

УДК 611.4

КАУЗАЛЬНАЯ МЕХАНИКА МОРФОГЕНЕЗА ЛИМФОИДНО-ЛИМФАТИЧЕСКОГО АППАРАТА

Петренко В.М.

Санкт-Петербург, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Лимфоидно-лимфатический аппарат как анатомическая основа иммунитета формируется в связи с органогенезом, путем многоэтапных изменений взаимоотношений лимфатических и кровеносных сосудов.

Ключевые слова: лимфатическая система, лимфоидная система, морфогенез

CAUSAL MECHANICS OF MORPHOGENESIS OF LYMPHOID-LYMPHATIC APPARATUS

Petrenko V.M.

St.-Petersburg, e-mail: deptanatomy@hotmail.com

Lymphoid-lymphatic apparatus as anatomical base of immunity forms in connection with organogenesis, by means of multi-staged changings of relations between lymphatic and blood vessels.

Keywords: lymphatic system, lymphoid system, morphogenesis

В обзорно-аналитических статьях [16, 18] я кратко изложил современные представления о функциональной анатомии лимфатической системы (ЛтСи) и ее роли в формировании анатомических основ иммунитета. Сегодня в России научные исследования по этой проблеме проводятся в двух направлениях: 1) функциональном – иммунная система М.Р.Сапина, частью которой является ЛтСи, и протективная система В.И.Коненкова, которая включает лимфоидные образования в составе ЛтСи; 2) морфофункциональном – это моя концепция о лимфоидно-лимфатическом аппарате, он формируется путем сопряжения лимфатического русла (ЛР) и кровеносного русла посредством рыхлой соединительной ткани, которая местами трансформируется в лимфоидную ткань, в т.ч. лимфоузлов (ЛУ). Но вот вопрос – каковы причины и механизмы такого сопряжения? Следует подчеркнуть: ЛУ рассматриваются как ключевые органы ЛтСи в составе и лимфоидной системы (ЛдСи) по М.Р.Сапину [21,22], и лимфатических регионов Ю.И.Бородин [1], и протективной системы [2, 3].

Я не рассматриваю ЛтСи как часть ЛдСи [21,22] или ЛдСи в составе ЛтСи [2,3]. Это 2 взаимосвязанных специализированных отдела сердечно-сосудистой системы [16-18]. В основе ЛдСи находятся кровеносные сосуды (КрС), пути (ре)циркуляции лимфоидных клеток, в основе ЛтСи – лимфатические сосуды (ЛС) как дополнительный к венам дренаж органов, в т.ч. путь оттока антигенов. Эти системы вместе образуют анатомический базис иммунитета – лим-

фоидно-лимфатический аппарат: микроЛС и микроКрС объединяются посредством интерстициальных каналов рыхлой соединительной ткани в единую циркуляционную систему организма, образуют так функциональный анастомоз в ЛУ, которые являются и лимфатическими, и лимфоидными органами.

Противоточная (лимфо-)гемодинамическая система

Модель противоточной (лимфо-)гемодинамической системы как основы развития и функционирования лимфоидных органов, в т.ч. в условиях эксперимента [4-6, 8, 10, 20, 23-25], была предложена мной в 90-е гг. минувшего столетия на примере ЛУ: по афферентным ЛС и синусам в паренхиме ЛУ поступают антигены, им навстречу движутся лимфоциты и макрофаги из КрС. В эмбриогенезе роль антигенов могут играть обломки клеток и межклеточных структур (дегенерация мезонефросов, распад межщелевых перегородок в лимфатических мешках и т.п.). Центральное положение в противоточной системе ЛУ занимают тканевые каналы стромы, по которым происходит трансфузионный лимфоток и где разворачиваются процессы иммунопоза. В вещество других лимфоидных органов антигены могут поступать по тканевым каналам или специальным микроКрС [10, 23, 24]. С момента закладки ЛУ происходит прогрессивная поляризация сосудистого русла ЛУ. Она состоит в противоположности: 1) афферентных ЛС (приток лимфы с периферии) и портальных артерий (приток

крови из центра); 2) лимфатических синусов и микроКрС вещества – наружная, лимфатическая и внутренняя, гемальная сосудистые петли. Это служит предпосылкой развития ЛУ как противоточной лимфогемодинамической системы [19].

ЛУ как результат коадаптации в органогенезе

Развитие органов может сопровождаться их взаимными приспособлениями в изменяющемся организме [14]. Коадаптации И.И. Шмальгаузена играют важную роль в эволюции и онтогенезе ЛтСи и сопряжены с развитием обслуживаемых ЛР органов [7, 9, 11, 12]. Коадаптация ЛР и кровеносного русла в процессе органогенеза происходит путем: 1) топографических (или организационных) координаций в эволюции, на основе эргонтических корреляций в онтогенезе; 2) затем динамических (конструктивных / морфофизиологических) координаций в эволюции на основе морфогенетических корреляций в онтогенезе. Эти процессы могут завершиться локальной интеграцией (кооперацией специализированных участков) ЛР и кровеносного русла с образованием ЛУ, лимфоидных бляшек и подобных им образований (комплексы микроКрС и микроЛС с лимфоидной тканью между ними). С момента закладки (инвагинации) КрС в просвет ЛС вместе с эндотелиальными стенками ЛС) ЛУ функционируют как противоточные лимфогемомикроциркуляторные системы. Закладка ЛУ представляет собой результат топографической координации, т.е. закономерных изменений пространственных соотношений соседних участков кровеносного русла и ЛР: интенсивный рост и гистогенез органов сопровождаются сильным расширением лимфатических коллекторов с эпиболией ими соседних КрС. Инвагинации последних тормозят прямой, но стимулируют трансфузионный лимфоток и, как следствие, преобразование межсосудистой соединительной ткани инвагинации в лимфоидную – стромального зачатка ЛУ в лимфоидный. Так происходят структурирование топографо-анатомической, пространственной связи ЛР с кровеносным руслом, ее преобразование в морфофизиологическую. Морфологическим субстратом топографических координаций (эргонтических корреляций) ЛР и кровеносного русла служат генеральные сегменты ЛтСи. Они включают собственные, межклапанные сегменты ЛР, в т.ч. ЛУ – лимфангионы лимфоидного типа как отражение локального усложнения межсосудистых координаций в эволюции и корреляций в онтогенезе, трансформирующего ЛР.

Морфогенез

лимфоидно-лимфатического аппарата как результат сопряжения ЛтСи и ЛдСи

ЛтСи и ЛдСи являются специализированными отделами единой сердечно-сосудистой системы. Они взаимосвязаны прежде всего в своих периферических частях [15-17]. В центре ЛтСи находятся ЛС, отводящие «избыточную» тканевую жидкость, не попавшую в кровеносное русло. В ЛдСи центральное положение занимают КрС, по ним совершается (ре)циркуляция лимфоцитов, органообразующий фактор ЛдСи. Лимфоциты обычно скапливаются в местах внедрения и на путях перемещения в организме генетически чужеродных тел. Антигены проникают прежде всего в тканевые каналы, лишенные собственной клеточной стенки, и лимфатические капилляры с их тонким эндотелием без базальной мембраны, т.е. в истоки и корни ЛР. Вокруг них формируются лимфоидные образования. Лимфатические пути и лимфоидные образования не исключают, а дополняют друг друга, кооперируются различным образом для обеспечения генотипического гомеостаза организма и составляют лимфоидно-лимфатический аппарат в составе сердечно-сосудистой системы. Главный фактор интеграции ЛтСи и ЛдСи – рыхлая соединительная ткань, генетически исходная для гладкомышечной (сосудистая стенка) и лимфоидной тканей, универсальный интегратор всех тканей и органов. Если в межорганных пространствах, в т.ч. между экстраорганными КрС и ЛС, соединительная ткань осуществляет функции механической скрепки (периадвентиций) и гуморальной связи (лимфоотток ↔ кровоток) отдельно, то в стенках органов эти процессы сливаются: в сети соединительнотканых волокон проходят тканевые каналы, лишенные собственных клеточных стенок. Они сопрягают микроЛС и микроКрС: волокна связывают стенки микрососудов, а тканевая жидкость – лимфу и красную кровь. Собственные сегменты ЛтСи входят в состав генеральных (общих с кровеносной системой) сегментов ЛтСи и корпоральных сегментов индивида при посредстве рыхлой соединительной ткани, которая местами трансформируется в лимфоидную ткань, в т.ч. ЛУ.

Лимфоидно-лимфатический аппарат как анатомическая основа иммунитета состоит в сопряжении КрС и ЛС посредством соединительной ткани. Эта связь является частью конституции ЛтСи [17]. В состав корпорального сегмента (участка тела индивида с соответствующими нервами и сосу-

дами) входит генеральный (периартериальный) сегмент ЛтСи – лимфатический путь, который совместно с КрС обслуживает корпоральный сегмент. Генеральный сегмент ЛтСи включает в себя цепь ее собственных (межклапанных) сегментов, непосредственно организующих лимфатический дренаж своего корпорального сегмента. Интеграция ЛтСи и ЛдСи происходит в их периферических отделах, на уровне генерального сегмента ЛтСи посредством межсосудистой рыхлой соединительной ткани (периадвентиции соседних сосудов). Ее тканевые каналы объединяют микроЛС и микроКрС в единую циркуляционную систему (функциональный анастомоз) [15,18]. В очагах сильного торможения прямого и развития трансфузионного лимфотока анастомотическая соединительная ткань преобразуется в лимфоидную ткань (лимфоидные узелки и бляшки, ЛУ) [13]. Морфологической предпосылкой такой трансформации служат интимные, микроанатомотопографические отношения ЛС и КрС. Они возникают, например, под давлением соседних органов (для ЛУ) или иных образований, сближающихся в процессе интенсивного роста. Функциональной предпосылкой лимфоидной трансформации служит осаждение антигенов в межсосудистой соединительной ткани комплексов при локальном торможении лимфотока.

Заключение

Физиология развития анатомической основы иммунитета проистекает из морфогенетических связей сосудов. Сосуды появляются, вторично изменяются вслед за преобразованиями обслуживаемых ими органов. ЛР возникает путем выключения из кровотока части первичных вен и образует коллатерали дефинитивных вен, сохраняющие более тонкие и проницаемые стенки, в т.ч. для антигенов. Их задерживают лимфоидные образования, окружающие ЛР, в т.ч. ЛУ. Все ЛУ возникают как комплексы ЛС и КрС в результате их множественного локального сопряжения [5,7,9,11,12], таким образом – ЛтСи и ЛдСи в целом на периферии (в сфере антигенной стимуляции) с образованием лимфоидно-лимфатического аппарата. Многоэтапный процесс морфогенеза ЛУ протекает в эволюции позвоночных и онтогенезе человека и млекопитающих животных в направлении: 1) от топографических координаций ЛС и КрС (морфогенез генеральных, т.е. периартериальных сегментов ЛтСи) и их эргонтических корреляций (наружная манжетка ЛР – экстравазальные факторы лимфотока) к 2) динамическим координациям и мор-

фогенетическим корреляциям (морфогенез комплексов ЛС и КрС с интимными анатомо-топографическими отношениями) вплоть до 2а) полного обособления и реорганизации таких гемолимфатических комплексов с образованием самостоятельных органов двойной принадлежности (ЛтСи / ЛдСи) путем трансформации межсосудистой соединительной ткани в лимфоидную ткань – например, стромальных зачатков ЛУ в лимфоидные (морфогенез лимфангионов лимфоидного типа – особых межклапанных сегментов ЛтСи). Развитие ЛУ тесно связано с региональным органогенезом, обусловлено: 1) интенсивным ростом окружающих органов, 1а) механическое давление которых приводит к сближению их экстраорганных сосудов и образованию гемолимфатических комплексов путем 1б) эпителии – окружения КрС расширяющимися ЛС, что вызвано нарастающим объемом дренажа из стенок интенсивно растущих и метаболизирующих органов; 2) преобразованиями окружающих органов и тканей, 2а) их иммунным давлением – отток с лимфой антигенов, образующихся в процессе деструкции клеток и тканей, 2б) что приводит к гистогенезу лимфоидной ткани в гемолимфатических комплексах, функционирующих по принципу противоточной лимфогемодинамической системы.

Список литературы

1. Бородин Ю.И. Регионарный лимфатический дренаж и лимфодетоксикация // Морфология. – 2005. – Т. 128. – № 4. – С. 25-28.
2. Коненков В.И., Прокофьев В.Ф., Шевченко А.В. и Зонина Е.В. Клеточная, сосудистая и экстрацеллюлярная составляющие лимфатической системы // Бюллетень СО РАМН. – 2008. – № 5 (133). – С. 7-13.
3. Коненков В.И., Бородин Ю.И. и Любарский М.С. Лимфология. – Новосибирск: изд-во «Манускрипт», 2012. – 1104 с.
4. Петренко В.М. Зональные особенности гистогенеза в лимфатическом узле // Актуал.вопросы проф-ки и леч-я наиболее распротр.забол-й. – СПб: изд-во СПбГМА, 1997. – С. 140-141.
5. Петренко В.М. Лимфоток и развитие лимфатических узлов у плодов человека // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 55-58.
6. Петренко В.М. Лимфатический узел: макромикроорганизация, ее физические основы и моделирование // Структурно-функциональные основы лимфатической системы. – СПб: Тр. СПбГМА, 1998. – Вып. 2. – С. 46-54.
7. Петренко В.М. Развитие лимфатической системы в пренатальном онтогенезе человека. – СПб: изд-во СПбГМА, 1998. – 364 с.
8. Петренко В.М. Межтканевые и межсосудистые взаимоотношения в основе иммуноморфогенеза и лимфотока // Иммуногенез и лимфоток. Стр.-функц. основы. Выпуск 2. – СПб: изд-во СПбГМА, 2001. – С. 101-107.
9. Петренко В.М. Эволюция и онтогенез лимфатической системы. Второе издание. – СПб: изд-во ДЕАН, 2003. – 336 с.

10. Петренко В.М. Имунные образования на путях лимфооттока из органов // Актуал.вопросы соврем.морфол-и и физиол-и. – СПб: изд-во ДЕАН, 2007. – С. 303-305.
11. Петренко В.М. О физиологии развития лимфатической системы // Успехи соврем.естеств-я. – 2010. – № 6. – С. 36-39.
12. Петренко В.М. Рекомбинационный морфогенез лимфатической системы в пренатальном онтогенезе человека // Успехи соврем.естеств-я. – 2011. – № 1. – с. 20-26.
13. Петренко В.М. Локальное торможение кровотока как предпосылка образования очагов кроветворения в онтогенезе человека // Успехи соврем. естеств-я. – 2011. – № 3. – С. 56-57.
14. Петренко В.М. Лимфатический узел как результат коадаптации в органогенезе // Успехи соврем.естеств-я. – 2012. – № 7. – С. 131.
15. Петренко В.М. Лимфоидно-лимфатический аппарат человека: Мат-лы Междунар.науч.конф-и «Образование и наука без границ – 2013». – Пржемышль: изд-во «Nauka i studia», 2013. – Т. 36. – С. 15-17. 16. Петренко В.М. Функциональная анатомия лимфатической системы: современные представления и направления исследований // Международ. журнал приклад. и фундамент.исслед-й. – 2013. – № 12. – С. 94-97.
17. Петренко В.М. Конституция лимфатической системы. – СПб: изд-во ДЕАН, 2014. – 60 с.
18. Петренко В.М. Иммунопротективная система и ее устройство // Международ.журнал приклад. и фундамент. исслед-й. – 2014. – № 8. – Ч. 3. – С. 67-70.
19. Петренко В.М. Лимфоузел как противочуждая лимфогемодинамическая система // Междунар.журнал экспер. образ-я. – 2014. – № 5. – Ч. 2. – С. 92.
20. Петренко В.М., Петренко Е.В. Компенсаторные реакции в лимфатических узлах после пренатального воздействия индометацина // Морфология. – 2001. – Т. 119. – № 1. – С. 37-40.
21. Сапин М.Р. Новый взгляд на лимфатическую систему и ее место в защитных функциях организма // Морфология. – 1997. – Т. 112. – № 5. – С. 84-87.
22. Сапин М.Р. Лимфатическая система и ее роль в иммунных процессах // Морфология. – 2007. – Т. 131. – № 1. – С. 18-22.
23. Petrenko V.M. Countrecurrent lymphhaemodynamic system of the respiratory paths lymphoid structures in the pathogeny of autoimmune process // Math VII Internat. Congr. Immunorehab (N.-Y., USA) // Internat.J.Immunorehab. – 2001. – Vol. 3. – No 1. – P. 68.
24. Petrenko V.M. Transmural migration of lymphocytes from special microvessels into marginal zones of splenic pulp in white rat // European Journal of natural history. – 2012. – N 5. – P. 41-42.
25. Petrenko V., Dmitrieva I., Petrenko E. et al. A comparative study of the usage of myramistin water solutions for the treatment of patients with chronic tonsillitis. In: Proceedings of V European Asthma Congress and I World Congress on COPD (Moscow, Russia, 2007). – MEDIMOND, International Proceedings. – P. 63-66.