

МАКРО-МИКРОМОРФОЛОГИЯ СЕРДЦА ОБЫКНОВЕННОГО КРОТА (TALPA EUROPAEA)

К настоящему времени в научной литературе недостаточно сведений о морфологических модификациях сердечно-сосудистой системы, в том числе сердца животных характеризующих основные типы адаптаций – наземный, водный древесный и летающий. Несмотря на то, что имеются основные положения о закономерностях макро- и микроструктур различных представителей животных, о диапазоне компенсаторно-приспособительных возможностей структур органа в онтогенезе, остаются дискуссионными и нерешенными ряд вопросов. В связи с этим были поставлены задачи:

1. Определить топографию, величину и форму сердца у представителя подземно-роющей группы млекопитающих (обыкновенный крот).
2. Установить структурные особенности миокарда ушек предсердий и стенок желудочков.
3. На субклеточном уровне исследовать организацию сократительных и проводящих кардиомиоцитов.

Методами препарирования, световой и электронной микроскопии изучено сердце обыкновенного крота, как представителя подземной экологической группы млекопитающих.

Митохондрии заполняют, в основном, промежутки между миофибриллами, но встречаются, и под сарколеммой. Рядом с ядром их относительно мало. Форма митохондрий не отличается разнообразием. Большой частью они бывают округлыми или овальными. Расположение крист поперечное и дугообразное. Редко встречаются митохондрии с гранулярными включениями в матриксе. В саркоплазме кардиомиоцитов предсердий и желудочков представлены и другие ультраструктуры: агранулярные саркоплазматического ретикулула, рибосомы, полирибосомы, лизосомы и липосомы. Атипичные кардиомиоциты отличаются от сократительных по характеру расположения миофибрилл, в которых последние ориентированы не только параллельно плазматической мембране клеток, но и хаотично. Обнаруживаются структуры саркоплазматической сети, которые представляют систему мембранных трубочек, не соединенных с плазматической мембраной.

Получены новые констатации относительно гистофизиологических особенностей рабочих (типичных) и проводящих атипичных кардиомиоцитов, что позволяет сделать вывод о том, что сердце обыкновенного крота характеризует приспособительные изменения органа к подземно-роющему типу адаптаций.

Ключевые слова: обыкновенный крот, морфология, сердце, морфометрия, кардиомиоциты.

Введение

В резолюциях Всесоюзных и Международных морфологических совещаний, конференций и съездов постоянно отмечается необходимость концентрации усилий ученых на разработку кардинальных теоретических проблем современной морфологии, связанных с выяснением морфологических закономерностей эволюции (соотношение форм и функции в онто- и филогенезе, развитии морфологических адаптаций, эволюции онтогенеза, целостность организма в индивидуальном и историческом развитии). Морфологов сердечно-сосудистой система привлекает в силу своей высокой значимости. Несмотря на то, что к настоящему времени сформулированы основные положения о закономерностях макро- и микроструктур различных представителей животных, о диапазоне компенсаторно-приспособительных возможностей структур органа в онтогенезе, остаются

дискуссионными и нерешенными ряд вопросов. Это, прежде всего, вопросы эволюции структурной организации сердца у различных таксономических групп на макро-, микроскопическом уровнях; вопросы идиоадаптационных преобразований структур сердечной мышцы в связи с особенностями их экологии и этологии: с различной средой обитания, с сезонными биоритмами; с различным уровнем интенсивности жизнедеятельности.

В связи с этим были поставлены задачи:

1. Определить топографию, величину и форму сердца у представителя подземно-роющей группы млекопитающих (обыкновенный крот).
2. Установить структурные особенности миокарда ушек предсердий и стенок желудочков.
3. На субклеточном уровне исследовать организацию сократительных и проводящих кардиомиоцитов.

Объекты и методы

При определении формы сердца использовали метод визиографии с определением индекса, предложенного И.И. Бабич (1988) [1].

Для светооптической микроскопии материал готовили по общепринятой методике О.В. Волковой, Ю.К. Елецкого (1982) [2], количественные характеристики взаимодействия между элементами тканевых и клеточных систем выявляли пользуясь рекомендациями Л.М. Непомнящих, Л.В. Колесниковой, Г.И. Непомнящих (1989) [3].

Для электронно-микроскопического исследования использовали следующие методы: фиксации (Robinson T.F., 1988) [7], обезвоживания (Карелина Н.Р., Амелов Н.Р., Камышова В.В. и др., 1986) [4] получение ультратонких срезов (Villiger W., Bremer A., 1990) [8]. Приготовленные срезы изучали при помощи электронного микроскопа ЭВМ – 100 АК, фотографировали при увеличении 12000 крат.

Для стереологического и количественного анализа использовали не менее 15 электронограмм, полученных обычным методом фотопечати ($\times 30000$). При индентификации оценки состояния ультраструктур пользовались рекомендациями В.С. Паукова, Т. к. Казанской, В.А. Фролова, 1971; А.А. Гуцол, Ю.Ю. Кондратьева, 1986 [5].

Результаты и обсуждения

Методами препарирования, световой и электронной микроскопии изучено сердце обыкновенного крота, как представителя подземной экологической группы млекопитающих.

Сердце крота крупное, занимает большую часть левой половины грудной полости в форме суженного эллипсоида. Его верхушка находится между четвертым и пятым ребрами в каудовентральном направлении. Основание обращено краниодорсально и расположено между первым и вторым ребрами. Масса сердца равна $0,36 \pm 0,22$, сердечный индекс – $1,21\%$.

Вырезка верхушки выражена слабо. Ушко правого предсердия вдвое больше левого. по форме правое ушко квадратное, левое – прямоугольное.

Толщина стенки правого предсердия равна $0,12 \pm 0,07$, левого – $0,09 \pm 0,02$ мм.

Толщина стенок желудочков: $0,48 \pm 0,09$ и $0,14 \pm 0,08$ мм, соответственно.

На гистопрепаратах заметна значительная длина мышечных волокон, которые прилегают друг к другу, слабо ветвятся, и поэтому, соединительнотканые прослойки между ними едва различны, особенно в миокарде желудочка.

В миофибриллах четко выражена их поперечная исчерченность. Вставочные пластинки прямые или ступенчатые. Диаметр сократительных кардиомиоцитов в предсердии равен $9,5 \pm 0,04$, в желудочке $11,5 \pm 0,08$ мкм ядра в них имеют полосковидную, реже овальную форму, диаметр их в предсердии – $3,6 \pm 0,10$ в желудочке $4,8 \pm 0,22$ мкм. Часто встречаются клетки с двумя ядрами, диаметр которых часто варьирует.

Атипичные кардиомиоциты встречаются небольшими участками под эндокардом стенки желудочка. В толще миокарда они обнаруживаются редко. В каждом участке их залегания различается от двух до шести пучков волокон, отделенных от окружающего миокарда и друг от друга соединительной тканью. В пучке насчитывается 2–22 клетки. В их диаметре не наблюдается большого разброса и он, в среднем, равен $13,31 \pm 0,32$ мкм. Диаметр ядер составляет $5,0 \pm 0,11$ мкм.

Электронная микроскопия показывает, что сократительные (типичные) кардиомиоциты в предсердии и в желудочке соединены как с помощью прямых, так и ступенчатых вставочных дисков. Последние как в предсердии, так и в желудочке преобладают. Во вставочных дисках различают все основные компоненты: места прикрепления миофибрилл, десмосомы и нексусы. Нексусы определяются в продольно ориентированных и в поперечных участках вставочного диска. Отмечается меньшее количество складок вставочного диска на поперечных сегментах по сравнению с продольными и наличие протяженных щелевидных соединений. Миофибриллы занимают периферическую и центральную часть саркоплазмы, огибая ядра клеток.

Хорошо выражена сегментарность миофибрилл. В составе каждого саркомера отчетливо видны зоны I и A.

В зоне A, более светлая зона H пересекается с полоской M актиновые и миозиновые микрофиламенты располагаются чередующи-

мися участками. Длина саркомеров в предсердии в 3,5 раза превышает их длину и ширину и равна, соответственно, 1,09 и 0,31 мкм. В желудочке при той же длине саркомеров (1,09), ширина их несколько увеличивается (0,53 мкм). Миофибриллы занимают в предсердии 38,13, в желудочке 48,63 усл. ед. относительной площади поверхности. Отмечается сильное развитие системы поперечных трубочек, которая пронизывает всю саркоплазму кардиомиоцитов и формирует локальные расширения.

Митохондрии заполняют, в основном, промежутки между миофибриллами, но встречаются, и под сарколеммой. Рядом с ядром их относительно мало. Форма митохондрий не отличается разнообразием. большей частью они бывают округлыми или овальными. Расположение крист поперечное и дугообразное. Редко встречаются митохондрии с гранулярными включениями в матриксе. Плотные межмитохондриальные контакты объединяют митохондрии в кардиомиоцитах предсердия и желудочка в комплексы. Относительная площадь поверхности, которую занимают митохондрии в желудочковых кардиомиоцитах, несколько больше, чем в предсердных, и равна 59,69 усл. ед. (в предсердных – 46,53). Ядро в кардиомиоцитах занимает центральное положение. Кариолема ядер образует многочисленные инвагинаты от чего ядра приобретают сложную конфигурацию. Перенуклеарное пространство шириной 0,08 в предсердии и 0,04 мкм в желудочке разделяет внутреннюю и наружную ядерные мембраны. Ядерные поры отчетливо видны. Количество эухроматина в ядрах кардиомиоцитов желудочка составляет 63,37 усл. ед., что несколько больше, чем в клетках предсердия (51,43 усл. ед.). Гетерохроматин образует неширокую краевую полосу вдоль внутренней ядерной мембраны, и отдельные глыбки по всей площади ядра. Ядро занимает 38,65 в предсердных кардиомиоцитах и 44,32 усл. ед. относительной площади поверхности в желудочковых.

В саркоплазме кардиомиоцитов предсердий и желудочков представлены и другие ультраструктуры: агранулярные саркоплазматического ретикулума, рибосомы, полирибосомы, лизосомы и липосомы. Последние в желудочковых миоцитах часто контактируют с везикулярными микротельцами. Кроме того, в кардио-

миоцитах часто встречаются гранулы гликогена. Они обнаруживаются в разных участках саркоплазмы: в околоядерной и субсарколеммальной зонах, между миофиламентами в зонах I, и нередко занимают большие пространства.

Атипичные кардиомиоциты отличаются от сократительных по характеру расположения миофибрилл, в которых последние ориентированы не только параллельно плазматической мембране клеток, но и хаотично. Длина саркомеров миофибрилл равна 1,09 мкм, как и в сократительных кардиомиоцитах, однако ширина составляет 0,26 мкм, что вдвое меньше. Относительная площадь поверхности миофибрилл и митохондрий, которую они занимают в клетке, почти одинаковая, но во много раз меньше, чем в сократительных кардиомиоцитах. Расположены митохондрии мозаично. Размеры их почти вдвое меньше, чем в сократительных кардиомиоцитах и содержат меньшее количество крист. Митохондриальный матрикс имеет очень высокую электронную плотность. Относительная площадь поверхности ядра и эухроматина в нем также имеют некоторые отличия от сократительных клеток и составляют 56,98 и 43,54 усл. ед., соответственно. Поперечная T-система в данных клетках не выявляется. Пластинчатый комплекс встречается не только в районе ядра, но и в других участках клетки и состоит из плотно упакованных цистерн и мелких пузырьков. Обнаруживаются структуры саркоплазматической сети, которые представляют систему мембранных трубочек, не соединенных с плазматической мембраной. В незначительном количестве имеются другие органоиды и включения клетки: гранулярная саркоплазматическая сеть, рибосомы, лизосомы и липосомы. Характерно также наличие многочисленных крупных гранул.

Заключение

Результаты исследований не только расширяют и дополняют сведения по топографии, морфологии и типологии сердца, но и позволяют сделать выводы о том, что представленные структурные особенности миокарда сердца обыкновенного крота характеризуют филогенетические приспособительные изменения органа к подземнороющему типу адаптаций.

30.05.15

Список литературы:

1. Бабич И.И. Оперативные доступы при аутотрансплантации селезеночной ткани у детей. // Сб. науч. Трудов. Функциональная морфология сердечно-сосудистой системы. – Ростов-на-Дону; Ростовск. ордена дружбы народов мед. инст., 1988. – С. 18–19.
2. Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Основы гистологии гистологической техники. – М.: Медицина, 1982. – с. 76-80, 174-184.
3. Непомнящих Л.М., Колесникова Л.В. Ультраструктурный стрелогический анализ кардиомиоцитов у зимоспящего грызуна (краснощекоего суслика) *Citellus erythrogenus*, Brandt. Цитол. и генет. – 1989. – Т.23, №6 с. 6-11
4. Карелина Н.Р., Алимов Н.Р., Камышова В.В. и др. Современные методы электронномикроскопического исследования. – Л.: 1989. – 95 г.
5. Пауков В.С. Казанская Т.А. Фролов В.А. Методика количественного анализа некоторых компонентов электронограмм миокарда. // Бюл. exper. биол. и медицины. – 1971. – №4 С. 122–125.
6. Гуцол А.А., Кондратьев Ю.Ю. Практическая морфометрия органов и тканей. – Томск.: Изд-во Томск. ун-та, 1986. – С. 26-46.
7. Robinson T.F., Factor S.M., Capasso J.M., et. al. Morphology, composition and function of struts between cardiac myocytes of rat and hamster. // Cell. Tiss. Res. – 1987. – Vol. 249.– №2. – p. 247–255.
8. Villiger W. Bremer A. Ultramicrotomy of biological objects: from the beginning to the present. //J. Struct. Biol. – 1990. – Vol. 104. – №1-3. P. 178-188.

Сведения об авторах:

Чиркова Елена Николаевна, доцент кафедры общей биологии химико-биологического факультета
Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13 корп. 16, ауд. 214, тел. (3532)372480, e-mail: nnnmem@mail.ru

Завалеева Светлана Михайловна, профессор кафедры общей биологии химико-биологического факультета
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13 корп. 16, ауд. 214, тел. (3532)372480