

УДК: 57.084.1

***Doryteuthis pealeii* как модельный объект в биологии**

Шинелев М.В., Крюкова Ю. Д., Петрова М. И., Мироненко И. В.

ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский» университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail: maxsim99@inbox.ru

Представлено описание одного из видов кальмаров *Doryteuthis pealeii* и всего типа моллюсков в целом. Описаны анатомические и физиологические характеристики головоногих моллюсков, в частности, особенности эволюции нервной системы. Отдельно упоминаются первые эксперименты с участием этих животных. Приведены преимущества кальмаров как модельных объектов, являющиеся ключевыми факторами выбора *Doryteuthis pealeii* как модельного объекта для исследования генома и его эволюции, а также работы нервных процессов, среди которых зрение, память и обучение. Подробно разобраны недостатки использования этих моллюсков в качестве модельных объектов. Например, сложности в содержании, как из-за требования больших помещений для аквариумов, так и из-за специфических условий содержания в них, особенно если необходимо обеспечить содержание разных видов моллюсков. Еще одним примером недостатка является их физиология, а точнее-короткий срок жизни в сравнении с их размерами. А также некоторая этическая неопределенность использования кальмаров в экспериментах. Описаны перспективы использования *Doryteuthis pealeii* в исследованиях по разным направлениям. Упомянут текущий уровень использования и разведения кальмаров в науке как модельных объектов.

Ключевые слова: *doryteuthis pealeii*, модельный объект, кальмар, нервная система, головоногие моллюски.

***Doryteuthis pealeii* as a model object in biology**

Shinelev M.V., Kryukova Y. D., Petrova V. I., Mironenko I. V.

FSBEI HE VolgSMU Of the Ministry of Healthcare of the Russia – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Medical University» Of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation direction of preparation “Biology”, Russia, Volgograd, e-mail: maxsim99@inbox.ru

A description of one of the species of squid *Doryteuthis pealeii* and the whole type of mollusks is presented. Anatomical and physiological characteristics of cephalopods are described, in particular, the features of the evolution of the nervous system. The first experiments involving these animals should be mentioned separately. The advantages of squid as model objects, which are the key factors in choosing *Doryteuthis pealeii* as a model object for studying the genome and its evolution, as well as the work of nervous processes, including vision, memory and learning, are presented. The disadvantages of using these mollusks as model objects are analyzed in detail. For example, difficulties in keeping, both because of the requirement of large rooms for aquariums, and because of the specific conditions of keeping in them, especially if it is necessary to ensure the maintenance of different types of shellfish. Another example of a disadvantage is their physiology, or rather, their short life span compared to their size. As well as some ethical uncertainty about the use of squid in experiments. The prospects of using *Doryteuthis pealeii* in research in different areas are described. The current level of use and breeding of squid in science as model objects is mentioned.

Keyword: *doryteuthis pealeii*, model object, squid, nervous system, cephalopods.

Введение.

Doryteuthis pealeii — вид головоногих моллюсков из семейства Loliginidae. Вид распространён в западной части Северной Атлантики и Южной Атлантики.

Моллюски — крупнейший тип беспозвоночных, по биологическому разнообразию уступающий только членистоногим. Представителей этого типа, содержащих три больших класса — головоногих, брюхоногих и двустворчатых, — объединяет наличие особого анатомического образования — мантии, в полости которой находятся жизненно важные органы. А для интереса к модельным организмам в моллюсках важно другое — особенности эволюции их нервной системы. Если во многих группах животных усовершенствование нервной системы происходит за счет увеличения числа элементов — нейронов, — то у моллюсков произошло укрупнение самих нервных клеток и их отростков. Именно эти гигантские клетки привлекли внимание экспериментаторов: с ними гораздо проще работать, чем с небольшими по размеру нейронами насекомых или млекопитающих.

Материалы и методы.

1. Изучение разнообразных источников информации- сбор информации по исследуемому вопросу.
2. Анализ полученных сведений- анализ собранной информации, проверка на логичность, достоверность и актуальность.
3. Библиографический метод- подсчет количества сделанных публикаций и контент-анализ. Используется для получения сведения об актуальности темы и уровня ее изученности.

Преимущества кальмара как модельного объекта.

Мощно выталкивая струю воды из мантийной полости, кальмары движутся по реактивному типу. Мышечный аппарат, выполняющий эту работу, иннервируется гигантским аксоном — эфферентным отростком гигантской нервной клетки — нейрона. Гигантский аксон — это тяж диаметром от половины до полутора миллиметров.

Внимание нейрофизиологов к обыкновенному кальмару (*Loligo vulgaris*) как к модельному объекту привлек в 1930-е годы британский зоолог Джон Захария Янг. Спустя два десятилетия физиологи Эндрю Филдинг Хаксли и Алан Ллойд Ходжкин создали модель распространения потенциала действия (то есть нервного импульса), экспериментируя с гигантским аксоном длинноперого кальмара (*Doryteuthis pealeii*). Термины “потенциал действия” и “потенциал покоя” появились как следствие их экспериментов. И это является основой всей современной клеточной электрофизиологии.

У крупных нейронов много преимуществ для изучения, и одно из них это то, что в них больше белка, РНК и ДНК, из-за чего гораздо проще проводить количественный анализ протеома и транскриптома отдельных клеток или даже мест контакта нейронов с клетками — синапсов.

Чтобы понимать молекулярные механизмы памяти необходимо знать, какие мРНК и белки образуются в таких местах.

ДНК и РНК кальмара полностью секвенированы.

Также достаточно интересна матричная РНК кальмаров и сама по себе, так как в ней достаточно часто возникают модификации: ферменты ADAR (аденозиндезаминазы, действующие на РНК) превращают аденозин в другой нуклеотид — инозин. Это бывает и у млекопитающих, и у насекомых, но во много раз реже, чем у головоногих. Все дело в числе сайтов, с которыми взаимодействуют ADAR. У человека и дрозофилы такие сайты есть всего в 1–4 процентах всех мРНК, а у кальмаров — в 50 процентах или даже больше.

Кальмары *Doryteuthis pealeii* способны менять последовательность нуклеотидов в РНК не только в ядрах клеток, но и в аксонах. Более того, в аксонах этот процесс идет интенсивнее, чем в телах клеток.

Перекодирование РНК в теории позволяет кодировать одним геном очень много белков. С гена (последовательности нуклеотидов ДНК) списывается несколько копий мРНК, и в каждой такой копии аденозиндезаминазы могут действовать по-разному. Получается несколько разновидностей рибонуклеиновой кислоты, кодирующих не совсем такой же белок, как изначальная мРНК.

Зачем частые модификации нужны головоногим моллюскам, не всегда понятно, но, по всей видимости, они напрямую связаны с работой нервной системы.

Вид кальмаров *Doryteuthis pealeii* — прекрасный модельный объект для исследований генома и его эволюции; нервной системы, а конкретно зрения, памяти и обучения, в том числе транскриптомики и протеомики этих процессов. И это не полный список направлений исследования, головоногих моллюсков можно изучать и для других целей.

Недостатки кальмара как модельного объекта.

Однако есть несколько затруднений использования длинноперых кальмаров как модельных объектов, которые в некоторой степени перечеркивают все достоинства кальмаров как модельных объектов.

Во-первых, всем головоногим необходимы для содержания аквариумы, так как они — морские животные. А аквариумы занимают довольно много места.

Во-вторых, для нормальной жизнедеятельности кальмарам необходимы определенные условия среды, такие как: температура воды, соленость, уровень освещенности. Это проблема усугубляется, если в лаборатории используются кальмары не только вида *Doryteuthis pealeii*, т. к. разные виды кальмаров требуют разные условия содержания.

В-третьих, головоногие моллюски имеют короткое время жизни — от года до четырех-пяти лет. Это очень мало, если учитывать их размеры.

Наконец, в-четвертых, этика проведения экспериментов с кальмарами. Создается ощущение, что человек пока еще недостаточно хорошо понимает головоногих моллюсков. Он не знает, на что по-настоящему способен их мозг. Человеческий интеллект и интеллект этих морских созданий, судя по всему, построены на абсолютно разных принципах.

Об этом часто задумываются работающие с ними ученые. Кто-то предлагает выработать специальные этические нормы для экспериментов с головоногими моллюсками. В Европейском Союзе этих животных сделали «почетными позвоночными». Там при работе с головоногими нужно делать им анестезию, оберегать от серьезных стрессов и даже подвергать эвтаназии, если в противном случае боль и страдания неизбежны.

Заключение.

Кальмар вида *Doryteuthis pealeii* как модельный объект имеет много достоинств, но его недостатки сильно усложняют распространение его использования в исследованиях.

На данный момент центров изучения и разведения головоногих в исследовательских целях немного. Один из наиболее крупных находится в лаборатории морской биологии Чикагского университета. Но число публикаций о кальмарах в последние годы растет. Увеличивается и многообразие областей научного применения этих животных.

Список использованной литературы:

1. Isabel C Vallecillo-Viejo, Noa Liscovitch-Brauer, Juan F Diaz Quiroz, Maria F Montiel-Gonzalez, Sonya E Nemes, Kavita J. Rangan, Simon R. Levinson, Eli Eisenberg, Joshua J. C. Rosenthal Пространственно регулируемое редактирование генетической информации внутри нейрона // Volume 48, Issue 8.
2. Jacobson, L. D. 2005. "Основной исходный документ среды обитания рыб: Прибрежный кальмар *Longfin, Loligo pealeii*, история жизни и характеристики среды обитания" .
3. Williams L. W. The anatomy of the common squid: *Loligo pealii*, Lesueur. — Leiden : E. J. Brill, 1910.
4. Shigeno S, Andrews PLR, Ponte G, Fiorito G. мозг головоногих моллюсков: обзор современных знаний для облегчения сравнения с позвоночными. *Передний Физиол.* 2018 20 июля;9: 952. doi: 10.3389/fphys.2018.00952. PMID: 30079030; PMCID: PMC6062618.
5. Ncbi.nlm.nih.gov [Электронный ресурс] // Национальный центр биотехнологической информации. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/bioproject/?term=PRJNA255916>