

АФРИКАНСКАЯ КОГТИСТАЯ ЛЯГУШКА *XENOPUS LAEVIS* КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ В МЕДИЦИНЕ

Алексеева И.С.¹, Сиволобова А.С.¹, Атешев Д.М.¹, Лыков К.А.¹

¹ФГБОУ 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: alekseeva99irina@yandex.ru

Xenopus laevis – шпорцевые лягушки, обитающие в прудах и реках на северо-востоке Южной Африки. На сегодняшний день *Xenopus laevis* является одним из самых популярных модельных объектов по всему миру благодаря своим выдающимся особенностям: высокая скорость регенерации тканей, большой размер яйцеклеток, простота в содержании, короткий репродуктивный цикл относительно других амфибий, искусственный контроль развития эмбрионов с помощью несложных физических и генетических манипуляций, способность вызвать нерест с помощью простой инъекции гонадотропного гормона. С помощью *Xenopus laevis* было сделано множество важных научных открытий в различных областях медицины и биологии, что подталкивает большое количество исследователей выбирать этот организм в качестве модельного объекта для своей работы.

Ключевые слова: *Xenopus laevis*, модельный объект, спинной мозг, эмбриологические исследования.

AFRICAN CLAWED FROG *XENOPUS LAEVIS* AS A MODEL OBJECT IN MEDICINE

Alekseeva I.S.¹, Sivolobova A.S.¹, Ateshev D.M.¹, Lykov K.A.¹

¹FSBEI HE VolgSMU Of the Ministry of Healthcare of the Russia – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volograd State Medical University» Of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation direction of preparation “Biology”, Russia, Volgograd, e-mail: alekseeva99irina@yandex.ru

Xenopus laevis are clawed frogs that live in ponds and rivers in northeastern South Africa. Today, *Xenopus laevis* is one of the most popular objects around the world due to its features: high tissue regeneration rate, large egg cell size, ease of keeping, reproductive cycle relative to other amphibians, artificial control of embryo development using simple physical and genetic manipulations, ability induce spawning with a simple injection of gonadotropic hormone. With the help of *Xenopus laevis*, many important scientific discoveries were made in various fields of medicine and biology, which prompts a large number of researchers to choose this organism as a model object for their work.

Key words: *Xenopus laevis*, model object, spinal cord, embryological studies.

Xenopus laevis- вид южноафриканской водной лягушки рода шпорцевые лягушки. Аралом обитания являются: пруды и реки на северо-востоке Африки [1, 3].

Зоолог и эколог Томас Х. Морган был одним из первых, кто использовал *Xenopus laevis*, прежде чем он перешел к изучению дрозофилы. Но работа эндокринолога Ланселота Хогбена сделала *Xenopus laevis* образцовой системой. До тех пор размножением нельзя было манипулировать, и поэтому эксперименты можно было проводить только в конце зимы или весной (в это время происходит естественное размножение лягушек). Его работа привела к разработке самого надежного и быстрого теста на беременность вплоть до 1960-х годов. Он обнаружил, что, когда моча беременных женщин вводится самке *Xenopus laevis*, лягушка откладывает яйца, указывающие на присутствие человеческого хорионического гонадотропина (ХГЧ) в моче. Также выяснилось, что после простой инъекции ХГЧ, *Xenopus laevis* откладывает огромное количество яиц каждые 3-4 месяца в любое время года, что было впоследствии использовано биохимиками, молекулярными биологами или биологами развития для постановки экспериментов с использованием модельного объекта [6].

Характеристика.

Xenopus laevis имеет маленькую, приплюснутую голову с выпуклыми, обращенными вверх глазами, круглую, короткую морду и огромный рот. Круглый зрачок и слабое зрение. На боках у взрослых лягушек расположены органы осязания в виде пунктира. Задние конечности пятипалые, мускулистые, хорошо развиты, между пальцами перепонки, пальцы заканчиваются острыми короткими (от 2 до 3 миллиметров в длину) темными когтями. Передние четырехпалые конечности короткие, без перепонки, лапы вывернуты внутрь [7].

Сверху лягушки темно-бурого цвета, часто с большими темными пятнами, брюхо - белое, одноцветное или с бурыми пятнами. Наряду с природной формой распространена селекционная альбиносная, имеющая телесный цвет кожи, реже розовый. В этом случае черными у лягушки остаются только открытые коготки на лапах [7].

Размер особей колеблется от 5-6 см – самцы, и 10-12 см – самки. Вес самцов – около 60 г, самок – около 200 г.

Содержание в неволе.

Xenopus laevis неприхотливы, легко и быстро приспосабливаются к новой среде обитания. Температурный диапазон, в котором может проживать лягушка - от 20 до 25 градусов по Цельсию. Оптимальное значение кислотности воды - pH: 6,5-7,5 [7].

В качестве грунта используется очень крупная галька, т.к. мелкие камни лягушки часто проглатывают. В аквариуме должны находиться различные укрытия, н-р, искусственные полые бревна. Уровень воды должен колебаться от 15 до 30 см, чтобы лягушки могли нырять

и плавать, поэтому желательно использовать аквариумы емкостью 40-80 л. Аквариум обязательно должен быть плотно накрыт покровным стеклом или крышкой, так как шпорцевые лягушки могут случайно выпрыгнуть из аквариума, а на суше они быстро высыхают и погибают. В аквариум лучше помещать искусственные растения, т. к. живые плохо укореняются в крупном грунте и могут быть повреждены когтями лягушки [8].

Шпорцевая лягушка - не самое чистоплотное животное и выделяет в воду большое количество органики, поэтому необходимо проводить замену воды в аквариуме каждые 3-4 дня. Для очистки водопроводной воды желательно использовать дехлоратор или выдерживать воду 2-5 суток. Ионы некоторых металлов токсичны для амфибий, поэтому в аквариум нельзя погружать металлические предметы. При очистке и мытье аквариума нельзя пользоваться мылом или другими моющими средствами. Аквариум необходимо держать подальше от прямых лучей солнечного света. [2]

Шпорцевая лягушка - падальщица. В качестве пищи для неё подойдут: дафнии, трубочники, мотыли, дождевые черви, кусочки мяса, личинки мучного хруща и многое другое. Кормят лягушек раз в сутки, а через 10-15 минут после кормления, несъеденный корм убирают. Если рацион разнообразен, то витаминные или минеральные добавки не требуются.

Преимущества *Xenopus laevis* как модельного объекта.

Среди амфибий *Xenopus laevis* является наиболее благоприятным видом лягушек для изучения спинного мозга на протяжении всего развития и в зрелом возрасте по нескольким причинам [5].

У *Xenopus laevis* яйцо имеет диаметр примерно 1 мм, это означает, что оно более чем в 2300 раз больше, чем яйцо мыши, самого популярного модельного объекта среди позвоночных. Один яичник лягушки соответствует 1000 яичникам мыши. Крупный размер яйцеклеток позволяет осуществлять доступные манипуляции с экспрессией генов и генной инженерией путем простой микроинъекции конструкторов в яйцеклетку или в оплодотворенный эмбрион [5].

Размножением можно манипулировать так, что каждая лягушка может давать яйца до 3-4 раз в год, а материал, используемый в исследованиях, может варьироваться от ооцитов до бесклеточных экстрактов [5].

Яичная скорлупа прозрачна, что позволяет непосредственно визуализировать первые этапы морфогенеза спинного мозга с помощью неинвазивных методов визуализации.

Микроинъекции в отдельные бластомеры эмбрионов 2-32-клеточной стадии приводят к мозаичным генетическим манипуляциям, которые могут оказывать внутренний контроль или тканевую специфичность для целевой неправильной экспрессии генов [5].

У *Xenopus laevis* спинной мозг развивается гораздо быстрее, чем у грызунов, а также, скорость его развития можно регулировать, выращивая животных при различных температурах. Организация спинного мозга проще, чем у высших позвоночных. Общее количество спинальных клеток и количество спинальных нейронов меньше, а также меньше связей между ними [5].

Этот вид демонстрирует замечательную способность к регенерации в процессе развития, включая восстановление поврежденного спинного мозга, что позволяет выявить факторы, способствующие успешной регенерации спинного мозга, которые могут отсутствовать у высших позвоночных.

Несмотря на уникальные характеристики этого вида, многие фундаментальные процессы на клеточном и молекулярном уровне хорошо сохраняются у позвоночных, что делает *Xenopus laevis* ценным организмом для изучения механизмов заболеваний человека.

Упомянутые выше особенности *Xenopus laevis* являются лишь немногими причинами того, что этот вид стал успешной моделью для изучения первых шагов нейронной индукции и морфогенеза спинного мозга, дифференцировки спинномозговых нейронов, синаптогенеза, включая формирование и созревание нервно-мышечных соединений, а также синаптической пластичности и регенерации после травмы спинного мозга [5].

Области применения модельного объекта.

Xenopus laevis является классической моделью для эмбриологических и физиологических исследований и идеально подходит для изучения формирования спинного мозга, спецификации и дифференцировки спинномозговых клеток, направления аксонов спинномозговых нейронов, формирования нервно-мышечных соединений и пластичности, а также повреждения и регенерации спинного мозга [6].

Другими областями исследований, в которых эмбрионы *Xenopus laevis* имеют значительный вклад, являются: исследования глаз и зрения, развитие сердца, иммунология. [4].

Список литературы:

1. Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. — 2-е изд. — С. 250. — 370 с.
2. Цирлинг М. Б. Аквариум в каждом доме. Аквариум-Принт, 2012. - 112 с.
3. *Xenopus laevis*. The IUCN Red List of Threatened Species.
4. DasneLee-Liu, Emilio E.Méndez-Olivos, RosanaMuñoz, JuanLarraín The African clawed frog *Xenopus laevis*: a model organism to study regeneration of the Central Nervous System // Neuroscience Letters. - 23.06.2017. - Volume 652. - Pages 82-93.
5. Laura N. Borodinsky *Xenopus laevis* as a Model Organism for the Study of Spinal Cord Formation, Development, Function and Regeneration // - Sacramento, CA, United States: Department of Physiology & Membrane Biology and Institute for Pediatric Regenerative Medicine, Shriners Hospital for Children, University of California Davis School of Medicine, 23.11.2017.
6. Nikos Parisis *Xenopus laevis* as a Model System // - Montpellier, France: National Institute for Agricultural Research, 06.12.2012.
7. <https://zooclub.ru/amfibii/beshvostye/shporcevaja-ljagushka.shtml>
8. <https://fanfishka.ru/akvariumnye-stati/akvariumnye-cherepahi-lyagushki-i-dr/1931-shporcevaya-lyagushka.html>