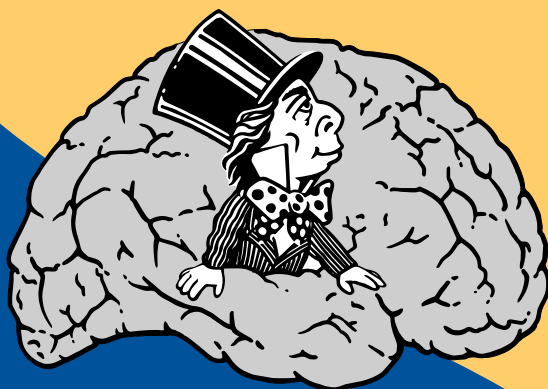


# КОГНИТИВНАЯ НАУКА

В МОСКВЕ



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
2019

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

УДК 159.9  
ББК 88.25  
К57

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 19 июня 2019 г. Под ред. Е. В. Печенковой, М. В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППиП. 2019 г. – 656 стр.

ISBN 978-5-4465-2346-7

УДК 159.9  
ББК 88.25

ISBN 978-5-4465-2346-7

©Авторы статей, 2019

## **ПРЕДШЕСТВУЮЩАЯ ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ОБЛЕГЧАЕТ РЕШЕНИЕ ПОИСКОВОЙ ЗАДАЧИ В НОВОЙ ОБСТАНОВКЕ У СВЕРЧКОВ *GRYLLUS BIMACULATUS***

М. И. Межеричкий\*, Д. Д. Воронцов, В. Е. Дьяконова  
[psypeace@yandex.ru](mailto:psypeace@yandex.ru)  
ИБР РАН, Москва

**Аннотация.** Положительное влияние физических упражнений на когнитивные функции людей и лабораторных грызунов неоднократно демонстрировались и широко обсуждались в последние десятилетия. В. Е. Дьяконовой была высказана гипотеза об эволюционной консервативности данного эффекта, что может объясняться пользой для ориентации и адаптации к новой среде, достигнутой после периода интенсивной локомоции. В данной работе нашей целью было проверить влияние полета на половое и поисковое поведение самки сверчка в новой среде. Поведенческая задача для животных состояла в том, чтобы на просторной арене найти путь из домашнего индивидуального контейнера к спрятанной за тканевой стенкой музыкальной колонке, транслировавшей призывную песню самца сверчка. Мы выяснили, что самки после полета лучше справлялись с задачей нахождения источника призывной песни, чем контрольные нелетавшие животные. Они проходили меньшее расстояние от контейнера до источника звука, то есть двигались более прямолинейно, больше времени проводили в зоне динамика. Они также достоверно чаще забирались на тканевую стену для достижения источника звука, чем самки из контрольной группы. Наши результаты указывают на то, что интенсивная физическая активность может облегчать поисковое и половое поведение в новой среде не только у млекопитающих, но и у их эволюционно дальних родственников — насекомых.

**Ключевые слова:** локомоция, поисковое поведение, мотивация, решение задачи, новая среда

Исследование поддержано грантами РФФИ № 19-04-00628, 17-29-07029.

Благотворное воздействие аэробных физических упражнений на когнитивные функции неоднократно показано у человека и грызунов. Двигательная активность благоприятствует выполнению ряда когнитивных функций (Chang et al., 2013; Lee et al., 2013; Laurence et al., 2015), обладает антидепрессивным эффектом (Salmon, 2001), улучшает запоминание новой информации (Roig et al., 2012) и забывание старой (Epp et al., 2016), облегчает течение нейродегенеративных расстройств (Chang et al., 2013).

Уже проверено участие серотонина, дофамина, эндорфинов, эндоканнабиноидов и нескольких факторов роста (BDNF, IGF-1, VEGF) в обеспечении положительных эффектов физических упражнений (Trejo et al., 2001; Heijnen et al., 2016; Choi et al., 2018). Согласно рабочей гипотезе, высказанной В. Е. Дьяко-

новой (Дьяконова, Сахаров, 2019), эффекты интенсивной двигательной активности в отношении поведения сформировались рано в эволюции и имеют консервативную нейрохимическую основу, что может объясняться пользой для ориентации и адаптации в новой среде, достигнутой после периода интенсивной локомоции. Недавно нашла свое подтверждение идея о том, что эффекты влияния двигательной активности на последующее поведение присутствуют у беспозвоночных, в частности у представителей двух групп первичноротых животных, таких как большой прудовик *Lymnaea stagnalis* и сверчок *Gryllus bimaculatus* (Korshunova et al., 2016; Дьяконова, Сахаров, 2019).

В данной работе целью было проверить влияние интенсивной двигательной активности (полета) на половое и поисковое поведение самки сверчка в новой среде. Поведенческая задача для животных состояла в том, чтобы в условиях новой среды на просторной арене найти путь от индивидуального контейнера, в котором животное находилось, к спрятанной за тканевой стенкой колонке, транслировавшей призывную песню самца сверчка.

## Материалы и методы

**Объекты:** самки сверчков *G. bimaculatus* DeGeer были взяты из общей колонии Института биологии развития им. Кольцова РАН, где они содержались при температуре 25–26 градусов по Цельсию и световом режиме 12/12. Самки отсаживались в отдельные контейнеры при тех же средовых условиях на 14 дней с целью избавления от яиц. За 12 часов до проведения эксперимента самки рассаживались в отдельные контейнеры для сглаживания иерархических различий, которые могут влиять на итог эксперимента (Hofmann, 1997).

**Процедура вызванного полета:** самки сверчка ( $N=44$ ) были приклеены за дорсальную часть грудного сегмента к специальному держателю таким образом, чтобы это не мешало им расправлять крылья. Затем с использованием вентилятора на животных была направлена струя воздуха, провоцирующая сверчков к полету, в течение 3 минут. Контрольная группа сверчков была подвергнута хэндлингу, процедуре, при которой сверчков держали в руках в течение 3 минут для выравнивания стрессогенного воздействия между двумя группами.

**Поведенческий эксперимент:** после процедур вызванного полета и хэндлинга сверчки возвращались в свои индивидуальные контейнеры на 2 минуты для восстановления после острого стресса, вызванного предэкспериментальными манипуляциями. После небольшого отдыха сверчки в этих же контейнерах перемещались на экспериментальную арену. Контейнеры ставились таким образом, чтобы сверчки могли свободно выходить на арену. Время нахождения сверчка на арене с момента выхода ограничивалось 10 минутами. Размер экспериментальной арены составлял 150 на 150 сантиметров. По периметру арены была натянута тканевая стенка высотой 20 сантиметров. По правую сторону от контейнера за тканевой стенкой мы установили колонку, транслирующую призывную песню самца сверчка. Арена была освещена равномерно. Камера, фиксирующая поведение сверчка, располагалась на

расстоянии 1.5 метра над ареной. Видеозаписи обрабатывались с помощью программы Ethovision XT 13 (Nodus, the Netherlands).

Для исключения случайных факторов, которые могут оказать влияние на поведение животных (таких как запах, цвет стен и т.п.), мы провели дополнительный эксперимент с двумя группами самок сверчка, исключив призывную песню самца ( $N=9$ ;  $N=9$ ).

**Анализ поведения и статистика:** мы использовали программу Ethovision XT 13 для анализа 38 из 44 записей поведения самок сверчков после полета и 35 из 44 записей контрольной группы (не все записи вошли в обработку по техническим причинам). Мы измеряли расстояние от контейнера до зоны у динамика, частоту попадания и длительность нахождения в зоне у динамика. Данные, связанные с подсчетом числа случаев залезания на тканевую стенку напротив динамика и ее преодоления, были обработаны вручную (все 88 записей). Для анализа статистических различий по таким переменным, как дистанция от домика до источника звука, частота посещения зоны и время, проведенное в зоне, был взят U-критерий Манна-Уитни. Тест  $\chi^2$  был использован для подсчета различий в частоте случаев залезания на тканевую стенку.

## Результаты

Самки сверчков с опытом полета ( $N=38$ ) двигались к зоне у динамика более прямолинейно, то есть проходили меньшее расстояние, чем сверчки из контрольной группы ( $p < .0001$ ;  $Z = -3.88$ ; U-критерий Манна-Уитни). Они также чаще ( $p < .001$ ;  $Z = 3.17$ ; U-критерий Манна-Уитни) посещали зону у динамика и проводили в ней больше времени ( $p < .001$ ;  $Z = 3.26$ ; U-критерий Манна-Уитни). Примечательно, что самки сверчка после полета ( $N=44$ ) значительно чаще, чем самки из контрольной группы ( $N=44$ ), «догадывались» перебраться через стенку напротив динамика ( $p < .003$ , тест  $\chi^2$ ). В то же время не было обнаружено существенных различий между двумя группами животных ни по скорости перемещения, ни по времени выхода из контейнера.

## Обсуждение и выводы

В 2000 году были обнаружены сильные активирующие эффекты полета на внутривидовую агрессию самцов (Hofmann, Stevenson, 2000). Тогда же впервые было высказано предположение, что эти эффекты адаптивны, поскольку полет может привести к попаданию насекомого в новую популяцию, где самцы-резиденты имеют более высокие шансы на победу. Вскоре после этих исследований было выявлено столь же выраженное активирующее влияние полета на репродуктивное поведение самцов – усиление ухаживания, призывного пения и повышение частоты спариваний (Dyakonova, Krushinsky, 2008).

Мы рассматриваем эти эффекты как часть биологической преадаптации к возможному попаданию в новую среду. Новая среда означает высокую неопределенность и, следовательно, понижает шансы на выживание. Снижение прогнозируемой продолжительности выживания самой особи будет способствовать ускоренному использованию ее репродуктивного потенциала. Кроме

того, повышение разнообразия фенотипов за счет увеличения численности потомства является известным механизмом преадаптации к новизне.

В данной работе мы продвинулись дальше в изучении эффектов полета на репродуктивное поведение сверчка, исследуя влияние полета на половое поведение самок и решение ими когнитивной задачи по поиску партнера. Наши результаты указывают на то, что интенсивная физическая активность может облегчать решение проблем в новой среде не только у млекопитающих, но и у животных, принадлежащих к отдаленной в эволюционном отношении группе насекомых.

## Литература

Дьяконова В. Е., Сахаров Д. А. Пострефлекторная нейробиология поведения. М.: Издательский Дом ЯСК, 2019.

Chang Y. K., Tsai C. L., Huang C. C., Wang C. C., Chu I. H. Effects of acute resistance exercise on cognition in late middle-aged adults: General or specific cognitive improvement? // Journal of Science and Medicine in Sport. 2013. Vol. 17. No. 1. P. 51–55. doi:10.1016/j.jsams.2013.02.007

Choi S. H., Bylykhashi E., Chatila Z. K., Lee S. W., Pulli B., Clemenson G. D., Kim E., Rompala A., Oram M. K., Asselin C., Aronson J., Zhang C., Miller S. J., Lesinski A., Chen J. W., Kim D. Y., van Praag H., Spiegelman B. M., Gage F. H., Tanzi R. E. Combined adult neurogenesis and BDNF mimic exercise effects on cognition in an Alzheimer's mouse model // Science. 2018. No. 6406. P. eaan8821. doi:10.1126/science.aan8821

Dyakonova V. E., Krushinsky A. L. Previous motor experience enhances courtship behavior in male cricket *Gryllus bimaculatus* // Journal of Insect Behavior. 2008. Vol. 21. No. 3. P. 172–180. doi:10.1007/s10905-008-9117-4

Epp J. R., Mera R. S., Köhler S., Josselyn S. A., Frankland P. W. Neurogenesis-mediated forgetting minimizes proactive interference // Nature Communications. 2016. Vol. 7. doi:10.1038/ncomms10838

Heijnen S., Hommel B., Kibele A., Colzato L. S. Neuromodulation of aerobic exercise – A review // Frontiers in Psychology. 2016. Vol. 6. P. 1890. doi:10.3389/fpsyg.2015.01890

Hofmann H. A. Aggression bei Grillen: Funktion und Mechanismen – Verhalten und Pharmakologie. PhD dissertation. Universität of Leipzig, 1997.

Hofmann H. A., Stevenson P. A. Flight restores fight in crickets // Nature. 2000. Vol. 403. No. 6770. P. 613–613. doi:10.1038/35001137

Korshunova T. A., Dyakonova V. E., Vorontsov D. D. Previous motor activity affects the transition from uncertainty to decision making in snails // The Journal of Experimental Biology. 2016. Vol. 219. No. 22. P. 3635–3641. doi:10.1242/jeb.146837

Laurence N. C., Labuschagne L. G., Lura B. G., Hillman K. L. Regular exercise enhances task-based industriousness in laboratory rats // PLoS ONE. 2015. Vol. 10. No. 6. P. e0129831. doi:10.1371/journal.pone.0129831

Lee M. C., Inoue K., Okamoto M., Liu Y. F., Matsui T., Yook J. S., Soya H. Voluntary resistance running induces increased hippocampal neurogenesis in rats comparable to load-free running // Neuroscience Letters. 2013. Vol. 537. P. 6–10. doi:10.1016/j.neulet.2013.01.005

Roig M., Skriver K., Lundbye-Jensen J., Kiens B., Nielsen J. B. A single bout of exercise improves motor memory // PLoS ONE. 2012. Vol. 7. No. 9. P. e44594. doi:10.1371/journal.pone.0044594

Salmon P. Effects of physical exercise on anxiety, depression, and sensitivity to stress: A unifying theory // Clinical Psychology Review. 2001. Vol. 21. P. 33–61.

Trejo J.L., Carro E., Torres-Aleman I. Circulating insulin-like growth factor 1 mediates exercise-induced increases in the number of new neurons in the adult hippocampus // The Journal of Neuroscience. 2001. Vol. 21. No. 5. P. 1628–1634. [doi:10.1523/jneurosci.21-05-01628.2001](https://doi.org/10.1523/jneurosci.21-05-01628.2001)

## **PREVIOUS MOTOR ACTIVITY FACILITATES PROBLEM SOLVING IN A NOVEL ENVIRONMENT IN THE CRICKET *GRYLLUS BIMACULATUS***

M. Mezheritskiy\*, V. Dyakonova, D. Vorontsov

[psypeace@yandex.ru](mailto:psypeace@yandex.ru)

Institute of Developmental Biology RAS, Moscow

**Abstract.** The influence of physical exercise on brain function in humans and laboratory rodents has been repeatedly demonstrated and widely discussed in recent decades. It has been suggested that feedforward brain activation caused by intense locomotion is a widespread phenomenon throughout the animal kingdom that may be especially beneficial for subsequent orientation and adaptation in a novel environment reached after a period of motor activity. In insects, flying is one of the most expensive forms of motor activity in terms of energy. Here, we tested the effects of flying on subsequent behavioral performance in a novel environment in female crickets. The behavioral task was to find a way to the source of a calling male song. The song was produced by a loudspeaker hidden behind the fabric wall of a spacious square. Female crickets with experience of flight ran to the area near the speaker more straightforwardly, that is, their distance was shorter than in control crickets without flight experience. They also remarkably more often guessed to climb the wall to reach the loudspeaker. In contrast, control crickets spent significantly more time near their home container or more often climbed the wall far from the speaker. Our results support the suggestion that preceding intense locomotion facilitates problem solving in a novel environment.

**Keywords:** locomotion, physical activity, motivation, problem solving, new environment