

© Коллектив авторов, 2015
УДК 611.018:611.141

Д.Ю.Русаков, Н.В.Ямщиков, О.Н.Тулаева, Л.А.Суворова, О.И.Метленко

ГИСТОГЕНЕЗ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СЕРДЕЧНОЙ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ В СТЕНКАХ ПОЛЫХ И ЛЕГОЧНЫХ ВЕН ЧЕЛОВЕКА

Кафедра гистологии и эмбриологии (зав. — проф. Н.В.Ямщиков), Самарский государственный медицинский университет Минздрава России

С целью изучения структурной организации и гистогенеза сердечной мышечной ткани в стенках полых и легочных вен у человека исследованы сердца 3 зародышей (6–7 нед развития) и 20 плодов человека (9–10, 16, 19, 22, 24 нед развития), а также разноудаленные от сердца участки полых и легочных вен у взрослых мужчин и женщин (n=50). В работе были использованы методы световой и электронной микроскопии. Для получения изолированных клеток стенок полых и легочных вен пользовались методом щелочной диссоциации тканей. Выполнено иммуногистохимическое исследование с использованием моноклональных антител к кардиальному тропонину Т. Установлено, что кардиомиоциты у человека находятся в средней и наружной оболочках полых и легочных вен, формируя мощные пласты. В легочных венах у взрослого человека сердечные мышечные волокна не достигают внутрипульмональных участков, в нижней полой вене их слой не распространяется за пределы перикарда, в верхней полой вене его протяженность составляет 2,5–3,0 см. Формирование устьев легочных вен происходит путем последовательного включения стенки общей легочной вены, а позже — правой и левой легочных вен в стенку левого предсердия. При формировании устьев полых вен наблюдается постепенное включение стенки венозного синуса в состав стенки правого предсердия, вследствие чего полые вены открываются непосредственно в полость правого предсердия. Изучаемые в работе вены отнесены нами к венам мышечного типа с сильным развитием мышечных элементов с содержанием миокардиального компонента.

Ключевые слова: сердечная мышечная ткань, полые вены, легочные вены

Изучение закономерностей процессов гистогенеза, морфологических основ функционирования, регенераторного потенциала сердечной мышечной ткани считается одной из важных проблем, имеющих как фундаментальные, так и прикладные аспекты, что обусловлено, в первую очередь, неуклонным ростом смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Современные методы морфологических исследований позволили значительно расширить представления о структуре и функционировании сердечной мышечной ткани [2, 3, 17]. В настоящее время среди морфологов и кардиологов возрос интерес к изучению сердечной мышечной ткани, расположенной вне миокарда. Было установлено, что патологические процессы, затрагивающие эту ткань, приводят к серьезным последствиям, вплоть до летальных исходов [13, 15].

Исследования показали, что у человека сердечные мышечные волокна, расположенные преимущественно в стенке верхней полой вены,

достигают венозного угла, а в стенке легочных вен они могут быть прослежены до ворот легкого [8, 10, 14]. У собак кардиомиоциты в составе средней оболочки стенки легочных вен распространяются на расстояние 4–5 см от левого предсердия, а в краниальной полой вене — на 5–6 см дистальнее правого предсердия [12]. У крыс отдельные пучки кардиомиоцитов встречаются далеко за пределами полости перикарда, вплоть до уровня впадения в верхнюю полую вену непарных вен и внутрилегочных вен диаметром 100 мкм [4, 5, 7].

Слабая освещенность в литературе клеточного состава сердечной мышечной ткани в составе стенок полых и легочных вен [4–6, 8], отсутствие данных ее ультраструктурной организации у человека побудили нас провести их комплексное исследование и проследить основные этапы развития этой ткани.

Материал и методы. Работа проведена на 3 эмбрионах человека 6–7 нед развития, которые были получены в гинекологических отделениях г. Самары и плодах 9–10, 16,

Сведения об авторах:

Русаков Дмитрий Юрьевич (e-mail: maison55@rambler.ru), Ямщиков Николай Васильевич, Тулаева Ольга Николаевна, кафедра гистологии и эмбриологии, Самарский государственный медицинский университет, 443001, г. Самара, ул. Чапаевская, 227;

Суворова Лариса Алексеевна, Метленко Ольга Ивановна, патологоанатомическое отделение, Новокуйбышевская центральная городская больница, 446000, Самарская обл., г. Новокуйбышевск, ул. Островского, 32

19, 22 и 24 нед — по 4 каждого срока развития (индуцированные или самопроизвольные выкидыши), полученных в патологоанатомическом отделении «Новокуйбышевской центральной городской больницы». Были исследованы разнотеленные от сердца участки полых и легочных вен у мужчин и женщин ($n=50$) нормостенического телосложения в возрасте от 21 до 50 лет, умерших или погибших от случайных причин (травма, асфиксия и др.) и не имевших в анамнезе сердечной патологии. Материал брали с соблюдением положений Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации: рекомендации для врачей по проведению биомедицинских исследований на людях (1964–2000).

Для световой микроскопии материал фиксировали в 4% параформе на фосфатном буфере (рН 7,2–7,4). Выделенные фрагменты вен заливали в парафин по стандартной методике. Срезы толщиной 5–6 мкм окрашивали гематоксилином — эозином и по Ван-Гизону. Для получения изолированных клеток стенок полых и легочных вен использовали метод щелочной диссоциации тканей [1]. Препараты изолированных клеток окрашивали железным гематоксилином по Вейгерту. Ставили иммуногистохимическую реакцию с использованием моноклональных антител (разведение 1:200) к сердечному тропонину Т (LabVision, США). В качестве хромогена использовали DAB Plus Chromogen из общего набора. Подготовку материала для электронно-микроскопического изучения осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками. Ультратонкие срезы просматривали и фотографировали в электронном микроскопе Hitachi HU 12 A (Hitachi, Япония).

Результаты исследования. Было обнаружено, что сердечные мышечные волокна у человека, располагаясь в средней и наружной оболочках полых и легочных вен, формируют мощные пласты. В легочных венах у взрослого человека сердечные мышечные волокна не достигают внутрилегочных участков этих сосудов, в нижней полой вене они не распространяются за пределы перикарда, в верхней полой вене протяженность их слоя в дистальном от правого предсердия направлении составляет 2,5–3,0 см.

Общая легочная вена определяется у 6–7-недельного зародыша человека (копчиково-тазовой размер, КТР — 1,5 см). Она образуется в результате слияния двух частей: предсердной (вырост задней стенки левого предсердия) и легочной (сосуд, отходящий от венозного сплетения закладки легкого). В данный срок развития устья верхней и нижней полых вен открываются в венозный синус. Структура стенки полых вен аналогична структуре легочной вены.

При иммуногистохимической реакции с использованием антител к сердечному тропонину Т специфического окрашивания клеток в стенках вен не обнаружено. Миокард предсердий также на данном этапе эмбриогенеза не имеет специфического окрашивания.

В срок 9–10 нед внутриутробного развития (КТР — 4,2 см) миокард предсердий приобретает слабое специфическое окрашивание при иммуногистохимической реакции на тропонин Т. В устьях полых вен и участках легочных вен до ворот легких определяются отдельные клетки (миобласты), имеющие аналогичную окраску.

Формирование устьев легочных вен происходит путем последовательного включения стенки общей легочной вены, а позже правой и левой легочных вен в стенку левого предсердия, вследствие чего число вен, впадающих в левое предсердие, изменяется от 1 до 4.

При формировании устьев полых вен наблюдается постепенное включение стенки венозного синуса в состав стенки правого предсердия, вследствие чего полые вены, изначально впадающие в венозный синус, открываются непосредственно в полость правого предсердия.

В срок 16–19 нед внутриутробного развития стенки полых и легочных вен имеют три оболочки. В средней оболочке присутствует слой кардиомиоцитов (рис. 1). Мышечные клетки имеют крупные круглые и овальные ядра, в которых определяются фигуры митоза. При иммуногистохимической реакции в данный и последующие сроки развития отчетливо определяется экспрессия миокардиального тропонина Т.

Изучение мазков изолированных клеток показало, что кардиомиоциты предсердий и истерченные миоциты полых и легочных вен имеют

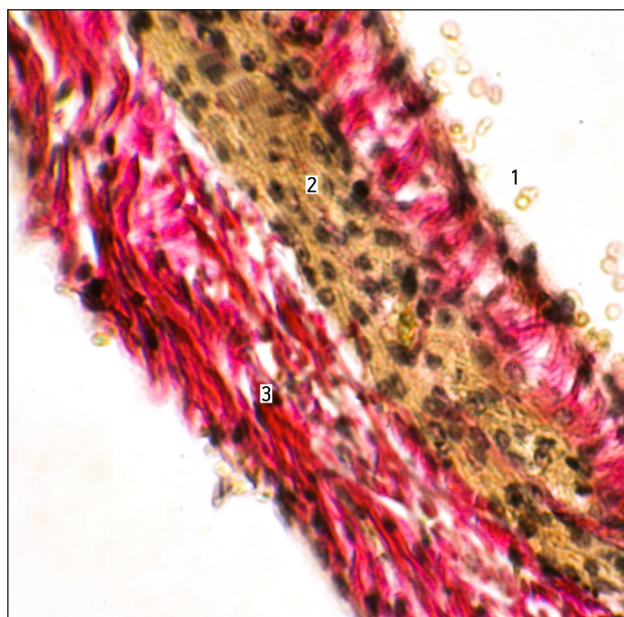


Рис. 1. Легочная вена плода человека 19 нед развития.

1 — эндотелий; 2 — истерченная сердечная мышечная ткань; 3 — наружная оболочка. Окраска по Ван-Гизону. Об. 20, ок 10

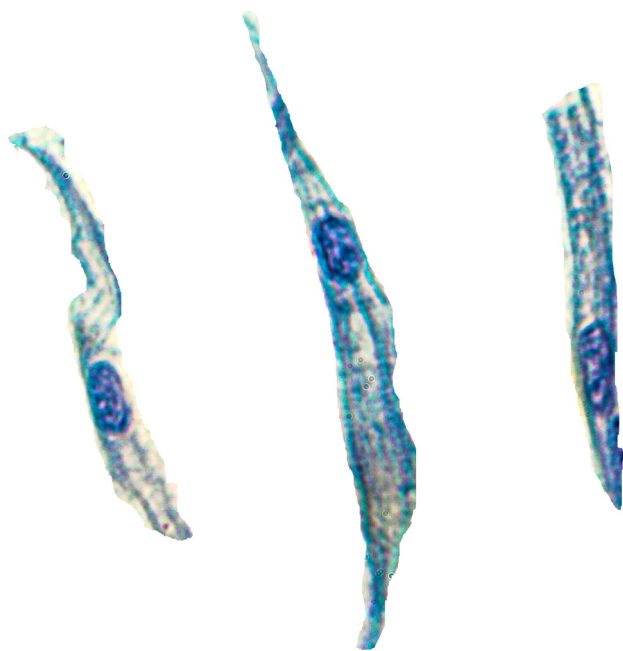


Рис. 2. Изолированные кардиомиоциты исчерченной сердечной мышечной ткани из стенки верхней полой вены плода человека 19 нед развития.

Окраска железным гематоксилином по Вейгерту. Об. 40, ок. 10

сходную структуру. Это клетки, имеющие цилиндрическую или веретеновидную форму и поперечную исчерченность. Ядра в клетках — крупные с преобладанием эухроматина (рис. 2), в некоторых из них видны фигуры митоза.

Сердечная мышечная ткань стенок полых и легочных вен на 22-й неделе внутриутробного развития характеризуется упорядоченным расположением кардиомиоцитов в несколько слоев (10–12), ориентированных в косоциркулярном направлении. Ядра в клетках крупные, с преобладанием эухроматина.

К 24-й неделе внутриутробного развития сердечная мышечная ткань в стенке вен приобретает вид, характерный для постнатального периода онтогенеза, и локализована в их средней оболочке. Кардиомиоциты формируют пласты, в которых направление их расположения различно: во внутреннем пласте они расположены косоциркулярно, в наружном — косопродольно. Между пластами кардиомиоцитов находятся прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани.

У взрослого человека по мере отдаления от сердца миокардиальный компонент стенок полых и легочных вен истончается, и в дистальных отделах сердечная мышечная ткань присутствует лишь в средней оболочке. Протяженность слоя сердечных мышечных волокон в верхней полой и легочных венах в дистальном от сердца направле-

нии составляет порядка 2,5–3 см, в нижней полой вене — не более 1 см (не выходит за пределы перикарда).

В верхней полой вене и легочных венах кардиомиоциты во внутреннем пласте расположены в циркулярном направлении, а в наружном пласте — в косопродольном. В нижней полой вене характер направленности кардиомиоцитов несколько иной — внутренний слабо выраженный пласт представлен продольно расположенными кардиомиоцитами, наружный, более мощный — лежащими циркулярно. Между пластами и пучками кардиомиоцитов находятся прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани. Кардиомиоциты в стенках полых и легочных вен расположены плотнее, чем в предсердиях.

Гладкомышечный компонент в стенках полых и легочных вен представлен пучками клеток, которые в небольшом количестве присутствуют во всех трех оболочках.

Изучение ультраструктуры исчерченных миоцитов в стенке указанных вен человека показало, что это — дифференцированные кардиомиоциты. В их цитоплазме располагаются анастомозирующие миофибриллы с хорошо выраженными линиями Z, полосами A и зонами H.

Между миофибриллами, тесно контактируя с ними, находятся митохондрии овальной формы, содержащие большое количество крист. Обнаруживаются элементы саркоплазматической сети, встречаются единичные лизосомы и небольшие липидные капли. Расположение вставочных дисков имеет ступенчатый вид, десмосомы в них имеют значительную протяженность. Ядра кардиомиоцитов характеризуются наличием инвагинаций их оболочки, наличием 1–2 ядрышек (рис. 3).

Обсуждение полученных данных. У человека сходство исчерченных миоцитов, расположенных в стенках полых и легочных вен и кардиомиоцитов предсердий, подтверждается как иммуногистохимическим, так и электронномикроскопическим методами, что позволяет считать их производными миокарда предсердий и именовать кардиомиоцитами. Это согласуется с данными, полученными другими исследователями при изучении различных видов млекопитающих [4–9].

Известно, что легочные вены в процессе эмбриогенеза формируются путем слияния двух компонентов — легочного и сердечного. Поэтому

можно сделать вывод, что сердечная мышечная ткань этих вен — это ничто иное, как сердечный компонент. Тот факт, что кардиомиоциты, формирующие сердечные мышечные волокна в стенках изучаемых вен, у крысы обнаруживаются вплоть до внутрилегочных сосудов диаметром 100 мкм [4, 5, 7], свидетельствует о том, что в эмбриогенезе идет процесс миграции кардиомиоцитов предсердий в близлежащие отделы полых и легочных вен с формированием в дальнейшем пластов сердечных мышечных волокон. Благодаря наличию в стенках сосудов сердечной мышечной ткани, надо полагать, создаются оптимальные, а именно, эволюционно выгодные гемодинамические условия в прилежащем к сердцу отделе сердечно-сосудистой системы эмбриона, а впоследствии, и взрослого организма.

Значительная, по сравнению с нижней полых веной, протяженность слоя кардиомиоцитов в верхней полых и легочных венах и характер их расположения позволяют предположить, что прилежащие к сердцу участки этих вен способны совершать сократительные движения по направлению к сердцу [11].

Результаты морфологического изучения прилежащего к сердцу участка нижней полых вены дают возможность считать, что сердечные мышечные волокна обеспечивают выполнение данным участком сосуда клапаноподобной или сфинктерной функции [16].

Таким образом, несмотря на то, что сердечная мышечная ткань в стенках полых и легочных вен имеет единый план строения, существуют некоторые различия в ее структуре, что, в свою очередь, объясняет различное функциональное значение прилежащих к сердцу участков этих вен.

Функциональная роль гладкой мышечной ткани в стенках изученных вен, по всей видимости, заключается в обеспечении поддержания их тонуса, а также, наряду с исчерченной сердечной мышечной тканью, в формировании замыкательного аппарата. Функционирование гладкой мышечной ткани, в отличие от сердечной, не регулируется сердечными водителями ритма, т.е. согласованно функционирующие компоненты мышечного аппарата подчинены различным системам регуляции, что, в свою очередь, вероятно является механизмом, повышающим компенсаторные возможности мышечного аппарата полых и легочных вен в условиях патологии.

Полые и легочные вены имеют хорошо развитый, сложно устроенный мышечный аппарат,

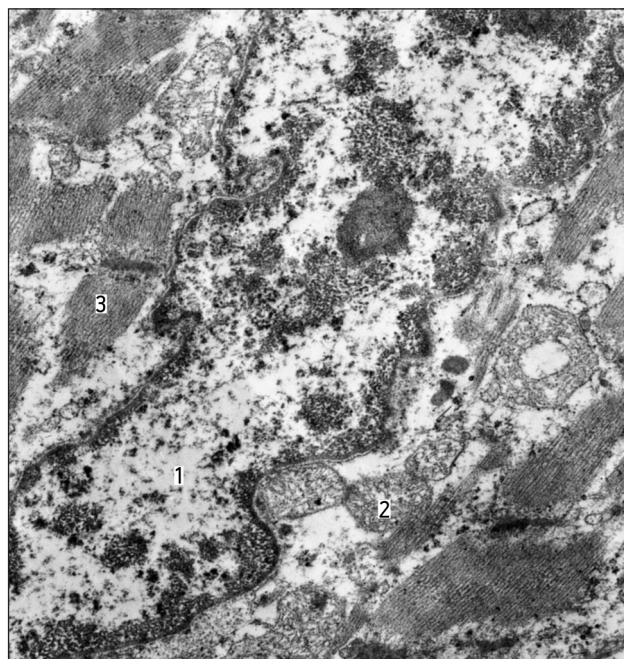


Рис. 3. Ультраструктура кардиомиоцита стенки легочной вены человека.

1 — ядро; 2 — митохондрия; 3 — миофибрилла. Ув. 9000

несущий высокую функциональную нагрузку, расстройство которой влечет за собой серьезные последствия, вплоть до развития тяжелых патологических состояний [13, 15].

ЛИТЕРАТУРА

- Бродский В.Я., Щирекидзе Н.Н., Коган М.Е. Изменение абсолютного числа клеток в сердце и печени. Количественное сохранение белков и ДНК в изолированных клетках // Цитология. 1983. № 3. С. 260–265.
- Кошев В.И., Пирогов В.П., Петров Е.С. и др. Концепция о шестикамерном сердце млекопитающих и человека и ее прикладное значение // Вопр. реконстр. и пластич. хир. 2002. № 2. С. 49–52.
- Наумова Л.И. Созревание структуры и становление ритмообразовательной функции сердца в измененных условиях среды: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2002.
- Руденко Е.Ю., Ямщиков Н.В., Кошев В.И. Структурная организация поперечнополосатой мышечной ткани верхней полых и легочных вен крыс // Росс. морфол. ведомости. 2001. № 1–2. С. 235–237.
- Русаков Д.Ю. Морфофункциональная организация мышечного аппарата стенок полых и легочных вен млекопитающих и человека // Морфол. ведомости. 2009. № 1–2. С. 49–50.
- Русаков Д.Ю., Ямщиков Н.В., Лялин О.Ю., Русакова В.И. Структурная организация миокардиальных покрытий полых и легочных вен: электронно-микроскопическое исследование // Морфол. ведомости. 2012. № 4. С. 59–63.
- Чумасов Е.И., Ворончихин П.А., Коржевский Д.Э. Иннервация сердечной поперечнополосатой мышечной ткани легочных вен крысы // Морфология. 2011. Т. 140, вып.6. С. 53–55.

8. Ямщиков Н.В., Кругляков П.П., Кошев В.И. и др. Гистогенез и структурная организация стенки полых и легочных вен крысы // Морфология. 2004. Т. 125, вып. 5. С. 30–33.
9. Яровая И.М. Функциональная морфология сердечной мускулатуры в устьях полых и легочных вен (Экспериментальное исследование) // Экспер. хир. 1976. № 5. С. 71.
10. Nathan H., Eliakim M. The junction between the left atrium and the pulmonary veins: a anatomic study of human hearts // Circulation. 1966. Vol. 34. P. 412–426.
11. Burch G.E., Romney R.B. Functional anatomy and throttle valve action of the pulmonary vein // Am. Heart. J. 1954. Vol. 47. P. 58–66.
12. Carrow R., Calhoun M.L. The extent of cardiac muscle in the great veins of the dog // Anat. Rec. 1964. Vol. 150. P. 249–256.
13. Cavalcanti J.S., Santos P.F. Morphofunctional study of the junction between the left atrium and the pulmonary veins in patient with pulmonary hypertension // Arq. Bras. Cardiol. 2001. Vol. 77. P. 232–234.
14. Ho S.Y., Cabrera J.A., Tran V.H. et al. Architecture of the pulmonary veins: relevance to radiofrequency ablation // Heart. 2001. Vol. 86. P. 265–270.
15. Kholova I., Kautzner J. Morphology of atrial myocardial extensions into human caval veins. A postmortem study in patients with and without atrial fibrillation // Circulation. 2004. Vol. 110. P. 483–488.
16. Rudolph A.M., Gootman N.L., Golinko R.J. Observations on a sphincter mechanism at pulmonary venous left atrial junction // Circulation. 1961. Vol. 24. P. 1027.
17. Yamasaki Y., Furuya Y., Araki K. et al. Ultra high resolution scanning elektron microscopy of sarcoplasmic reticulum of the rat atrial myocardial cells // Anat. Rec. 1997. Vol. 248, № 1. P. 70–75.

Поступила в редакцию 29.09.2014
Получена после доработки 05.02.2015

HISTOGENESIS AND PECULIARITIES OF STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE CARDIAC MUSCLE TISSUE IN THE WALLS OF HUMAN CAVAL AND PULMONARY VEINS

D.Yu.Rusakov, [N.V.Yamshchikov], O.N.Tulayeva, L.A.Suvorova, O.I.Metlenko

To study the structural organization and histogenesis of the cardiac muscle tissue in the walls of human caval and pulmonary veins, the heart was examined in 3 human embryos (at weeks 6–7 of development) and 20 fetuses (at weeks 9–10, 16, 19, 22 and 24 of development), as well as segments of caval and pulmonary veins of adult men and women (n=50) located at various distances from the heart. The methods of light and electron microscopy were used in this work. To obtain the isolated cells from the walls of caval and pulmonary veins, the method of tissue alkaline dissociation was used. An immunohistochemical study with the monoclonal antibodies against cardiac troponin T was performed. It was found that the cardiomyocytes in humans were located in the middle and outer tunics of caval and pulmonary veins, where they formed thick layers. In the pulmonary veins of the adult humans, cardiac muscle fibers did not reach the intrapulmonary areas, in the inferior vena cava their layer did not extend beyond the pericardium, in the superior vena cava, its length was 2.5–3.0 cm. The formation of the pulmonary vein orifices occurred by sequential inclusion of the wall of the common pulmonary vein, and later — of the right and left pulmonary veins into the wall of the left atrium. During the formation of the orifices of the caval veins, the gradual inclusion of the wall of the venous sinus in the wall of the right atrium was observed, resulting in caval veins opening directly into the cavity of the right atrium. The veins studied were referred to the veins of the muscular type with the strong development of muscular elements containing the myocardial component.

Key words: *cardiac muscle tissue, caval veins, pulmonary veins*

Department of Histology and Embryology, Samara State Medical University