

СТРУКТУРНЫЕ ОСНОВЫ АКТИВНОГО ЛИМФОТОКА В ГРУДНОМ ПРОТОКЕ БЕЛОЙ КРЫСЫ**Валерий Михайлович ПЕТРЕНКО***ГОУ ВПО Санкт-Петербургская государственная медицинская академия им. И.И. Мечникова, кафедра анатомии человека 195067, г. Санкт-Петербург, Пискаревский пр., 47*

Строение грудного протока и его лимфангионов у белой крысы менее разнообразно, чем у человека. Гладкие миоциты находятся главным образом в среднем слое мышечной манжетки лимфангионов, где имеют преимущественно циркулярную ориентацию. Описаны варианты строения лимфангионов с разной локализацией.

Ключевые слова: лимфоток, лимфангионы грудного протока.

Состояние вопроса

До сих пор продолжается спор о том, какова роль миоцитов в организации лимфооттока из органов [1-6], в том числе для транспорта лимфы в грудном протоке (ГП). В последние десятилетия мышечным структурам ГП придается в России решающее, если не исключительное значение под влиянием мнения профессоров Р.С. Орлова, А.В. Борисова и Р.П. Борисовой. Книга этих авторов «Лимфатические сосуды. Структура и механизмы сократительной активности» [7] положила начало широкому распространению в нашей стране концепции Е. Horstmann и Н. Mislin о лимфангионе как функциональной единице лимфатических сосудов: дистальный клапан ограничивает обратный лимфоток, а проксимальная мышечная манжетка подобно насосу проталкивает лимфу в следующий клапанный сегмент. В этой же книге было кратко описано строение стенки ГП белой крысы. По мнению А.В. Борисова, которому он не изменял почти 25 лет, миоциты сосредоточены в средней оболочке ГП крысы и ориентированы почти продольно. Это было удивительное сообщение, поскольку у человека и животных миоциты средней оболочки ГП обычно направлены поперечно или косопоперечно. Между тем, крыса является важным экспериментальным животным, которое используется также физиологами для изучения механизмов сократительной активности ГП. Следует заметить, что в 1980-1982 гг. Н.А. Ахметбаева с соавторами [7] описали 1-2 слоя миоцитов в стенке ГП белой крысы, которые располагаются более продольно, чем в ГП собаки, где миоциты ориентированы преимущественно поперечно. В 1989 году А.В. Борисов [8] указывает, что некоторые из миоцитов средней оболочки ГП крысы ориентированы почти поперечно (крутая спираль). В 2007 году он выделяет 1-2 мышечных слоя в стенке ГП крысы,

чаще всего их два: внутренний — пологоспиральный, наружный — крутоспиральный, но количественное соотношение миоцитов этих слоев, зависимость их строения от строения и локализации лимфангионов не указывает [1]. До сих пор в литературе отсутствуют работы с подробным описанием строения стенки ГП белой крысы на его протяжении. Данная статья написана с целью восполнить этот пробел и объяснить возникшее противоречие, уточнить структурные основы активного лимфотока в главном лимфатическом коллекторе белой крысы.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на 30 белых беспородных крысах 5-8 месяцев обоего пола, усыпленных парами хлороформа. Грудной проток выделяли без предварительной инъекции. А.В. Борисов [1] справедливо отмечает, что электронная микроскопия недостаточна для описания пространственного распределения миоцитов в стенке ГП. Для этого используется методика окрашенного тотального препарата лимфатических сосудов, которая разрабатывалась на кафедре анатомии человека ЛСГМИ/СПбГМА имени И.И. Мечникова много десятилетий, еще под руководством проф. В.Н. Надеждина [2]. У крысы стенка ГП столь тонкая, а миоциты столь мелкие, что их бывает трудно даже идентифицировать на обычных гистологических срезах, не говоря уже об определении направления и количества миоцитов. Электронная микроскопия решает проблему идентификации миоцитов и в какой-то мере — их преимущественного направления в том или ином мышечном слое, но не позволяет достоверно описать миоархитектонику ГП. Окрашенные тотальные препараты не всегда обеспечивают достоверную верификацию миоцитов. Поэтому работа проводилась с при-

влечением всех указанных методов исследования: 1) серийные поперечные и продольные парафиновые срезы толщиной 5-7 мкм окрашивали пикрофуксином по Ван Гизон и Вергеффу, азаном — по Гейденгайну, орсеином — по Унна-Тенцеру, импрегнировали азотно-кислым серебром по Бильшовскому-Грос; 2) электронная микроскопия (Hitachi H 300 при ускоряющем напряжении 80 кВ); 3) тотальные препараты окрашивали галлоцианин-хромовыми квасцами по Эйнарсону и бензидином на миоглобинпероксидазу, последняя методика позволяет подтвердить наличие миоцитов в толще стенки и на протяжении ГП [9]. Анализ многолетних исследований на нашей кафедре и собственных, в том числе, заставил: 1) отказаться от предварительной инъекции ГП, даже разбавленной, голубой массой Герота, ранее рекомендованной А.В. Борисовым; 2) продольно разрезать и затем распластывать окрашенный ГП на предметном стекле перед заключением в полистирол. Иначе даже стенки ГП крысы, гораздо более тонкие, чем у человека, плохо просвечиваются, что затрудняет изучение их строения и резко снижает достоверность получаемых результатов. Попытки увеличить просвечиваемость стенок ГП путем соскабливания адвентиции (наружной оболочки) приводят к повреждению мышечных слоев ГП. Именно так я объясняю парадоксальные данные А.В. Борисова о преимущественно продольной ориентации миоцитов в средней оболочке ГП белой крысы.

Результаты и их обсуждение

У крысы 1-3 ствола ГП всегда начинаются из цистерны, позади мощной правой поясничной ножки диафрагмы, где на уровне XIII-XII грудного позвонка определяется первый клапан ГП. Общее количество клапанов составляет 10-14 ($12,2 \pm 0,2$), но распределяются они неравномерно на протяжении ГП, разделяя его на межклапанные сегменты (или лимфангионы) разной длины. У крысы преобладают короткие (длиной до 4 мм) лимфангионы ($67,6 \pm 6,2\%$), средние (до 8 мм) и длинные лимфангионы встречаются гораздо реже — $18,1 \pm 3,8\%$ и $14,3 \pm 2,1\%$ случаев соответственно. При этом длинные лимфангионы занимают большую часть ($39,8 \pm 4,3\%$ длины) ГП крысы, почти такая же его часть ($37,3 \pm 4,9\%$ длины) приходится на короткие сегменты. Короткие лимфангионы обнаружены на всем протяжении ГП крысы, причем в своем большинстве ($51,7 \pm 9,2\%$) они сосредоточены в заднегрудном отделе ГП крысы, тогда как у человека половина их на-

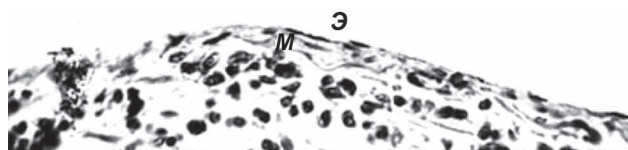


Рис. 1. Грудной проток крысы, поперечный срез:
Э — эндотелий;
М — мышечная оболочка. Пикрофуксин.
Увеличение 500.

ходится в верхнем отделе ГП [2]. Лимфангионы ГП крысы имеют чаще всего эллипсовидную форму ($87,9 \pm 3,5\%$) и гораздо реже — цилиндрическую.

Стенка ГП крысы, как и у человека, состоит из трех оболочек (рис. 1). На границе между ними наблюдается сгущение сети эластических волокон, а также их утолщение, главным образом — продольных. Такое сгущение, или внутренняя эластическая мембрана, продолжается в аксиальный сектор клапанной створки, где истончается, а в париетальном секторе не обнаружено. Наружная эластическая мембрана, прерывистая в ГП человека, только намечается в ГП крысы. Тонкий субэндотелиальный слой рыхлой соединительной ткани содержит сети тонких ретикулярных, коллагеновых и эластических волокон. В наружной оболочке преобладают складчатые пучки толстых коллагеновых волокон и толстые эластические волокна (косо)продольной ориентации.

Гладкие миоциты неравномерно распределяются на протяжении ГП крысы и в толще его стенки. Они постоянно и в наибольшем количестве ($54,3 \pm 2,5$) находятся в мышечных манжетках лимфангионов, в средней оболочке ($47,6 \pm 4,0$; $87,7\%$). Больше всего миоцитов обнаружено в мышечных манжетках заднегрудных лимфангионов ($59,0 \pm 3,8$; в основном слое — $56,0 \pm 2,7$), а меньше всего — в длинных среднегрудных лимфангионах ($49,0 \pm 7,2$ / $40,1 \pm 8,4$). Снижение плотности размещения миоцитов в стенке среднегрудной части ГП можно было бы объяснить влиянием экстравазальных факторов: дыхательные экскурсии стенок грудной полости способствуют продвижению лимфы в ортоградном направлении. Но это относится и к заднегрудному отделу ГП, где прямому лимфотоку способствуют сокращения мощной правой поясничной ножки диафрагмы. Возникающий в результате выброс лимфы из цистерны, очевидно, оказывает на стенки начального отрезка ГП очень большое давление. А миоциты способны не только к изометрическим сокращениям, ведущим к сужению просвета ГП, но также повышать тонус его стенок, их

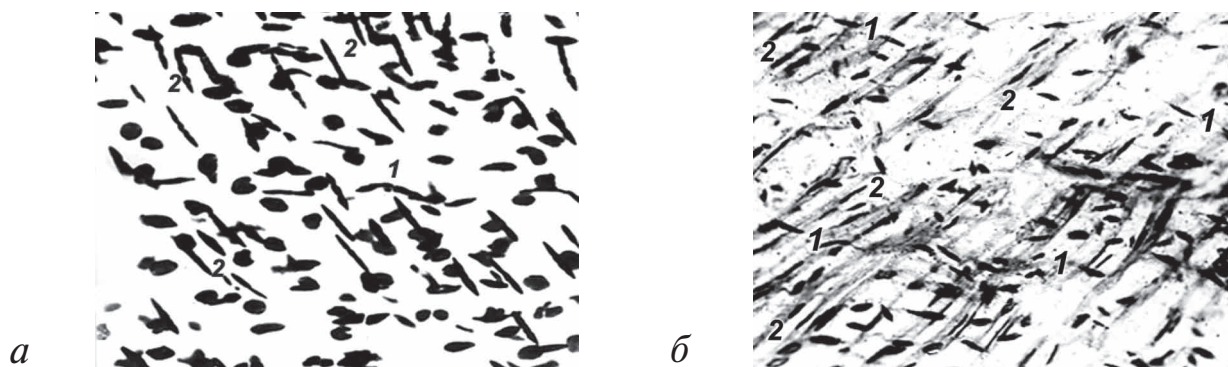


Рис. 2. Грудной проток крысы, тотальные препараты: а) 1 – продольный мышечный пучок; 2 – косопоперечные пучки миоцитов; б) подобный препарат, но прокрашена цитоплазма миоцитов. Галлоцианин. Увеличение 500.

прочность. Кроме того, при расслаблении поясничной ножки диафрагмы она растягивает цистерну ГП, что приводит к ускорению не только притока лимфы из поясничных и кишечных стволов в цистерну, но и ретроградного тока лимфы в начальном отрезке ГП. Именно так можно объяснить частое размещение клапанов над цистерной ГП у крысы, как и у человека [2]. Мышечные пучки из стенки ГП продолжают в его клапаны и при сокращении увеличивают прочность клапанных створок и их противодействие обратному лимфотoku.

Ориентация миоцитов и их пучков неодинакова как на протяжении ГП крысы и его лимфангионов, так и в толще их стенок, в разных оболочках (рис. 2). В непостоянных интимальном и (суб)адвентициальном мышечных слоях преобладает (косо)продольное направление клеток. Они формируют комиссуральные и клапанные пучки, соединяющие мышечную манжетку лимфангиона с его входным, дистальным, и выходным, проксимальным, клапанами, а также надклапанные, межлимфангионные пучки, которые напрямую соединяют мышечные манжетки соседних лимфангионов, что является структурной основой их группового сокращения.

В основном, постоянном мышечном слое миоциты средней оболочки ориентированы чаще (косо)поперечно, но с разной частотой встречаются также (косо)продольные и промежуточные (45°) мышечные пучки. Особенно хорошо такие пучки выражены в длинных лимфангионах. В их мышечных манжетках уменьшается содержание циркулярных миоцитов, часто отсутствуют интимальный и (суб)адвентициальный мышечные слои: комиссуральные и клапанные пучки миоцитов из интимы клапанных частей ГП переходят в среднюю обо-

лочку бесклапанных частей (мышечных манжеток лимфангионов); межлимфангионные пучки миоцитов поднимаются над плотным клапанным валиком в наружную оболочку. В начальном отделе ГП явно преобладают циркулярные мышечные пучки, которые должны ограничивать окружное расширение ГП и растяжение его стенок при мощных выбросах лимфы из цистерны. Мышечные пучки ветвятся, соединяются и пересекаются в разной степени, что обуславливает разветвленно-линейную и сетевидную миоархитектонику основного мышечного слоя ГП крысы, где миоциты располагаются плотно, зачастую в виде сплошного мышечного пласта. Для непостоянных интимального и (суб)адвентициального мышечных слоев более характерна линейная миоархитектоника. При оценке конструкции мышечного слоя по результатам изучения окрашенного тотального препарата следует помнить, что цитоплазма миоцитов не всегда хорошо окрашивается. Поэтому создается впечатление прерывистого размещения клеток (как пунктирные линии).

Для исследования контактов гладких миоцитов наиболее эффективна электронная микроскопия (рис. 3). Но для оценки их пространственного распределения необходимо использовать окрашенные тотальные препараты при условии, конечно, хорошего прокрашивания цитоплазмы. Электронная микроскопия подтверждает, что миоциты сосредоточены в средней оболочке ГП крысы, где имеют преимущественно (косо)поперечную ориентацию.

Клетки одного мышечного пучка чаще контактируют периферическими частями («конец-конец») путем наложения или стыка, клетки соседних пучков мышечного пласта (мышечная манжетка лимфангиона) – боковыми поверхностями центральных участков («тело-тело»), клетки прилегают друг к другу более или ме-



Рис. 3. Грудной проток крысы, электронограммы: Э — эндотелий; МО — мышечная оболочка; 1,2 — миомиоцитарный контакт по типу интердигитаций. Увеличение: а — 8500; б — 12700.

нее плотно своими мембранами или образуют навстречу друг другу короткие отростки разной формы. Чем выше плотность размещения и разнообразнее ориентация миоцитов в пределах одного слоя, тем разнообразнее по строению миомиоцитарные контакты. В основании клапана мышечные пучки пересекаются и переплетаются, чаще встречаются миомиоцитарные контакты по типу «конец-бок» и локальные усложнения их конфигурации в виде инвагинаций. В тонких стенках клапанных и аксиальных синусов мышечная сеть разрыхляется, а периферические части миоцитов удлиняются и сужаются относительно их тел, миомиоцитарные контакты по типу «конец в конец» и с помощью отростков встречаются все более часто. Между мышечными слоями часто обнаруживаются миомиоцитарные контакты с помощью отростков разных длины и формы. Это же относится к миоэндотелиальным контактам.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что у крысы морфология лимфангионов ГП менее разнообразна, чем у человека [2]. Возрастное удельное веса коротких и эллипсоидных лимфангионов в составе ГП крысы соответствует увеличению доли основного, глубокого среднего слоя миоцитов в составе мышечной манжетки лимфангионов, в котором превалирует (косо)поперечная ориентация миоцитов. Такая же зависимость между внешним и внутренним строением лимфангионов ГП обнаружена у человека [2]. Менее вариабельное строение начального отрезка ГП у крысы можно объяснить постоянством его цистерны. Самый стабильный среднегрудной отрезок ГП находится между грудной аортой и полунепарной веной у крысы (непарной веной — у человека), он содержит 2-3 длинных лимфангиона с наиболее простой конструкцией

мышечной манжетки. Представленные данные указывают на необходимость комплексных исследований и адресного использования каждой методики при изучении структурных основ активного лимфотока, а также совершенствования методики окрашенного тотального препарата лимфатического сосуда, которая эффективна при изучении строения лимфатических сосудов малых размеров с небольшой толщиной стенки (до 30-40 мкм).

Литература

1. Борисов А.В. Анатомия лимфангиона. Нальчик: «Полиграфсервис и Т», 2007. 296.
Borisov A.V. Anatomy of lymphangion. Nalchik: «Polygrafservice and T», 2007. 296.
2. Петренко В.М. Функциональная морфология лимфатических сосудов. СПб: изд-во ДЕАН, 2008. 400.
Petrenko V.M. Functional morphology of lymphatic vessels. St. Petersburg: DEAN publishers. 2008. 400.
3. Поташов Л.В., Бубнова Н.А., Орлов Р.С. и др. Хирургическая лимфология. СПб: изд-во ЛЭТИ, 2002. 270.
Potashov L.V., Bubnova N.A., Orlov P.S. et al. Surgical lymphology. St. Petersburg: LFTI publishers. 2002. 270.
4. McCloskey K.D., Hollywood M.A., Thornburg K.D., Ward S.M., Mc Hale N.G. Kit-like immunopositive cells in sheep mesenteric lymphatic vessels // Cell. Tissue Res. 2002. 310. 1: 77-84.
5. Gashev A.A., Davis M.L., Zaveja D.S. Inhibition of the active lymph pump by flow in rat mesenteric lymphatics and thoracic duct // J. Physiol. 2002. 540. 3: 1023-1037.
6. Гашев А.А., Завьея Д.С. Функциональная гетерогенность лимфатических сосудов // Тез. докл. II съезда лимфологов России. СПб: Изд-во СПбГУ, 2005. 80-83.
Gashev A.A., Zaveja D.S. Functional heterogeneity of lymphatic vessels // Abstracts of II Congress of Russian lymphologists. St. Petersburg: St. Petersburg state university publishers. 2005. 80-83.
7. Орлов Р.С., Борисов А.В., Борисова Р.П. Лимфатические сосуды. Структура и механизмы сократи-

тельной активности. Л.: Наука, 1983. 254.

Orlov P.S., Borisov A.V., Borisova R.P. Lymphatic vessels. The structure and mechanisms of contractive activity. Leningrad: Nauka publishers, 1983. 254.

8. *Аничков Н.М., Борисов А.В., Габуния У.А.* Лимфатические пути и метастазирование рака. Тбилиси: Мецниереба, 1989. 128.

Anichkov N.M., Borisov A.V., Gabunia U.A.

Lymphatic tract and cancer metastasiration. Tbilisi: Metsniereba publishers, 1989. 128.

9. *Петренко В.М.* Гистохимическая методика выявления миоцитов на тотальных препаратах лимфатических сосудов // *Морфология 2002.* 122. 4: 73-74.

Petrenko V.M. Hystochemical method of revealing myocytes on total lymphatic vessels preparations // *Morphology.* 2002. 122. 4: 73-74.

STRUCTURAL BASES OF ACTIVE LYMPH FLOW IN THE THORACIC DUCT OF THE WHITE RAT

Valeriy Mikhailovich PETRENKO

*Head of human anatomy department of St. Petersburg state medical academy named after I.I. Mechnikov
47, Piskarevskiy prospect, St. Petersburg, 195067*

Construction of the thoracic duct and its lymphangions in the white rat less varietyly than in the man. Smooth myocytes are mainly in the middle layer of the lymphangion muscle cuff and have mainly circular orientation. Varied construction of lymphangion with different localization are described in the article.

Key words: lymph flow, lymphangions of thoracic duct.

Petrenko V.M. — MD, professor. Head of human anatomy department, e-mail: anatomydept@mail.ru