

© Коллектив авторов, 2011
УДК 611.8:611.141:599.323.4

Е.И. Чумасов, П.А. Ворончихин и Д.Э. Коржевский

ИННЕРВАЦИЯ СЕРДЕЧНОЙ ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ЛЕГОЧНЫХ ВЕН КРЫСЫ

Лаборатория функциональной морфологии центральной и периферической нервной системы (зав. — д-р мед. наук Д.Э. Коржевский), отдел общей и частной морфологии, Научно-исследовательский институт экспериментальной медицины СЗО РАМН, Санкт-Петербург, e-mail: iemmorhol@yandex.ru

С помощью иммуногистохимического метода (реакция на синаптофизин), окраски толуидиным синим и гематоксилином исследована легочная вена (ЛВ) 16 взрослых крыс-самцов линии Вистар. Установлено, что стенка её интрапульмонального ствола имеет уникальное строение. Средняя оболочка представлена поперечнополосатой мышечной тканью, идентичной сердечной мышечной ткани миокарда задней стенки предсердия. Толщина мышечной оболочки возрастает по мере увеличения диаметра вен. Наиболее толстый слой миокардиальных волокон находится в устье основного ствола ЛВ, а самый тонкий — в боковых венах (диаметром 100–50 мкм), приносящих артериальную кровь из респираторного отдела доли легкого. На всем протяжении сердечные мышечные волокна богато иннервируются. Эфферентные синаптофизин-позитивные окончания терминального сплетения обнаружены в тесной связи с сердечными мышечными волокнами, капиллярами средней оболочки в области устья ЛВ и vasa vasorum адвентиции.

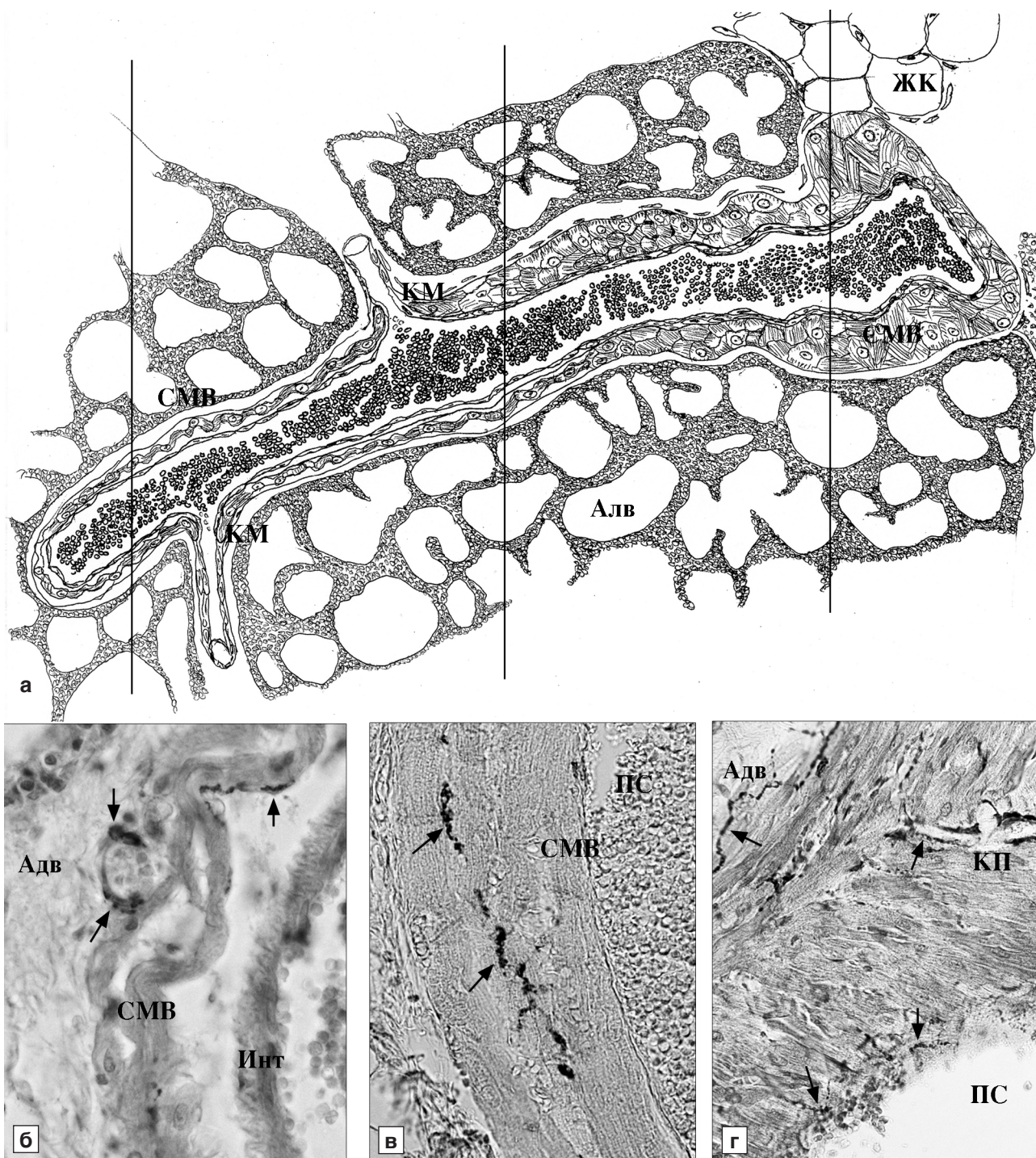
Ключевые слова: *сердечная мышечная ткань, легочная вена, иннервация, синаптофизин*

Поперечнополосатая мышечная ткань была впервые описана в стенке легочных вен (ЛВ) человека Г. Фаваро еще в 1910 г. Эта ткань, названная «пульмонарным миокардом», была найдена у большого числа видов животных, включая землеройку, мышь, крысу, хомячка, морскую свинку, оленя, собаку, птиц [5]. Ультраструктурный анализ показал, что эта мышечная ткань состоит из поперечнополосатых клеток, морфологически сходных с кардиомиоцитами (КМ) [1, 6]. Имеются данные, что ее клеточные элементы контактируют с холинергическими и адренергическими нервными волокнами и отвечают на электрические и фармакологические воздействия таким же образом, как и мышечная ткань предсердий [2, 6]. В миокарде морских свинок было зарегистрировано также наличие пейсмекерной электрической активности, аналогичной имеющейся в синусно-предсердном узле. Молекулярно-генетическими и иммуногистохимическими методами было подтверждено сходство поперечнополосатой мышечной ткани ЛВ именно с таковой миокарда предсердий. Несмотря на то, что в литературе постепенно накапливаются сведения об уникальности строения ЛВ, остаются недостаточно изученными межтканевые взаимоотношения в стенке этих сосудов в пределах доли легкого, а также их нервные аппараты.

Цель настоящей работы — изучить особенности гистологического строения стенки ЛВ и ее иннервацию.

Материал и методы. Исследование проведено на 16 половозрелых крысах-самцах линии Вистар. Содержание и умерщвление животных осуществляли с учетом «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приказ № 755 от 12.08.1977 г. МЗ СССР). Легкое с легочными венами без предварительного препарирования фиксировали в цинк-этанол-формальдегиде, обезжизняли и заливали в парафин обычным способом. Морфологически исследовали срезы легкого, проходящие через ворота органа. Для выявления нервного аппарата ЛВ проводили иммуногистохимические реакции на синаптофизин при помощи поликлональных кроличьих антител фирмы Dako (Дания), в качестве вторичных реагентов использовали реактивы из набора Super Sensitive Polymer-HRD Detection Kit HRD/DAB (BioGanex, США). Часть срезов после постановки реакции докрашивали квасцовым гематоксилином. Отдельные срезы окрашивали гематоксилином–эозином либо толуидиновым синим.

Результаты исследования. Внутридолевая ЛВ у крысы окружена тканями респираторного отдела легкого и характеризуется рядом особенностей строения (рисунок, а). Её адвентиция состоит из рыхлой соединительной ткани, с жировыми клетками и vasa vasorum. Средняя оболочка сосуда, особенно в области устья, построена из многочисленных слоев сердечных мышечных волокон, расположенных в разных направлениях. Волокна состоят из КМ цилиндрической формы длиной от 10 до 35 мкм и поперечным сечением 6–8 мкм. Они имеют большой объем цитоплазмы и центрально расположенное, светлое, округлой формы крупное ядро с 1–2 мелкими ядрышками. В большинстве клеток в цитоплазме выявляются множество продольно расположенных миофи-



Гистологическое строение и эфферентная иннервация стенки легочной вены (ЛВ) крысы.

а — реконструкция внутридольковой ЛВ по серии срезов; б — синаптофизин-иммунопозитивные терминалы (стрелки) в сердечной мышечной ткани стенки легочной вены (в области устья); в — синаптофизин-позитивные терминалы (СФПТ) в сердечной мышечной ткани средней оболочки стенки ЛВ; г — СФПТ в средней оболочке в области ветвления ЛВ; ПС — просвет сосуда; КП — капилляр в сердечной мышечной ткани средней оболочки; АДВ — адвентиция; СМВ — сердечные мышечные волокна; ЖК — жировые клетки; КМ — концевые кардиомиоциты; Алв — альвеолы; Инт — интима.

брилл, в части — поперечная исчерченность. По строению эти клетки сходны со специализированными КМ стенки предсердий. Кнутри от средней оболочки находится тонкая интима. В ней различаются эндотелий, 1–2 слоя гладких миоцитов и уплощенные фибробласты. Интима отграничена

от сердечной мышечной ткани средней оболочки прерывистой эластической мембраной. Толщина средней оболочки изменяется на всем протяжении стенки ЛВ, начиная от места впадения в предсердие до участков вхождения в нее многочисленных боковых вен. Самый тонкий, извитой

слой сердечной поперечнополосатой мышечной ткани прослеживается вдоль стенки приносящих вен диаметром 100–50 мкм; концевые КМ в этом месте образуют подобие сфинктера. Средняя оболочка стенки остальной, большей части венозных сосудов дольки легкого, собирающих обогащенную кислородом кровь из респираторного отдела, лишена КМ и состоит из 1–2 слоев гладких миоцитов и эндотелия.

Анализ реакции на синаптофизин показал, что сердечная поперечнополосатая мышечная ткань средней оболочки стенки ЛВ, так же как и миокард предсердия, обильно иннервирована. Синаптофизин-позитивные терминалы (СФПТ), окрашивающиеся в черный цвет и имеющие четкообразную структуру, выявляются во всех слоях сердечной мышечной ткани средней оболочки (см. рисунок, б–г). Они окружают сердечные мышечные волокна и капилляры, тесно прилегают к КМ. Часть терминалов образуют сплетение вокруг *vasa vasorum* адвентиции. Отдельные терминалы встречаются на границе с интимой. Плотность расположения СФПТ в сердечной мышечной ткани средней оболочки ЛВ снижается по мере уменьшения диаметра сосудов.

Обсуждение полученных данных. Результаты настоящей работы согласуются с данными некоторых исследователей, показавших, что миокард из задней стенки левого предсердия переходит на стенку ЛВ эмбриона [7]. Проведенный гистологический анализ показал, что ЛВ — необычный сосуд. Он отличается от типичных артерий и вен большого круга кровообращения тем, что его средняя оболочка состоит из сердечной поперечнополосатой мышечной ткани, КМ которой гомологичны клеткам предсердий. Присутствие этой ткани прослеживается в стенке ЛВ, вплоть до венозных сосудов диаметром 100–50 мкм.

Сравнительный анализ результатов иммуногистохимических исследований, проведенных в настоящей работе и полученных ранее данных, касающихся иннервации миокарда [3, 4], убедительно демонстрирует морфологическое сходство эфферентных синаптических аппаратов миокарда предсердия с сердечной мышечной тканью средней оболочки ЛВ. Можно предполагать, что в обоих случаях источником иннервации служат ветви блуждающего нерва.

Таким образом, уникальные особенности организации средней оболочки ЛВ обуславливают и наличие нетипичной для венозных сосудов богатой иннервации её стенки, что, в свою очередь, указывает на функциональную значимость экстракардиальной сердечной мышечной ткани в

регуляции рефлекторной деятельности сосудов малого круга кровообращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Имнадзе Г.Г., Серов Р.А. и Ревитшвили А.Ш. Морфология легочных вен и их мышечных муфт, роль в возникновении фибрилляции предсердий. Вестн. аритмологии, 2004, № 34, с. 44–49.
2. Туров А.Н., Покушалов Е.А. и Шугаев П.Л. Особенности входящей активации устьев легочных вен. Вестн. аритмологии, 2006, № 45, с. 68–74.
3. Чумасов Е.И., Петрова Е.С. и Коржевский Д.Э. Иммуногистохимическое исследование иннервации сердца крысы. Морфология, 2009, т. 135, вып. 2, с. 33–37.
4. Чумасов Е.И., Петрова Е.С., Сухорукова Е.Г. и Коржевский Д.Э. Современные иммуногистохимические подходы к изучению нервных аппаратов сердца и магистральных сосудов крысы и человека. В кн.: Сборник научных трудов VIII Всероссийской конференции по патологии клетки. М., изд. МДВ, 2010, с. 288–291.
5. Endo H., Kurohmaru M., Tanigawa M. and Hayashi Y. Morphological differences in the musculature of the pulmonary venous wall between three species of caviomorph, the nutria, guinea pig and chinchilla. J. Mamm. Soc. Japan, 1992, v. 17, p. 111–118.
6. Paes de Almeida O., Bohm C.M., de Paula Calvalho M. and Paes de Calvalho A. The cardiac muscle in the pulmonary vein of the rat: a morphological and electrophysiological study. J. Morphol., 1975, v. 145, p. 409–434.
7. Tagawa M., Higuchi K., Chinushi M. et al. Myocardium extending from the left atrium onto the pulmonary veins: a comparison between subjects with and without atrial fibrillation. Pacing Clin. Electrophysiol., 2001, v. 24, № 10, p. 1459–1463.

Поступила в редакцию 12.05.2011

INNERVATION OF CARDIAC MUSCLE TISSUE IN RAT PULMONARY VEINS

Ye.I. Chumasov, P.A. Voronchikhin and D.E. Korzhevskiy

The pulmonary vein (PV) of 16 adult male Wistar rat was studied using synaptophysin immunohistochemistry and staining with toluidine blue and hematoxylin. Its intrapulmonary trunk wall was found to have a unique structure. The middle tunic contained cross-striated muscle tissue that was identical to the cardiac muscle tissue in posterior wall of the myocardial atrium. The thickness of the muscular tunic increased with the increase of vein diameter. The thickest layer of cardiac muscle fibers was located in the orifice of the main trunk, and the thinnest — in the lateral veins (50–100 μ m in diameter), carrying the arterial blood from the respiratory portion of pulmonary lobe. Along their whole length, cardiac muscle fibers are densely innervated. Efferent synaptophysin-positive endings of the terminal plexus were found to be tightly associated with cardiac muscle fibers, capillaries of the media in the area of PV orifice and *vasa vasorum* of the adventitia.

Key words: *cardiac muscle tissue, pulmonary vein, innervation, synaptophysin*

Laboratory of the Functional Morphology of the Central and Peripheral Nervous System, Department of General and Special Morphology, RAMS North-Western Branch Institute of Experimental Medicine, St. Petersburg