

УДК 591.47:599.42

**Ковалева И. М.**

**ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТЯГОТЕНИЯ НА АДАПТАЦИЮ  
ФОРМЫ И ФУНКЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ  
РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA)**

**Введение**

Многие исследователи отмечали особенности строения осевого скелета рукокрылых, в частности, грудной клетки и ее элементов [12, 3], заключающиеся в форме грудной клетки, строении отдельных ее элементов и в характере их сочленения.

Рукокрылые, в отличие от других млекопитающих, используют в качестве основного средства передвижения активный полет. Каким образом и в силу каких причин этим животным удалось преодолеть гравитацию и подняться в воздух, – вопросы, на которые пока нет ответа. Однако установлено [1, 6, 11], что сила тяготения оказывает различное влияние на организм даже в зависимости от положения его относительно земной поверхности, так что строение организма определяется, наряду с его экологией, и вектором гравитации [4]. Гравитация, таким образом, выступила как мощный формообразовательный фактор [4].

Настоящая работа является попыткой представить влияние гравитации на формирование различий опорно-двигательных структур в отряде рукокрылых на примере *Rhinolophidae* и *Vespertilionidae*.

**Результаты**

Грудная клетка рукокрылых, состоящая из большого числа анатомических элементов, рассматривалась как подвижная конструкция. Анализ дифференциации анатомических структур и способов их соединения позволяет ввести градацию степени подвижности грудной клетки, включающую высокую, среднюю и низкую [9]. Исследованные семейства можно разделить на 3 группы: первая представляет семейства с высокой подвижностью грудной клетки (*Emballonuridae*, *Molossidae*, *Vespertilionidae*); вторая — со средней (*Rhinopomatidae*, *Megadermatidae*, *Nycteridae*, *Pteropidae*); а третья — с низкой (*Rhinolophidae*, *Hipposideridae*).

Для выяснения причин полученного распределения рукокрылых, были отобраны представители двух крайних групп, а именно: гладконосые летучие мыши (*Vespertilionidae*) и подковоносые летучие мыши (*Rhinolophidae*). Они выступили в качестве модельных объектов для проведения комплексного анализа морфологических структур, имеющих непосредственную (топографическую и функциональную) связь с грудной клеткой, во взаимосвязи со стратегией кормодобывания, особенностей локомоции, способов обнаружения пищи и пр.

Исследование мышц вентроторакального комплекса (мышцы грудной и брюшной стенок, диафрагма) [2] показало, что у представителей подковоносых летучих мышей не дифференцировано большинство мышц грудной клетки, в отличие от гладконосых. Межреберные мышцы у подковоносов, в отличие от гладконосых, истонченные и представлены в виде тонких сухожильно-мышечных волокон. У подковоносов наблюдается укорочение и расширение прямой мышцы живота, усиление мышечной части поперечной брюшной мышцы и диафрагмы. У гладконосых летучих мышей сухожильные волокна брюшных мышц и диафрагмы количественно преобладают над мышечными.

### **Обсуждение**

Особенности анатомического строения рассматриваемых органов у представителей двух семейств рукокрылых могут быть объяснены лишь с привлечением экологических, поведенческих и абиотических факторов.

Форма грудной клетки подковоносов, поперечное сечение которой приближается к кругу, с учетом аэродинамических требований, повышает энергозатраты в полете на сохранение равновесия тела. Гладконосые летучие мыши, грудная клетка которых сжата дорзовентрально, испытывают соответственно меньшие энергозатраты в полете. Этими различиями в строении грудной клетки вполне объясняются различия в стратегии фуражирования рукокрылых.

Известно, что обычно подковоносы тратят в три раза меньше времени в течение суток для активного (то есть связанного с передвижением) кормления, нежели гладконосые летучие мыши. Причем, используя в качестве зондирующего сигнала доплеровский локатор, подковоносы могут находиться в засаде, не расходуя энергию на поиски добычи. Животные, подвешиваясь на когтях тазовых конечностей, могут «обозревать» пространство вокруг себя, легко вращаясь на 360 градусов вокруг своей оси, чему в немалой степени способствует уникальное строение тазовых конечностей этих животных [10, 3]. При обнаружении добычи включается в работу импульсный локатор для определения расстояния до объекта, после чего животное с большой точностью подлетает к жертве. Схватив добычу, подковонос возвращается на место или, «присаживаясь» недалеко от места поимки и поедает ее [7]. Подковоносы практически исключают перемещения по субстрату на конечностях, в отличие от других рукокрылых, в частности, от гладконосых.

Гладконосые летучие мыши, как и большинство других насекомоядных летучих мышей, долгое время проводят в полете, используя в качестве средства обнаружения добычи только импульсный локатор, питаясь на лету насекомыми. Они отдыхают, нередко находясь при этом, в отличие от подковоносов, в почти горизонтальном положении, опираясь на четыре конечности и вентральную поверхность тела. Активно используют четвероногую локомоцию как для перемещений в гнездовых, так и для поимки добычи, перемещаясь с целью поиска последней по стволам и веткам деревьев. Такому перемещению на четырех конечностях не препятствует строение подвижной грудной клетки, имеющей вентродорзальное сжатие. Мышцы грудной клетки хорошо дифференцированы, а животные используют как грудное, так и брюшное дыхание.

Различные способы локомоции нельзя рассматривать лишь с механической точки зрения, поскольку им соответствуют определенные уровни потребления энергии и, следовательно, особенности развития мышечных групп и отделов скелета. Таким образом, разные способы локомоции животных – это разные способы преодоления гравитационных сил. При активном образе жизни у животных мощно развит скелет, увеличены очаги кроветворения, объем сердца [4].

Содержание миоглобина в мышцах также свидетельствует о двигательной активности животного. Если принять, что грудные мышцы являются основными летательными мышцами, то факт содержания в них волокон окислительного типа у гладконосых летучих мышей и превалирование волокон гликолитического типа у подковоносов [5] подтверждает отмеченную выше большую продолжительность полета первых по сравнению со вторыми.

Большинство биологических эффектов гравитационного поля определяется не столько величиной, сколько однонаправленностью сил гравитации [4], так что существенным является превалирующее положение организма в гравитационном поле.

Учитывая особенности гравитационных условий обитания подковоносов (когда более 90 % времени жизни животное находится в подвешенном вниз головой положении, подвергаясь постоянному однонаправленному действию гравитации), становится возможным объяснить становление у них грудной клетки низкой подвижности с малодифференцированной респираторной мускулатурой. К тому же практически полное исключение четвероногой локомоции по субстрату в немалой степени способствовало становлению описанного малоамортизационного строения осевого скелета и, соответственно, низкой дифференциации вентроторакальных мышц у подковоносов.

Как представляется, именно под действием силы тяжести грудная клетка подковоносов, испытывая постоянное давление внутренних органов (легкие, сердце, органы брюшной полости), приобрела характерную чашеобразную форму. При висячем положении тела расширение легких и, таким образом, вдох осуществляется путем сокращения, главным образом, основной дыхательной мышцы – диафрагмы, что способствует оттеснению внутренних органов брюшной полости каудально и наполнению легких воздухом. Выдох происходит пассивно, при гравитационном возвращении внутренних органов в первоначальное положение, сопровождаясь давлением их на легкие и выходом воздуха из них.

В описанном механизме диафрагмального дыхания подковоносов элементы грудной клетки, в частности, ребра остаются практически неподвижными, соответственно и респираторные мышцы грудной клетки не принимают участия в акте дыхания. Рентгенологические исследования при моделировании дыхания рукокрылых [8] подтверждают сказанное.

Положение тела гладконосых летучих мышей значительную часть времени их жизни меняется относительно вектора гравитации и, таким образом, действие силы тяжести на организм в целом разнонаправленно, как и на большинство млекопитающих.

## Выводы

Учитывая характер кормодобывания, предпочитаемые места обитания, локомоторные привычки рассматриваемых семейств и вектор гравитации, действующий на них, можно прийти к следующему выводу:

становление низкой подвижности грудного отдела позвоночника и грудной клетки в целом с ее слабо дифференцированной мускулатурой у подковоносов могло произойти лишь при условии использования малоамортизационного способа передвижения – полета, и при крайне ограниченном использовании четвероногого способа локомоции по твердому субстрату при преимущественно вертикальном положении тела животного, обеспечивающем постоянное однонаправленное воздействие гравитационного поля Земли на организм этих животных.

## Литература

- 1. Белкания Г. С., Дарцмелия В. А.** Физиологические эффекты ортоградной статики и прямохождения у обезьян // V Ежегодн. Симпоз. Комиссии по гравитационной физиологии Межд. союза физиологических наук (М., 26–29 июля, 1983; Тез. докл. – М.: Наука, 1983. – С. 23–24.
- 2. Ковалева И.М.** Морфо-функциональные особенности вентро-торакального комплекса мышц подковоносовых и гладконосных летучих мышей (Chiroptera; Rhinolophidae, Vespertilionidae) // Наук. вісн. нац. аграрного ун-ту. – Київ, 1999. – № 6. – С. 77–79.
- 3. Ковтун М. Ф.** Строение и эволюция органов локомоции рукокрылых. – К.: Наук. думка, 1984. – 304 с.
- 4. Проблемы космической биологии, Том 33 // Гравитация и организм.** – М., Наука, 1976. – 287 с.
- 5. Родионов В.А.** Сравнительно-гистохимическое изучение летательных мышц Chiroptera // Рукокрылые. – М.: Наука, 1980. – С. 26–32.
- 6. Arndt J.O., Seymour R.S.** Adaptation of the cardiovascular system to gravity: Volume/pressure relations of the circulation of terrestrial and aquatic snakes. Abstract 90.15/P of 32<sup>nd</sup> I.U.P.S. Congress, Glasgow, 1993.
- 7. Jones G., Rayner J.M.** Foraging behaviour and echolocation of wild horseshoe bats *Rhinolophus ferrumequinum* and *R. hipposideros* (Chiroptera, Rhinolophidae) // Behavioural Ecology and Sociobiology. – 15. – 1989. – P. 183–191.
- 8. Kovalyova I.M.** Bats evolution in the flight of adaptational transformations of the respiratory system // Myotis. – 1995. – 32 – 33. – P. 9–19.
- 9. Kovalyova I.M., Taraborkin L.A.** The Empirical estimation of adaptative transformations in the Bats' thorax using the cluster analysis methods // VIII European Bat Research Sympos. (Abstracts), Krakow, 1999. – P. 34.
- 10. Kreith K.** Funktionsanatomische Untersuchungen der Bauchmuskulatur und der Hinterextremitäten der Chiroptera im Vergleich zu den quadrupeden Säugern im allgemeinen und zu den Insektivora im besonderen // These Wien, 1955.–148 p.
- 11. Lillywhite H. B.** Gravity, blood circulation, and the adaptation of form and function in lower vertebrates // Journ. of Exper. Zool. – 1996. – 275. – P. 217–225.
- 12. Vaughan T. A.** The skeletal System // Biology of Bats. – New York, Academic Press, 1970. – 1. – P. 98–138.

## Summary

**Influence of gravity on adaptation of thorax form and function in bats (Chiroptera).** — **Kovalyova I. M.** — The author showed how gravity had influence on transformations of thorax form and function in different bats groups, being one of determining factors in adaptational reconstructions of organs of skeleton muscular system.