

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ЛЕГКИХ И СЕРДЦА НОЧНИЦЫ БРАНДТА (*MYOTIS BRANDTII*)

Рукокрылые довольно широко распространены, являются важным и постоянным компонентом многих биоценозов. Однако скрытый и специфический образ жизни летучих мышей, их морфологические особенности не способствовали полноценному изучению этих животных на территории не только Оренбургской области, но и всей России. Эволюция данных животных шла по пути приспособления к полету и, соответственно, освоения воздушной среды обитания, что сопровождалось глубокими изменениями их биологической организации.

Известно, что органы животных могут модифицировать в зависимости от образа жизни и общей нагрузки на организм, в том числе и сердце и легкие, изменчивость которых представляет не только общебиологический интерес, но имеет определенное значение в раскрытие физиологических процессов, в зависимости от условий окружающей среды.

Легкие летучей мыши являются образованиями долевыми, что вызвано необходимостью их растягивания в различных направлениях и в разной степени. Определенную зависимость от типа дыхания имеет развитие парных долей и зависит от локомоции животных. По нашим данным у летучей мыши правое легкое дольчатое, в левом – дольчатость не отмечена. Правое легкое включает верхушечную, сердечную и диафрагмальную доли и наиболее развитой является диафрагмальная, что определяется типом дыхания животного.

От правого легкого обособливается небольшая, непарная, засердечная доля, которая, вероятно, является показателем не только организации самих легких, но также показывает отношение легких к сердцу с его крупными сосудами, и к диафрагме, отделенной от сердца посредством этой доли. Засердечная доля с внутренней стороны переднего края имеет специальный бронх. Образования в легких долей по их числу, форме и положению не случайно, а закономерно и при- сущи только млекопитающим.

Ключевые слова: морфология, летучая мышь, ночница Брандта, сердце, легкие

Форма легких летучей мыши в естественном состоянии совместно с сердцем и другими органами грудной полости (аортой, пищеводом, остатками тимуса и др.) в целом отображают форму грудной полости, постепенно расширяющейся книзу. Структура органов состоит преимущественно из паренхимы (дыхательной ткани), в то время как на бронхи, сосуды приходится незначительная их часть. Легкие парные, поэтому, по массе и форме, а следовательно, и дыхательной емкости, как правило, не симметричны из-за некоторого превалирования правого из них [12]–[17].

У летучей мыши, как у других млекопитающих, легкие являются образованиями долевыми, что вызвано необходимостью их растягивания в различных направлениях и в разной степени. Развитие парных долей находится в определенной зависимости от типа дыхания, в свою очередь, зависит от локомоции животных [9]–[11].

Объекты и методы

Объектом нашего исследования были легкие летучей мыши (ночница Брандта (*Myotis brandtii*), семейство Гладконосые, отряд Руко-

крылые). Использовали наиболее распространенного из разработанных к настоящему времени приспособления для отлова рукокрылых на местах их полета – это «паутинная сеть». Она представляет собой два длинных шеста, на которых натянута тонкая капроновая сеть с ячейкой 14–18 мм. Пользуясь руководствами по методам количественного анализа в биологии: Рокицкий П.Ф. (1973); Петухов В.Л., Жигачев А.И., Назарова Г.А. (1985); Лакин Г.Ф. (1990); Песенко Ю.А. (1982); изучено пять животных (авторами рекомендовано от трех и выше) [3]–[6].

Исследование животных начинали с определения возраста и снятия параметров (масса и длина). После вскрытия грудной клетки легкие спадаются примерно на 1/3 своего объема, следовательно, изменение их величины резко сказывается и на их форме (Жеденов В.Н., 1961) [1].

Для сохранения естественной формы органов проводили специальную предварительную подготовку. Не вскрывая трупа наливали через трахею под давлением обычного (8–10%) раствора формалина, а также вносили его в паренхиму легких шприцем путем прокола межреберных мышц. После вскрытия определяли

форму легких, положение их в грудной полости, размеры, коэффициент ассиметрии по массе.

Результаты и обсуждения

У рукокрылых преимущественно грудной (реберно-грудинный) тип дыхания и является форсированным (ускоренным) (Жеденов В.Н., 1961) [1].

Коэффициент ассиметрии легких по массе взрослой летучей мыши составляет 1,17. Левое легкое меньше как по объему, так и по массе, и более сужено, следовательно, менее функционально активно и подвижно, чем правое.

Общая длина легких составляет $1,46 \pm 0,79$ мм, ширина $1,24 \pm 0,97$ мм, толщина $0,97 \pm 0,36$ мм. Длина левого легкого – $1,39 \pm 0,49$ мм, ширина $0,68 \pm 0,56$ мм, толщина $0,45 \pm 0,42$ мм, соответственно.

Все разнообразие существующих форм дольчатости легких среди млекопитающих можно классифицировать и уложить в 17 основных сравнительно-анатомических типов. Однако и среди млекопитающих долевая структура легких может подвергаться вторичным преобразованиям, обычно ведущим к частичной или полной потере (редукции) дольчатости, в результате образуются вторичнонедолевые (полностью или частично) легкие. Подобные изменения долевого разделения легких, выраженные в той или иной степени, наблюдаются у ряда специализированных к особым условиям жизни млекопитающим, так у рукокрылых наблюдается уменьшение долевого разделения легких (Жеденов В. Н., 1961) [1].

По нашим данным у летучей мыши правое легкое дольчатое, в левом – дольчатость не отмечена. Правое легкое включает верхушечную, сердечную и диафрагмальную доли и наиболее развитой является диафрагмальная, что определяется типом дыхания животного.

Историческое возникновение у рукокрылых долевого разделения легких происходит в соответствии с усилением динамики (дыхательной моторики) грудной клетки, особенно в силу возникновения у них диафрагмы (Шмидт-Нильсен, К., 1982)[8].

Таким образом, нами установлено долевое строение легких у ночницы Брандта (*Myotis brandtii*), определена их топография форма, размеры, масса, коэффициент ассиметрии по

массе. Можно предположить, что выявленные особенности структуры органа, определяются типом дыхания, обеспечивающего газообмен животных в результате приспособления их к полету и в связи с вертикальным положением тела (головой вниз) большую часть суток.

Сердце летучей мыши вытянуто-овальной формы, правый желудочек оканчивается низко. Встречаются два конституциональных типа сердца: эллипсоидный (30%) и эллипсоидный суженный (70%). Ушки развиты хорошо. Масса сердца в среднем равна $2,51 \pm 0,98$ г. Толщина правого желудочка равна $0,85 \pm 0,33$ мм, левого – $0,65 \pm 0,33$ мм. В правом предсердии насчитывается пять гребешковых мышц первого порядка и десять второго прядка.

В левом предсердии гребешковые мышцы крупнее и их количество составляет: четыре гребешковые мышцы первого порядка и одиннадцать второго порядка.

Септомаргинальные трабекулы летучей мыши соединяют основание краниальной перегородковой сосковой мышцы с основанием пристеночной. Трабекулы в 75% имеют форму мышечного тяжа, а в остальных случаях являются сухожильными. Размеры септомаргинальной трабекулы правого желудочка равны: длина $0,25 \pm 0,01$ мм и диаметр $0,13 \pm 0,01$ мм. Тонкие поперечные трабекулы сухожильного характера встречаются в каудальной части правого желудочка. Рельеф левого желудочка образуют мышечные перекладки с перемычками, сосковые мышцы и трабекулы.

Внутренняя поверхность левого желудочка делится на краниальную, каудальную и медиальную стенки. На краниальной стенке правого желудочка количество мышечных перекладок пять, а перемычек четыре. Количество мышечных перекладок на каудальной стенке пять, а мышечных перемычек три. Число мышечных перекладок на медиальной стенке три, перемычек две.

Септомаргинальные трабекулы летучей мыши соединяют основание краниальной перегородкой сосковой мышцы с основанием пристеночной. Трабекула в 75% имеет форму мышечного тяжа, а в остальных случаях является сухожильной. Размеры септомаргинальной трабекулы правого желудочка равны: длина $0,37 \pm 0,01$ мм и диаметр $0,22 \pm 0,01$ мм. Тонкие

поперечные трабекулы сухожильного характера встречаются в каудальной части правого желудочка. Рельеф левого желудочка образуют мышечные стенки перекладки с перемычками, сосковые мышцы и трабекулы.

Внутренняя поверхность левого желудочка делится на краниальную, каудальную и медиальную стенки. Рельеф медиальной стенки отличается отсутствием на ее поверхности сосковых мышц. На медиальной стенке левого желудочка количество мышечных перекладок восемь, а перемычек пять. Размеры перекладок составляют $0,31 \pm 0,05$ мм и $0,05 \pm 0,04$ мм. Параметры перемычек равны: $0,25 \pm 0,56$ мм и $0,78 \pm 0,01$ мм. В левом желудочке имеются две септомаргинальные трабекулы. Краниальные и каудальные септомаргинальные трабекулы могут иметь форму ветвистых образований или тонких сухожильных тяжей. Длина краниальной трабекулы составляет $0,24 \pm 0,01$ мм, диаметр – $0,15 \pm 0,01$ мм. Кроме этого встречаются трабекулы между каудальной сосковой мышцей и стенкой, в области верхушки сердца. В состав правого атриовентрикулярного клапана летучей мышцы входят сосковые мышцы конусовидной формы, которые прилежат к стенке, по длине $0,31 \pm 0,08$ мм, ширине $0,43 \pm 0,01$ мм. Число отходящих от краниальной перегородочной мышцы сухожильных струн составляет от пяти до семи. После отхождения от сосковой мышцы струны неоднократно ветвятся и к уголкового створке уже подходят десять струн.

Длина каудальной перегородочной мышцы равна $0,42 \pm 0,17$ мм, ширина $0,31 \pm 0,07$ мм. Сосковая мышца в основном цилиндрической формы и не прилежит к стенке. Число сухожильных струн отходящих от каудальной перегородочной сосковой мышцы, колеблется от пяти до шести, а длина составляет $0,25 \pm 0,02$ мм, ширина равна $0,21 \pm 0,05$ мм. Основные створки правого атриовентрикулярного клапана: уголкового и пристеночная. Длина уголкового створки равна $0,13 \pm 0,08$ мм, ширина $0,05 \pm 0,01$ мм, а толщина $0,33 \pm 0,01$ мм. Пристеночная створка находится каудальнее уголкового, длина ее составляет $0,09 \pm 0,04$, ширина $0,23 \pm 0,01$, толщина $0,78 \pm 0,05$ мм.

В результате ветвления количество подходящих струн к створкам значительно превышает число струн, отходящих от сосковой мышцы. Количество струн, прикрепляющихся к основным створкам правого атриовентрикулярного клапана, варьирует. К уголкового створке подходит десять струн, образованных струнами краниальной пристеночной сосковой мышцы. К пристеночной створке подходят восемь струн от краниальной пристеночной сосковой мышцы и семь – от каудальной пристеночной.

В составе левого атриовентрикулярного клапана выделяются две сосковые мышцы и две основные створки, но ясно выражены только перегородочная.

Длина краниальной пристеночной сосковой мышцы равна $0,34 \pm 0,14$ мм, ширина $0,09 \pm 0,11$ мм. В 50% случаев мышца конической формы, реже цилиндрической, имеет две головки. Количество струн отходящих от краниальной пристеночной сосковой мышцы равна $0,55 \pm 0,18$ мм, диаметр $0,66 \pm 0,21$ мм. Сосковая мышца имеет цилиндрическую форму и несет одну головку. Основными створками левого клапана являются пристеночная и перегородочная. Длина пристеночной створки равна $0,09 \pm 0,31$ мм, ширина $0,04 \pm 0,45$ мм, толщина $0,02 \pm 0,35$ мм. Параметры перегородочной створки составляют – $0,08 \pm 0,32$, $0,05 \pm 0,41$, $0,03 \pm 0,55$ мм, соответственно. К пристеночной створке прикрепляются пять струн: две от краниальной и три от каудальной сосковых мышц. К перегородочной створке подходят восемь струн от краниальной пристеночной сосковой мышцы и семь – от каудальной пристеночной.

Заключение

Таким образом, клапанный аппарат сердца животных объединяет ряд морфофункционально взаимосвязанных структур (сосковые мышцы, сухожильные струны, створки). Сердце ночницы Брандта (*Myotis brandtii*) имеет правый атриовентрикулярный клапан, имеющий две створки, правое легкое дольчатое, включает верхушечную, сердечную и диафрагмальную доли и наиболее развитой является диафрагмальная, в левом – дольчатость не отмечена.

18.04.17

Список литературы:

1. Жеденов, В.Н. Легкие и сердце животных и человека (в естественно-историческом развитии) / В.Н. Жеденов // М.: Высшая школа, 1961. – С. 215–311.
2. Автандилов, Г.Г. Медицинская морфометрия. Руководство / Г.Г. Автандилов // М.: Медицина, 1990. – С. 202–214.
3. Лакин Г.Ф., Биометрия / Г.Ф. Лакин // М.: высшая школа. – 1990. – С. 13–124.
4. Песенко, Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю.А. Песенко // М.: Наука. – 1982. – 287 с.
5. Петухов, В.Л. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назарова // М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
6. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика / П.Ф. Рокицкий // Минск: Высшая школа. – 1973. – 320 с.
7. Константинов, В.М. Зоология позвоночных: учеб. для вузов / В.М. Константинов, С.П. Наумов, С.П. Шаталова. – М.: Академия, 2006. – С. 112–315.
8. Шмидт-Ниельсен, К. Физиология животных. Приспособление и среда / К. Шмидт-Ниельсен // М.: Мир, 1982. – Кн. 1. – С. 116–184.
9. Vanderelst D, Reijniers J, Firzloff U, Peremans H (2011) Dominant glint based prey localization in horseshoe bats: a possible strategy for noise rejection. PLoS computational biology.
10. Gardiner JD, Codd JR, Nudds RL (2011) An association between ear and tail morphologies of bats and their foraging style. Canadian Journal of Zoology 89: 90–99.
11. Schnitzler HU, Denzinger A (2011) Auditory fovea and Doppler shift compensation: adaptations for flutter detection in echolocating bats using CF-FM signals. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology 197: 541–559.
12. Vanderelst D, Jonas R, Herbert P (2012) The furrows of Rhinolophidae revisited. Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society 9: 1100–1103.
13. Muijres FT, Johansson LC, Bowlin MS, Winter Y, Hedenström A (2012) Comparing aerodynamic efficiency in birds and bats suggests better flight performance in birds. PLOS One 7: e37335.
14. Vanderelst D, Lee YF, Geipel I, Kalko EK, Kuo YM, et al. (2013) The noseleaf of rhinolophus formosae focuses the frequency modulated (fm) component of the calls. Frontiers in physiology 4: Epub 2013 Jul 19.
15. Seibert AM, Koblit JC, Denzinger A, Schnitzler HU (2013) Scanning Behavior in Echolocating Common Pipistrelle Bats (*Pipistrellus pipistrellus*). PLoS one 8: e60752.
16. Geipel I, Jung K, Kalko EK (2013). Perception of silent and motionless prey on vegetation by echolocation in the gleaning bat *Micronycteris microtis*.
17. Anders Hedenström, L. Christoffer Johansson (2015) Bat flight: aerodynamics, kinematics and flight morphology Journal of Experimental Biology 2015 218: 653-663; doi: 10.

Сведения об авторах:

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

Завалева Светлана Михайловна, доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и почвоведения
химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, т. (3532) 372480

Садыкова Наталья Николаевна, доцент кафедры биоэкологии и техносферной безопасности
Бузулукского гуманитарного технологического института филиала
Оренбургского государственного университета
461040, г. Бузулук, ул. 16 линия, д. 7

Чернопрудова Полина Валерьевна, студент кафедры биологии и почвоведения
химико-биологического факультета Оренбургского государственного университета
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, т. (3532) 372480