

УДК 597.575

ДАНИО-РЕРИО (*DANIO RERIO*) КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ В БИОЛОГИИ

Дегтева Н.М.¹, Шарипова А. Ф.¹, Шишова Е. С.¹

¹ФГБОУ ВолгГМУ Минздрава Российской Федерации - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, email: nataliedegteva@mail.ru

Данио-рерио (*Danio Rerio*) — вид пресноводных лучепёрых рыб семейства карповых. Именно морфофизиологические особенности, небольшие размеры, быстрое наступление репродуктивного периода, высокая плодовитость и простота содержания обуславливают широкое применение данного организма в биологических исследованиях. Данио - Рерио используется для изучения редких и распространенных наследственных заболеваний, физиологии нейрорегуляторных процессов, скорости регенерации тканей и органов, а также для исследования действий лекарств. Данио - Рерио так же может быть использован в качестве объекта для моделирования стрессовых расстройств и изучения влияния различных стимулов внешней среды на смену настроения, что обуславливается сложным поведением рыб, и использоваться в качестве тест-организма для определения степени загрязнения водной среды.

Ключевые слова: Данио-Рерио, моделирование заболеваний, биологические исследования, стресс, индикатор загрязнения.

DANIO RERIO AS AN OBJECT OF RESEARCH IN BIOLOGY

Degteva N. M.¹, Sharipova A. F.¹, Shishova E. S.¹

¹FGBOU VolgSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation - Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Medical University" of the Ministry of Health of the Russian Federation, field of study "Biology", Russia, Volgograd, email: nataliedegteva@mail.ru

The *Danio Rerio* is a species of freshwater ray-finned fish in the family Cyprinidae. It is the morphophysiological features, small size, rapid onset of the reproductive period, high fertility and simplicity of maintenance that determine the widespread use of this organism in biological research. *Danio - Rerio* is used to study rare and common hereditary diseases, the physiology of neuroregulatory processes, the rate of regeneration of tissues and organs, as well as to study the effects of drugs. *Danio - Rerio* can also be used as an object for modeling stress disorders and studying the influence of various environmental stimuli on mood changes, which is caused by complex behavior of fish, and used as a test organism to determine the degree of pollution of the aquatic environment.

Keywords: *Danio-Rerio*, disease modeling, biological research, stress, pollution indicator.

Введение

Danio - Rerio (Zebrafish) является изученным и практичным модельным объектом доклинических исследований. Актуальность использования Данио Рерио в качестве модельного объекта для биологических, генетических, фармакологических исследованиях и скрининге при мутагенезе, для изучения генеза регенерации и нейрорегуляторных механизмов обуславливается детально изученным эмбриогенезом организма, составом и структурой генома, морфофункциональными особенностями, а также простотой содержания.

Морфофункциональные особенности организма

Данио-Рерио (*Danio-Rerio, Zebrafish*) – маленькая, пресноводная тропическая рыбка, имеющая продолговатую форму тела, окраска варьируется от светло-серебристого с желтыми полосками, до темно серебристого цвета с желто-зелеными полосками. Размер взрослых особей варьируется от 5 до 8 см. Принадлежит к подтипу Костные рыбы, классу Лучепёрые рыбы, отряду Карпообразные. Особенностью отряда Карпообразных является отсутствие желудка и зубов, а также высокая способность к регенерации. Ареал обитания – реки и озера Индии и Пакистана, а также водоемы Непала и Бангладеша [1]. Продолжительность жизни достигает 5-6 лет, однако в неволе рыбки живут не дольше 3 лет, при этом период половозрелости у Данио – Рерио наступает уже в 5-8 месяцев. На ранних этапах развития различия между полами незначительны. С 5 месяцев самцы отличаются от самок более вытянутым телом, насыщенным окрасом, а самки имеют округленное брюшко и бледный окрас. По типу питания Данио – Рерио является хищником, основу рациона составляют личинки насекомых, мелкие черви, бентосные организмы и низшие ракообразные. Как и другие виды рыб, Данио-Рерио имеет развитую систему органов чувств, в том числе боковую линию для восприятия вибраций из окружающей среды, которые могут сигнализировать об опасности или использоваться для коммуникации с другими видами рыб, и обонятельные луковицы, которые используются для ощущения изменения химического состава воды [2].

Историческая справка применения организма

Первым ученым, изучавшим строение и физиологию Данио-Рерио (*Danio-Rerio*), был шотландский зоолог Френсис Гамильтон. В 1822 г. во время службы в Ост-Индской компании, Гамильтон обнаружил Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) в водоемах индийского штата Бихар и описал их как «прекрасных рыб» с «несколькими голубыми и серебристыми полосками на боках». В 1878 г., ученый Фрэнсис Дэй опубликовал двухтомник под названием «Рыбы Индии», который содержал краткое описание и рисунок Данио-Рерио

(*Danio-Rerio*). Далее в 1910-х годах Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) стали использоваться в Европе в качестве аквариумных рыбок. В начале 30-х гг. американский эмбриолог Джейн Оппенгеймер предположила, что Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) может стать идеальным объектом для изучения основ эмбриологии позвоночных. Оппенгеймер удалось показать, что эмбриогенез Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) сходен с эмбриогенезом амфибий и установить, что гены, отвечающие за формирование спинной оси, практически идентичны у всех хордовых. В 1934 г. сотрудник Университета Уэйна Чарльз Кризер решил ввести Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) как модельный объект для лабораторных работ студентов-эмбриологов. В конце 1960-х гг. Джордж Стрейзингер создал стабильную популяцию Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) для проведения индуцированного мутагенеза *in vivo* [3]. В 1981 г. Стрейзингеру удалось получить серию различных чистых линий рыб для анализа роли мутагенных факторов в развитии нервной системы позвоночных. В 1995 г. Чарльз Киммель и Уильям Баллард описали 7 стадий эмбриогенеза Данио: зигота, дробление, бластула, гаструла, сегментация, фарингула и инкубация. В 2003 г. был проведен полногеномный анализ Данио-Рерио. Согласно результатам исследования, геном включает порядка 26 000 генов, 70 % из которых аналогичны генам человека. На сегодняшний день Данио-Рерио является одним из наиболее изученных модельных объектов, который активно используется в экспериментальном моделировании различных патологий.

Современные области применения в исследованиях

Отличительной особенностью Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) (как эмбрионов, так и взрослых особей) является сохранение регенеративного потенциала с успешным восстановлением как структуры, так и функций сердечных мышц, глаз, плавников и других органов, необходимых для поддержания жизнеспособности [4]. Эмбрионы Данио-Рерио служат экспериментальной моделью визуализации головного мозга для выявления взаимодействий между различными структурами, возникающие во время поведенческой активности, которая лежит в основе фототаксиса, оптомоторного рефлекса и спонтанного плавания, а также во время индуцированных приступов эпилепсии. Мутантные линии Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) также активно используются для изучения различных генетических заболеваний человека, в том числе синдрома ломкой X хромосомы, или синдрома Мартина-Белл, который возникает в результате потери или нарушения экспрессии гена FMR1. Так же Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) является идеальным объектом для изучения эпиморфического типа регенерации конечностей, при котором утраченная часть тела восстанавливается с помощью пролиферации недифференцированных стволовых клеток. В отличие от сердечной мышцы, хвостовой плавник лишен собственной мускулатуры. Он представляет собой кожную

складку с 16–18 костными лучами, разделенными хрящами. Боковые лучи обычно длиннее остальных, а разница между самым длинным и самым коротким лучами составляет 4 сегмента [5]. Так как рыба увеличивается в размерах в течение всей жизни, плавники также растут по мере добавления новых сегментов к оконечностям лучей. После ампутации плавника область повреждения покрывается раневым эпидермисом из-за миграции непролиферирующих клеток в область раны. На вторые сутки на месте повреждения образуется белая полоса, которая в течение следующих 3–4 дней увеличивается в размерах. Образование бластемы происходит за счет процессов пролиферации и дедифференцировки мезенхимальных клеток под раневым эпидермисом [6]. Кроме исследований различных патологий человека, Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) широко используются для мониторинга окружающей среды и оценки степени загрязнения тяжелыми металлами, которые, помимо мутагенного эффекта, обладают способностью подавлять экспрессию генов. Показано, что ионы кадмия и цинка влияют на активность некоторых ферментов: каталазы и ацетилхолинэстеразы. Некоторые тяжелые металлы отличаются токсичностью: например, отмечено полное подавление экспрессии гена DVRL, ответственного за боковую асимметрию в эмбрионах зародышах под влиянием соединений мышьяка [7].

Заключение

В настоящее время организм Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) является одним из наиболее используемых лабораторных животных в научных исследованиях. Рыбок легко содержать в лабораторных условиях, они выявляют большое сходство с особенностями развития человека, не требуют сложной аппаратуры или инструментов для своей жизнедеятельности. Изученность Данио-Рерио (*Danio-Rerio*) позволяет использовать организм в качестве модельного объекта для биологических, генетических и биохимических исследований, для патогенеза раковых опухолей, ожирения, стресса, диабета, а также экспериментального моделирования различных патологических состояний и механизмов регенерации.

Список литературы

1. Качанов Д.А., Лакеенков Н.М. *Danio rerio* (zebrafish) как универсальный модельный объект в доклинических исследованиях. FORCIPE. 2018; Т. 1(1)
2. Беляева Н.Ф., Каширцева В.Н., Медведева Н.В. Зебрафиш как модель в биомедицинских исследованиях. Биомедицинская химия, 2010; Т. 56 (1): 120-131.
3. Блаженко А.А., Качанов Д.А. / Исследование гормонопрепаратов на модели *danio rerio* (zebrafish) // Мечниковские чтения – 2018: материалы Всероссийской научно-

практической студенческой конференции с международным участием – СПб.: Изд-во СЗГМУ им. И.И. Мечникова. – С. 630.

4. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. –Москва, 2018 – Organism-level tumor models in zebrafish danio rerio – URL:<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35640002>. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный. - (дата обращения: 24.02.2024).
5. Peter M. Eimon, Mostafa Ghannad-Rezaie, Gianluca De Rienzo. Brain activity patterns in high-throughput electrophysiology screen predict both drug efficacies and side effects. Nat Commun, 2018; Vol. 9: 219.
6. Lebedeva,L. Zebrafish (Danio rerio) as a Model for Understanding the Process of Caudal Fin Regeneration / L. Lebedeva, B. Zhumabayeva, T. Gebauer, I. Kisselev, Z. Aitasheva. – Текст : электронный //National Library of Medicine PubMed.gov. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33259770>.
7. Tahara, N. Cell migration during heart regeneration in zebrafish /N. Tahara, M. Brush, Y. Kawakami.– Текст : электронный //National Library of Medicine PubMed.gov. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27085002>.