологическим объектом исследований. То есть структурный (для формирования анатомической системы) и генетический (для выяснения ее происхождения), компоненты в указанных определениях лимфоидной системы отсутствуют или представлены неточно, неверно [28].

Для иммунной системы очень важны взаимосвязи с другими системами организма, на которые в своей работе опирается система лимфоцитарного иммунитета. Рабочее состояние лимфоцитов – постоянное движение. Они интенсивно перемещаются между разными органами и тканями по сосудам. Механизм миграции лимфоцитов определяют специфические взаимодействия конкретных молекул на мембранах лимфоцитов и клеток эндотелия стенки сосудов. В результате каждый орган обладает специфичным спектром лимфоцитов и их клеток-партнеров по иммунному ответу [10]. О важной роли циркуляции клеток крови в организации иммунной защиты организма писали и ранее [33]. Считаю, что (ре)циркуляция лимфоцитов по круговой системе кровеносных сосудов лежит в основе организации лимфоидной системы [28, 29]. Лимфатическое русло и тканевые каналы дососудистой циркуляции дополняют венозную часть кровеносного русла в отводе тканевой жидкости, не попавшей в венозное русло, а в ее составе – крупнодисперсных частиц и клеток, в том числе опухолевых. Поэтому множественные лимфоузлы с их синусами и лимфоидной тканью входят в состав обеих систем – и лимфатической (механическая очистка и депонирование лимфы), и лимфоидной (специфическая очистка лимфы, иммуногенез). Более того, именно комплекс этих

систем находится в основе организации иммунитета человека. Объединение лимфатического русла (транспорт лимфы с антигенами) и разных образований лимфоидной ткани (скоплений иммуноцитов) приводит к возникновению лимфоидно-лимфатических структур как в составе различных органов (например, лимфоидных бляшек), так и в качестве самостоятельных органов (лимфоузлов). В фундаментальных работах последние описаны в связи с кровеносными сосудами [19, 35, 36], по которым и циркулируют лимфоциты. На этой топографо-анатомической связи основана классификация лимфоузлов и представления о фрагментарном строении нервной и сосудистой систем [37]. Такую пространственную взаимосвязь лимфоузлов с кровеносными сосудами можно объяснить механикой закладки лимфоузлов: в просвет лимфатических сосудов и мешков, значительно расширяющихся под давлением лимфы из интенсивно растущих органов зародыша, инвагинируют кровеносные сосуды; вокруг них скапливаются лимфоциты [20, 21]. Среди кровеносных сосудов артерии самые устойчивые, поскольку обладают более толстыми и плотными стенками [22, 27]. Поэтому именно они составляют осевой скелет для формирования тела [38, 39], а лимфоузлы размещаются вокруг артерий и функционируют в связи с ними по модели противоточной (лимфо)гемодинамической системы [23]. Артерии отличает значительная изменчивость [40], хотя гораздо меньшая, чем у вен и лимфатической системы, что позволяет рассматривать типовую анатомию артерий – рассыпной, магистральной и переходный типы их строения у человека [41]. По этой причине разработку конституции лимфоидной системы и ее типов следует вести с учетом ее периартериальной организации.

Системо-органная база иммунитета состоит в сопряжении лимфатической и лимфоидной систем рыхлой соединительной тканью, которая находится между лимфатическими и кровеносными сосудами. Таким образом формируется функциональный анастомоз единой циркуляционной системы индивида. Такие сосудистые комплексы возникают под давлением соседних органов или иных образований, сближающихся в процессе интенсивного роста органов. Местами анастомотическая соединительная ткань преобразуется в лимфоидную ткань (лимфоидные узелки и бляшки, лимфоузлы) после осаждения в первой из них антигенов при торможении лимфотока (кровотока).

В последние годы множатся публикации о молекулярных основах общей регуляции разных процессов, протекающих в лимфоидной и лимфатической системах, в лимфоцитах и эндотелиоцитах [42–49]. Тем самым накапливаются качественно новые данные, подтверждающие тесную связь указанных систем в процессе организации иммунитета. Иначе говоря, на самых разных уровнях устройства индивида определяется структурно-функциональная взаимосвязь лимфоидной и лимфатической систем, что очень важно для иммуногенеза в условиях нормы и при патологии. Так, например, при лимфедеме обнаружены изменения реактивности разных лимфоцитов и макрофагов, нарушаются пролиферация, дифференциация и миграция лимфоцитов [50].

Итак, общее устройство (конституция) иммунной (лимфоидной) системы, предопределяющее выполнение ею своей специфической функции, основано на тесной связи лимфоидных структур с кровеносными сосудами. По их замкнутой, круговой цепи происходит (ре)циркуляция лимфоцитов – ключевой, основополагающий, системообразующий процесс в организации имму-

нитета. Следовательно круговая система кровеносных сосудов является базовой структурой в морфологии лимфоидной (иммунной) системы. С момента закладки лимфоидные образования размещаются вокруг и вдоль аорты и ее ветвей, а также в связи с венами и лимфатическими сосудами. Последние могут служить не только дополнительным дренажом лимфоидных образований, но и источником (афферентные сосуды при их наличии) поступления антигенов в них. Кровеносное русло объединяет лимфоидные образования структурно и функционально в единую анатомическую систему. А лимфатическое русло дренирует лимфоидные образования, как и другие части тела, но в ряде случаев еще приносит в них лимфу для очистки. Таким образом, лимфатическое русло является непостоянным, вспомогательным компонентом лимфоидной системы.

Лимфатическая и кровеносная системы связаны двояко у человека и высших позвоночных животных:

1) системы формируют единое сосудистое русло для дренажа органов, в том числе иммунных, но двухсекционное – вены и коллатеральные им лимфатические сосуды, с разной пропускной способностью их стенок. Большая пропускная способность лимфатических капилляров и посткапилляров облегчает поступление в их просвет из окружения макромолекул и клеток, например опухолевых;

2) системы формируют также функциональные анастомозы (интерстициальные каналы соединительной ткани, промежуточной между лимфатическими сосудами и венами), которые играют важную роль в организации лимфоидных органов, в том числе иммунопоза, обеспечивая возможность трансфузионного лимфо- и кровотока, а следовательно – межсосудистого движения не только жидкости, вместе с нею антигенов разного вида и клеток крови.

Классическое представление о строении лимфатической системы (лимфатические сосуды и узлы) пришло в противоречие с видением новой анатомической системы – лимфоидной: лимфоидная ткань оказалась не только в составе одноименной системы, но и лимфатической. Но с таким же успехом можно пенять на лимфоидную систему: не сможет функционировать она без сосудов, прежде всего кровеносных, которые являются каналами циркуляции лимфоцитов. Иначе говоря, для выполнения своей специфической функции и лимфатической, и лимфоидной системам оказывается недостаточно иметь в своем составе базовые структуры – сосудистые трубки или лимфоциты. Но это не ново в устройстве мира, в том числе живого: их подразделение на части не абсолютно, границы всегда условны, всегда можно найти зоны перекрытия, совместного пользования и т.п.

#### ***Библиографический список***

1. **Абелев, Г. И.** Основы иммунитета / Г. И. Абелев // Соросовский Образовательный журнал. – 1996. – № 5. – С. 4–10.
2. **Беловешкин, А. Г.** Морфогенез эпителиальных клеток телец Гассала тимуса человека / А. Г. Беловешкин // Медицинский журнал. – 2012. – № 2. – С. 19–22.
3. **Бородин, Ю. И.** Лимфология как наука. Институт лимфологии / Ю. И. Бородин // Лимфология: от фундаментальных исследований к медицинским технологиям. – Новосибирск, 2016. – С. 5–12.

4. **Власов, В. А.** Морфометрические исследования зон брыжеечных лимфатических узлов в антенатальный период развития / В. А. Власов. – 2012. – URL: [http://www.rusnauka.com/3/3\\_ANR\\_2012/Medecine/8\\_100040.doc.htm](http://www.rusnauka.com/3/3_ANR_2012/Medecine/8_100040.doc.htm)
5. **Карпочева, И. Г.** Анатомо-функциональная характеристика лимфоидной системы и ее становление в пренатальном онтогенезе / И. Г. Карпочева, Э. Н. Галеева // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 2. – С. 83.
6. **Козлов, В. И.** Анатомия лимфоидной системы и путей оттока лимфы : учеб. пособие / В. И. Козлов, И. Л. Кривский. – Москва : Изд-во РУДН, 2005. – 56 с.
7. **Козлова, А. Н.** Гемопоз и его регуляция : учеб. пособие для студентов мед. вузов / А. Н. Козлова, А. А. Стадников, В. В. Солодовников. – Оренбург : Изд-во ОрГМА, 2010. – 110 с.
8. **Коненков, В. И.** Протективная система в поддержании постоянства внутренней среды организма / В. И. Коненков // Фундаментальные проблемы лимфологии и клеточной биологии : материалы X Междунар. конф. – Новосибирск, 2011. – С. 169–172.
9. **Сапин, М. Р.** Лимфатическая система и ее роль в иммунных процессах / М. Р. Сапин // Морфология. – 2007. – Т. 131, № 1. – С. 18–22.
10. **Хайтов, Р. М.** Иммунология : учебник / Р. М. Хайтов. – 3-е изд. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 496 с.
11. **Ярилин, А. А.** Онтогенез лимфоидных органов. Роль межклеточных взаимодействий / А. А. Ярилин // Российский иммунологический журнал. – 2012. – Т. 6 (14), № 2 (1). – С. 14–16.
12. **Burmester, G.-R.** Color atlas of Immunology / G.-R. Burmester, A. Pezzutto. – Stuttgart ; New York : Thieme, 2003. – 320 p.
13. **Ivarsson, M. A.** Differentiation and functional regulation of human fetal NK cells / M. A. Ivarsson // J. Clin. Invest. – 2013. – Vol. 123, iss. 9. – P. 3889–3901.
14. **Manley, N. R.** Transcriptional regulation of thymus organogenesis and thymic epithelial cell differentiation / N. R. Manley, B. G. Condie // Progress in Molecular Biology and Translational Science. – 2010. – Vol. 92. – P. 103–120.
15. **Mouri, Y.** Lymphotoxin signal promotes thymic organogenesis by eliciting RANK expression in the embryonic thymic stroma / Y. Mouri // Journal of immunology. – 2011. – Vol. 186, iss. 9. – P. 5047–5057.
16. **Rabson, A.** Really essential medical immunology / A. Rabson, I. M. Roitt, P. J. Delves. – 2th ed. – Oxford : Blackwell Publishing Lid., 2005. – 320 p.
17. **Ben-Hur, H.** Secretory immune system in human embryonic and fetal development: Joining chain and immunoglobulin transport (Review) / H. Ben-Hur // International Journal Molecular Medicine. – 2004. – Vol. 14, № 1. – P. 35–42.
18. **Жданов, Д. А.** Функциональная анатомия лимфатической системы / Д. А. Жданов. – Горький : Горьковский медицинский институт, 1940. – Вып. 9. – 375 с.
19. **Жданов, Д. А.** Общая анатомия и физиология лимфатической системы / Д. А. Жданов. – Ленинград : Медгиз, 1952. – 336 с.
20. **Петренко, В. М.** Ранние этапы внутриутробного развития поджелудочно-двенадцатиперстных лимфоузлов у человека / В. М. Петренко // Лимфатический узел. – Ленинград : Тр. ЛСГМИ, 1987. – С. 31–34.
21. **Петренко, В. М.** Закладка лимфатического русла двенадцатиперстной кишки: морфологические предпосылки, структура и значение / В. М. Петренко // Архив анатомии. – 1989. – Т. 96, № 3. – С. 56–61.
22. **Петренко, В. М.** Лимфоток и развитие лимфатических узлов у плодов человека / В. М. Петренко // Морфология. – 1997. – Т. 112, № 5. – С. 55–58.
23. **Петренко, В. М.** Развитие лимфангиона у плодов человека / В. М. Петренко // Морфология. – 1997. – Т. 112, № 6. – С. 41–44.

24. Международная анатомическая терминология (с офиц. списком русских эквивалентов) / под ред. Л. Л. Колесникова. – Москва : Медицина, 2003. – 424 с.
25. **Földi, M.** Lehrbuch der Lymphologie / M. Földi, S. Kubik. – Stuttgart ; Jena ; New York : Gustav Fischer Verlag, 1991. – 225 s.
26. **Петренко, В. М.** Функциональная анатомия лимфатической системы: современные представления и направления исследований / В. М. Петренко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 12. – С. 94–97.
27. **Петренко, В. М.** Квазисегментарное устройство тела человека / В. М. Петренко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-1. – С. 59–62.
28. **Петренко, В. М.** Иммунотективная система и ее устройство / В. М. Петренко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8-3. – С. 67–70.
29. **Петренко, В. М.** Каузальная механика морфогенеза лимфоидно-лимфатического аппарата / В. М. Петренко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9-2. – С. 78–81.
30. **Петренко, В. М.** Гомеостаз индивида: лимфатическая и лимфоидная системы / В. М. Петренко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8-1. – С. 46–51.
31. **Petrenko, V. M.** Constitution of the lymphatic system / V. M. Petrenko // Internat. Journ. Biomed. – 2012. – Vol. 2, № 4. – P. 304–305.
32. **Коненков, В. И.** Лимфология / В. И. Коненков, Ю. И. Бородин, М. С. Любарский. – Новосибирск : Манускрипт, 2012. – 1104 с.
33. **Лозовой, В. П.** Структурно-функциональная организация иммунной системы / В. П. Лозовой, С. М. Шергин. – Новосибирск : Наука СО, 1981. – 226 с.
34. **Петренко, В. М.** Как устроена жизнь? Анатомия поиска / В. М. Петренко. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 113 с.
35. **Сапин, М. Р.** Внеорганные пути транспорта лимфы / М. Р. Сапин, Э. И. Борзяк. – Москва : Медицина, 1982. – 264 с.
36. **Сапин, М. Р.** Иммунная система человека / М. Р. Сапин, Л. Е. Этинген. – Москва : Медицина, 1996. – 304 с.
37. **Огнев, Б. В.** Морфологическая и функциональная взаимосвязь кровеносной и лимфатической системы / Б. В. Огнев // Нарушение крово- и лимфообращения в проблеме хронической венозной недостаточности нижних конечностей. – Москва, 1970. – С. 4–10.
38. **Петренко, В. М.** Общее устройство человека и его становление / В. М. Петренко // Национальная ассоциация ученых. – 2015. – № 5-4. – С. 71–74.
39. **Петренко, В. М.** Артерии в управлении органогенезом / В. М. Петренко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2017. – № 3 (43). – С. 129–138.
40. **Кованов, А. А.** Хирургическая анатомия артерий человека / А. А. Кованов, Т. И. Аникина. – Москва : Медицина, 1974. – 360 с.
41. **Шевкуненко, В. Н.** Типовая анатомия человека / В. Н. Шевкуненко, А. М. Геселевич. – Ленинград ; Москва : ОГИЗ : Гос. изд-во биол. и мед. лит-ры, 1935. – 232 с.
42. DPP-4 inhibitors repress NLRP3 inflammasome and interleukin-1 beta via GLP-1 receptor in macrophages through protein kinase C pathway / Y. Dai, D. Dai, X. Wang et al. // *Cardiovasc. Drugs. Ther.* – 2014. – Vol. 28, № 5. – P. 425–432.
43. **Grandal, M. V.** Epidermal growth factor receptor and cancer: control of ontogenic signaling by endocytosis / M. V. Grandal, I. H. Madhus // *J. Cell. Mol. Med.* – 2008. – Vol. 12, № 5A. – P. 1527–1534.

44. **Gratzinger, D.** Microvessel Density and Expression of Vascular Endothelial Growth Factor and Its Receptors in Diffuse Large B-Cell Lymphoma Subtypes / D. Gratzinger, S. Zhao, R. J. Marinelli et al. // *Am. J. Pathol.* – 2007. – Vol. 170. – P. 1362–1369.
45. Matrix metalloproteinase circulating levels, genetic polymorphisms, and susceptibility to acute myocardial infarction among patients with coronary artery disease / M. A. Hlatky, E. Ashley, T. Quertermous et al. // *Am. Heart. J.* – 2007. – № 154. – P. 1043–1051.
46. Newly identified biologically active and proteolysis-resistant VEGF-A isoform VEGF111 is induced by genotoxic agents / P. Mineur, A. C. Colige, C. F. Deroanne et al. // *J. Cell. Biol.* – 2007. – Vol. 179, № 6. – P. 1261–1273.
47. **Shin, J. W.** Lymphatic specific expression of dipeptidyl peptidase IV and its dual role in lymphatic endothelial function / J. W. Shin, G. Jurisic, M. Detmar // *Exp. Cell. Res.* – 2008. – Vol. 314, № 16. – P. 3048–3056.
48. A molecular mimic demonstrates that phosphorylated human prolactin is a potent anti-angiogenic hormone / E. Ueda, U. Ozerdem, Y. H. Chen et al. // *Endocr. Relat. Cancer.* – 2006. – Vol. 13, № 1. – P. 95–111.
49. Responsiveness to anti-tumor necrosis factor therapy is related to pre-treatment tissue inflammation levels in rheumatoid arthritis patients / T. C. Van der Pouw Kraan, C. A. Wijbrandts, L. G. Van Baarsen et al. // *Ann. Rheum. Dis.* – 2008. – Vol. 67. – P. 563–566
50. **Olszewski, W. L.** The pathophysiology of lymphedema / W. L. Olszewski // *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* – 2012. – Vol. 44, № 6. – P. 322–328.

### References

1. Abelev G. I. *Sorosovskiy Obrazovatel'nyy zhurnal* [Sorov Educational Journal]. 1996, no. 5, pp. 4–10. [In Russian]
2. Beloveshkin A. G. *Meditinskiy zhurnal* [Medical journal]. 2012, no. 2, pp. 19–22. [In Russian]
3. Borodin Yu. I. *Limfologiya: ot fundamental'nykh issledovaniy k meditsinskim tekhnologiyam* [Lymphology: from basic research to medical technologies]. Novosibirsk, 2016, pp. 5–12. [In Russian]
4. Vlasov V. A. *Morfometricheskie issledovaniya zon bryzhechnykh limfaticeskikh uzlov v antenatal'nyy period razvitiya* [Morphometric study of mesenteric lymph nodes in the antenatal development period]. 2012. Available at: [http://www.rusnauka.com/3/3\\_ANR\\_2012/Medecine/8\\_100040.doc.htm](http://www.rusnauka.com/3/3_ANR_2012/Medecine/8_100040.doc.htm) [In Russian]
5. Karpocheva I. G., Galeeva E. N. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2017, no. 2, p. 83. [In Russian]
6. Kozlov V. I., Krivskiy I. L. *Anatomiya limfoidnoy sistemy i putey ottoka limfy: ucheb. posobie* [Anatomy of the lymphoid system and lymph outflow tracts: teaching aid]. Moscow: Izd-vo RUDN, 2005, 56 p. [In Russian]
7. Kozlova A. N., Stadnikov A. A., Solodovnikov V. V. *Gemopoez i ego regulyatsiya: ucheb. posobie dlya studentov med. vuzov* [Hemopoiesis and its regulation: tutorial for medical university students]. Orenburg: Izd-vo OrGMA, 2010, 110 p. [In Russian]
8. Konenkov V. I. *Fundamental'nye problemy limfologii i kletchnoy biologii: materialy X Mezhdunar. konf.* [Fundamental problems of lymphology and cellular biology: proceedings of X International conference]. Novosibirsk, 2011, pp. 169–172. [In Russian]
9. Sapin M. R. *Morfologiya* [Morphology]. 2007, vol. 131, no. 1, pp. 18–22. [In Russian]
10. Khaitov R. M. *Immunologiya: uchebnik* [Immunology: textbook]. 3rd ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2016, 496 p. [In Russian]
11. Yarilin A. A. *Rossiyskiy immunologicheskiy zhurnal* [Russian immunological journal]. 2012, vol. 6 (14), no. 2 (1), pp. 14–16. [In Russian]

12. Burmester G.-R., Pezzutto A. *Color atlas of Immunology*. Stuttgart; New York: Thieme, 2003, 320 p.
13. Ivarsson M. A. *J. Clin. Invest.* 2013, vol. 123, iss. 9, pp. 3889–3901.
14. Manley N. R., Condie B. G. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*. 2010, vol. 92, pp. 103–120.
15. Mouri Y. *Journal of immunology*. 2011, vol. 186, iss. 9, pp. 5047–5057.
16. Rabson A., Roitt I. M., Delves P. J. *Really essential medical immunology*. 2th ed. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2005, 320 p.
17. Ben-Hur H. *International Journal Molecular Medicine*. 2004, vol. 14, no. 1, pp. 35–42.
18. Zhdanov D. A. *Funktsional'naya anatomiya limfaticheskoy sistemy* [Functional anatomy of the lymphatic system]. Gorkiy: Gor'kovskiy meditsinskiy institut, 1940, iss. 9, 375 p. [In Russian]
19. Zhdanov D. A. *Obshechaya anatomiya i fiziologiya limfaticheskoy sistemy* [General anatomy and physiology of the lymphatic system]. Leningrad: Medgiz, 1952, 336 p. [In Russian]
20. Petrenko V. M. *Limfaticheskiy uzel* [Lymph node]. Leningrad: Tr. LSGMI, 1987, pp. 31–34. [In Russian]
21. Petrenko V. M. *Arkhiv anatomii* [Anatomical archive]. 1989, vol. 96, no. 3, pp. 56–61. [In Russian]
22. Petrenko V. M. *Morfologiya* [Morphology]. 1997, vol. 112, no. 5, pp. 55–58. [In Russian]
23. Petrenko V. M. *Morfologiya* [Morphology]. 1997, vol. 112, no. 6, pp. 41–44. [In Russian]
24. *Mezhdunarodnaya anatomicheskaya terminologiya (s ofits. spiskom russkikh ekvivalentov)* [International anatomical terminology (with the official list of Russian equivalents)]. Ed. by L. L. Kolesnikov. Moscow: Meditsina, 2003, 424 p. [In Russian]
25. Földi M., Kubik S. *Lehrbuch der Lymphologie* [Textbook of lymphology]. Stuttgart; Jena; New York: Gustav Fischer Verlag, 1991, 225 p.
26. Petrenko V. M. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2013, no. 12, pp. 94–97. [In Russian]
27. Petrenko V. M. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2014, no. 8-1, pp. 59–62. [In Russian]
28. Petrenko V. M. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2014, no. 8-3, pp. 67–70. [In Russian]
29. Petrenko V. M. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2014, no. 9-2, pp. 78–81. [In Russian]
30. Petrenko V. M. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International journal of applied and fundamental research]. 2016, no. 8-1, pp. 46–51. [In Russian]
31. Petrenko V. M. *Internat. Journ. Biomed.* 2012, vol. 2, no. 4, pp. 304–305.
32. Konenkov V. I., Borodin Yu. I., Lyubarskiy M. S. *Limfologiya* [Lymphology]. Novosibirsk: Manuskript, 2012, 1104 p. [In Russian]
33. Lozovoy V. P., Shergin S. M. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya immunnoy sistemy* [Structural and functional organization of the immune system]. Novosibirsk: Nauka SO, 1981, 226 p. [In Russian]
34. Petrenko V. M. *Kak ustroena zhizn'? Anatomiya poiska* [How does life work? Anatomy of search]. Moscow; Berlin: Direkt-Media, 2018, 113 p. [In Russian]
35. Sapin M. R., Borzyak E. I. *Vneorgannye puti transporta limfy* [Non-organic lymph transporting paths]. Moscow: Meditsina, 1982, 264 p. [In Russian]

36. Sapin M. R., Etingen L. E. *Immunnaya sistema cheloveka* [Human immune system]. Moscow: Meditsina, 1996, 304 p. [In Russian]
37. Ognev B. V. *Narushenie krovo- i limfoobrashcheniya v probleme khronicheskoy venoznoy nedostatocnosti nizhnikh konechnostey* [Disturbed blood and lymph circulation in the problem of chronic venous insufficiency of lower limbs]. Moscow, 1970, pp. 4–10. [In Russian]
38. Petrenko V. M. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh* [National Association of Scientists]. 2015, no. 5-4, pp. 71–74. [In Russian]
39. Petrenko V. M. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki* [University proceedings. Volga region. Medical sciences]. 2017, no. 3 (43), pp. 129–138. [In Russian]
40. Kovanov A. A., Anikina T. I. *Khirurgicheskaya anatomiya arteriy cheloveka* [Surgical anatomy of human arteries]. Moscow: Meditsina, 1974, 360 p. [In Russian]
41. Shevkunenko V. N., Geselevich A. M. *Tipovaya anatomiya cheloveka* [Standard human anatomy]. Leningrad; Moscow: OGIZ: Gos. izd-vo biol. i med. lit-ry, 1935, 232 p. [In Russian]
42. Dai Y., Dai D., Wang X. et al. *Cardiovasc. Drugs. Ther.* 2014, vol. 28, no. 5, pp. 425–432.
43. Grandal M. V., Madshus I. H. *J. Cell. Mol. Med.* 2008, vol. 12, no. 5A, pp. 1527–1534.
44. Gratzinger D., Zhao S., Marinelli R. J. et al. *Am. J. Pathol.* 2007, vol. 170, pp. 1362–1369.
45. Hlatky M. A., Ashley E., Quertermous T. et al. *Am. Heart. J.* 2007, no. 154, pp. 1043–1051.
46. Mineur P., Colige A. C., Deroanne C. F. et al. *J. Cell. Biol.* 2007, vol. 179, no. 6, pp. 1261–1273.
47. Shin J. W., Jurisic G., Detmar M. *Exp. Cell. Res.* 2008, vol. 314, no. 16, pp. 3048–3056.
48. Ueda E., Ozerdem U., Chen Y. H. et al. *Endocr. Relat. Cancer.* 2006, vol. 13, no. 1, pp. 95–111.
49. Van der Pouw Kraan T. C., Wijbrandts C. A., Van Baarsen L. G. et al. *Ann. Rheum. Dis.* 2008, vol. 67, pp. 563–566.
50. Olszewski W. L. *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 2012, vol. 44, no. 6, pp. 322–328.

---

**Петренко Валерий Михайлович**

доктор медицинских наук, профессор,  
старший научный сотрудник,  
ООО «ОЛМЕ» (Россия, г. Санкт-  
Петербург, ул. 11-я Красноармейская, 13)

E-mail: deptanatomy@hotmail.com

**Petrenko Valeriy Mikhaylovich**

Doctor of medical sciences, professor,  
senior staff scientist, "OLME» LLC  
(13 11 Krasnoarmeyskaya street,  
St. Petersburg, Russia)

---

**Образец цитирования:**

Петренко, В. М. О конституции иммунной (лимфоидной) системы (обзор литературы) / В. М. Петренко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2019. – № 2 (50). – С. 89–99. – DOI 10.21685/2072-3032-2019-2-9.