

М. Ф. КОВТУН, В. Ф. МОРОЗ

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ
ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА У EPTESICUS SEROTINUS SCHREB
(CHIROPTERA)**

(Представлено академиком С. С. Шварцем 15 XII 1972)

Литературные сведения по морфофункциональному анализу мышц, действующих на плечелопаточный сустав у Chiroptera (¹⁻⁴), дают лишь общее представление о функции этих мышц. Считается, что взмах крыла вниз осуществляется главным образом *m. pectoralis*, *m. serratus anterior*, *m. subscapularis*; взмах вверх — *m. deltoideus*, *m. infraspinatus*, *m. trapezius* и др. Эти и некоторые другие мышцы, принимающие участие в производстве летательных движений, являются относительно самыми развитыми. Так, грудные мышцы у *Eptesicus serotinus* составляют 3,5% общего веса, передний зубчатый мускул 1,3%, подлопаточный 1,1%, группа дельтовидных мышц 0,6%, трапецевидный мускул 0,4%, заостренный 0,3%. Целью настоящего исследования было показать долевое участие отдельных мышц плечевого пояса в работе при различных формах локомоции. Для этого наряду со сравнительно-анатомическим было проведено электромиографическое исследование отдельных мышц (*m. pectoralis*, *m. acromiodeltoideus*, *m. infraspinatus*, *m. latissimus dorsi*) на трех особях кожного позднего (*Eptesicus serotinus*). Отведение биопотенциалов осуществлялось с помощью биполярных, внутримышечных, проволоочных электродов с межэлектродным расстоянием 2 мм. В качестве электродов применялся нихромовый провод диаметром 100 м. Кончики провода очищались от изоляции на 1 мм. Введение электродов в мышцу осуществлялось с помощью тонкой инъекционной иглы. Точность введения электродов проверялась постмортально. Эта проверка показала, что во всех случаях электроды были введены правильно. Биотоки мышц усиливались с помощью усилителей типа УБП1-02, имеющих полосу пропусканий от 10 гц до 1 кгц. Регистрация биотоков производилась на 14-шлейфном осциллографе типа Н-700. Запись электромиограммы (э.м.г.) производилась одновременно с трех и двух мышц плечевого пояса при полете, ползании по субстрату и подвешивании с помощью когтей большого пальца грудной конечности.

Результаты исследования. 1. Э.м.г., записанная при полете, показывает, что в условиях закрытого помещения животное делало 13—14 взмахов крыльев за 1 сек. Активность грудной мышцы регистрируется на протяжении 25 мсек., период покоя 50 мсек. Видимо, период активности грудной мышцы не соответствует продолжительности взмаха крыльев вниз, тем более что анализ полета, заснятого на кинолентку, показывает, что взмах вниз более длительный, чем взмах вверх (⁵). Отсюда можно заключить, что грудная мышца активна лишь на каком-то среднем участке движения крыла вниз, где требуется самая большая мощность мышц полета. Очевидно, начальную и завершающую стадии взмаха вниз осуществляют другие мышцы (*m. serratus ant.*, *m. subscapularis*). К сожалению, нам пока не удалось записать э.м.г. этих мышц и мы не можем ответить на этот вопрос более определенно.

Э.м.г. показывает (рис. 1а), что лишь *m. infraspinatus* является выраженным антагонистом грудного мускула — его активность попадает на пе-

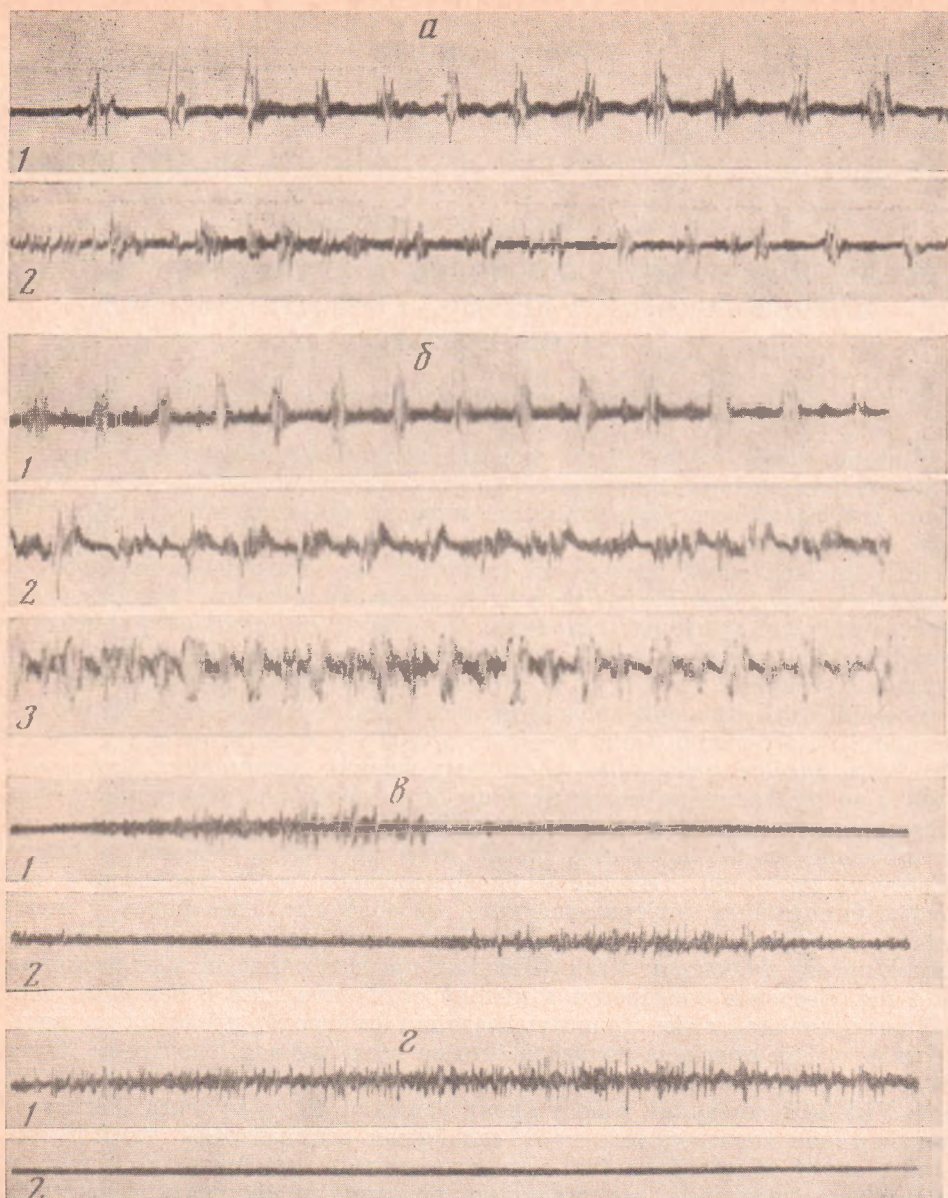


Рис. 1. Э.м.г. *m. pectoralis* (1) и *m. infraspinatus* (2) во время полета (а), *m. pectoralis* (1), *m. latissimus dorsi* (2), *m. acromiodeltoideus* (3) во время полета (б), *m. pectoralis* (1) и *m. infraspinatus* (2) при ползании (в), *m. pectoralis* (1) и *m. infraspinatus* (2) при висении (г)

риод покоя *m. pectoralis*. Продолжительность периодов активности и покоя для этих мускулов одинаковая и равна соответственно 25 и 50 мсек. Однако работают эти мышцы с различной нагрузкой, о чем свидетельствует различие величины амплитуды э.м.г. Если для грудной мышцы амплитуда равна 1000 мв, то для заостной только 350 мв.

Из комплекса дельтовидных мышц (у кожанки позднего их две) э.м.г. подвергался *m. acromiodeltoideus*. По э.м.г. (рис. 16) можно судить, что этот мускул во время полета весьма активный. Его активность регистрируется не только во время взмаха вверх, но и во время взмаха вниз, одновременно с активностью грудного мускула. Период активности его равен

30 мсек., период покоя 40 мсек., амплитуда 650 мв. Следует отметить, что период активности во время взмаха вниз менее продолжительный, чем при взмахе вверх. Величина биопотенциалов *m. acromiodeltoideus* при взмахе вниз также несколько меньше (около 500 мв), чем при взмахе вверх. Приведенные данные говорят о том, что этот мускул работал главным образом при взмахе крыла вверх. Морфологическое исследование также показывает, что по топографическому положению эта мышца не может участвовать в производстве взмаха вниз одновременно с грудным мускулом. Остается предположить, что активность *m. acromiodeltoideus* во время взмаха вниз связана с тормозящим действием его на *m. pectoralis*. Такая работа должна обеспечивать плавность движения крыла вниз.

M. latissimus dorsi также проявляет наибольшую активность во время взмаха вверх (рис. 1а). Однако начало его активности в какой-то мере совпадает с концом активности грудного мускула, т. е. *m. latissimus dorsi* включается в работу раньше, чем выключается *m. pectoralis*. Очевидно, он выполняет такую же роль «тормоза» в конце взмаха вниз, какую выполняет *m. acromiodeltoideus* в средней части взмаха вниз. Период активности для этого мускула равен 30 мсек., период покоя 40 мсек., амплитуда биопотенциалов 800 мв.

2. При наземной локомоции (передвижение по субстрату с участием грудных и тазовых конечностей) биопотенциалы отводились от *m. pectoralis* и *m. infraspinatus*. На э.м.г. (рис. 1б) видно, что и при наземной локомоции эти мускулы являются чистыми антагонистами. Однако характер активности этих мышц при наземной локомоции существенно отличается от таковой при полете. Прежде всего это касается продолжительности периодов покоя и активности. Если при полете период активности *m. pectoralis* за время одного полного цикла биения крыла составляет 25 мсек., а период покоя 50 мсек., то при ползании за время полного цикла шаговых движений период активности этой мышцы равен 350 мсек., период покоя 200 мсек. Почти также растягивается рабочий цикл и для *m. infraspinatus*. Можно видеть, что период активности грудного мускула при наземной локомоции увеличивается в 14 раз и чуть ли не в два раза превышает период покоя, тогда как при полете период покоя в два раза длиннее периода активности. Обращает на себя внимание и тот факт, что, несмотря на такую растянутость периода активности, амплитуда отводимых биопотенциалов, хотя и является непостоянной, в среднем остается такой же высокой, как и при полете. Такое колебание амплитуды (700—1300 мв) говорит о том, что мышца работает в невыгодном для нее режиме, что здесь не выработана «автоматизация» движений. Отсюда можно заключить, что наземная локомоция для кожанца позднего является не специфичной и очень неэкономной.

3. Во время висения животного на когте большого пальца биопотенциалы отводились от *m. pectoralis* и *m. infraspinatus*. Из э.м.г. (рис. 1г) видно, что активность проявляет лишь грудной мускул, при этом он остается активным на протяжении всей записи э.м.г. Амплитуда биопотенциалов грудного мускула не постоянна и колеблется от 700 до 900 мв. Характер активности и нестабильность амплитуды говорят о том, что такая нагрузка (висение) не является специфичной для грудного мускула. Она возможна лишь при непродолжительном висении. При более длительном висении включаются специальные «механизмы», обеспечивающие фиксацию животного с наименьшей затратой мышечной энергии.

Таким образом, анализ э.м.г. даже четырех мускулов, принимающих участие в производстве летательных движений, показывает, что их взаимоотношения значительно сложнее, чем можно предположить на основании морфологических данных. Из трех мускулов, которые, как принято считать, являются антагонистами грудного мускула, лишь заостный мускул не обнаруживает активности во время работы грудного мускула. Несмотря на то, что основной работой *m. acromiodeltoideus*, *m. latissimus dor-*

си является участие во взмахе вверх, они также проявляют активность и при взмахе вниз. По всей видимости эта активность связана с уступающей работой мускулов, которые на различных этапах взмаха вниз оказывают тормозное влияние на грудной мускул.

Дальнейшее исследование в этом направлении позволит дать более полную характеристику работы мышц конечностей рукокрылых.

Институт зоологии
Академии наук УССР
Киев

Поступило
9 XII 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ T. A. Vaughan, University of Kansas Pubs. Mus. Nat. Hist., 12, № 1, 3 (1959).
² U. M. Norberg, Arkiv zool., 22, 5, 483 (1970). ³ U. M. Norberg, Zs. Morphol. Tiere, 73, 1 (1972). ⁴ М. Ф. Ковтун, Вестн. зоол., № 1, 18 (1970). ⁵ M. Eisen-
traut, Zs. Zool., 148, 2 (1936).