

УДК 597.81

ГЛАДКАЯ ШПОРЦЕВАЯ ЛЯГУШКА (*XENOPUS LAEVIS*) КАК МОДЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Сапегина А.М.¹, Бредихина С.А.¹, Мустафаева Г.М.¹

¹ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава Российской Федерации — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, направление подготовки «Биология», Россия, Волгоград, e-mail: anuta.sapegina2017@yandex.ru

Гладкая шпорцевая лягушка (*Xenopus laevis*) — вид южноафриканской водной лягушки рода шпорцевые лягушки. Широко используется в биологических исследованиях как модельный объект изучения различных аспектов биологии. Ее высокая популярность простота содержания и размножения в лабораторных условиях, а также сходство физиологии с другими видами животных делают этот вид удобным объектом для экспериментов.

Ключевые слова: гладкая шпорцевая лягушка, модельный объект, исследования, биология, регенерация, ксеноботы.

SMOOTH SPUR FROG (*XENOPUS LAEVIS*) AS A MODEL OBJECT IN BIOMEDICAL RESEARCH

Sapegina A.M.¹, Bredikhina S.A.¹, Mustafaeva G.M.¹

¹Federal 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, e-mail: anuta.sapegina2017@yandex.ru

The smooth spur frog (*Xenopus laevis*) is a species of South African aquatic frog in the genus spur frogs. It is widely used in biological research as a model object for studying various aspects of biology. Its high popularity, ease of maintenance and reproduction in the laboratory, as well as the similarity of physiology with other animal species make this species a convenient object for experiments.

Keywords: smooth spur frog, model object, research, biology, regeneration, xenobots.

Xenopus laevis является одним из самых популярных видов земноводных для научных исследований. Шпорцевые лягушки являются важными модельными организмами в различных областях науки, таких как эмбриология, генетика, физиология и фармакология. Их использование в качестве модельных организмов обусловлено рядом особенностей, включая короткое время генерации, высокую плодовитость и относительно простое строение. Исследования на этих лягушках позволили ученым лучше понять процесс развития организма, механизмы регенерации и роль генов в развитии заболеваний. Одним из наиболее значимых

открытий, сделанных благодаря *Xenopus laevis*, было обнаружение процесса гастрюляции - стадии развития эмбриона, когда формируются основные органы и системы организма. Это открытие позволило ученым лучше понять, как развиваются различные заболевания и как можно их предотвратить [1].

Основная часть

Гладкие шпорцевые лягушки – это вид амфибий, которые обитают в пресноводных средах. Они имеют характерные особенности, такие как гладкая кожа без бородавок, плоская голова и тело. Обычно они достигают размеров от 10 до 12 см и имеют ярко-оранжевые или красные глаза. Окраска их тела может быть оливково-зеленой с однотонным или пятнистым узором, а брюшная часть обычно светлая – белая или желтоватая.

Одной из самых заметных особенностей гладких шпорцевых лягушек является наличие шпор на задних лапах. Эти шпоры не только служат им для защиты от хищников, но и помогают им удерживаться на плаву и цепляться за растения. Большой зрачок позволяет им лучше адаптироваться к условиям низкой освещенности. Гладкие шпорцевые лягушки в основном ведут водный образ жизни, поэтому у них развилась боковая линия на теле. Эта линия помогает им ориентироваться в воде и воспринимать изменения давления. В ротовой полости этих лягушек располагаются мелкие зубы на верхней челюсти, в то время как на нижней челюсти зубы отсутствуют.

Продолжительность жизни гладких шпорцевых лягушек в дикой природе составляет до 15 лет, а в неволе они могут прожить от 25 до 30 лет. Интересно, что у этих лягушек наблюдается тетраплоидный геном, что означает, что они имеют четверной набор хромосом [1].

Использование организма

Ученый Ланселот Томас Хогбен изучал эндокринологию гладкой шпорцевой лягушки в 1920 году. Хогбен показал, что эндокринология *X.laevis*, в частности регуляция репродуктивного цикла, очень похожа на человеческую. Он ввел лягушке гипофиз вола и заметил, что лягушка стала через несколько часов метать икру. И таким образом он решил, что если в лягушку впрыснуть хорионический гонадотропин под кожу самки то эффект будет таким же. Если женщина беременна, то через 5–12 часов лягушка начинала метать икру. Точность этого теста составила около 99% [6].

Джон Гердон пересадил в яйцеклетку *Xenopus laevis* ядро из соматической клетки головастика, тем самым клонировал лягушку. Гердон открыл способность яйцеклеток *X.laevis* транслировать впрыснутую в них РНК [7].

За эмбриональным развитием *X.laevis* легко наблюдать т.к. оболочка икринки прозрачная, так и сам эмбрион прозрачный. Таким образом можно проследить все стадии его развития и работу органов, выявлять различные патологии. Например, эмбрионы шпорцевой лягушки являются незаменимыми объектами исследований в области сердечных заболеваний, нервной системы и других отраслях медицины [4].

Современные исследования

В исследованиях по регенерации широко используется возможность восстановления конечностей у позвоночных. Некогда присутствовавшая способность исчезла со временем, однако она не полностью исчезла, а лишь находится в спящем состоянии, требуя какого-то стимула для активации. У головастиков эта способность присутствует только в раннем возрасте и со временем исчезает. В связи с этим, ученые провели эксперимент с животными такого вида. Они ампутировали конечности у *Xenopus laevis* и ждали, когда новые конечности вырастут. Если взрослая особь теряла конечность, то на ее месте образовывался что-то, напоминающее длинный коготь.

В ходе эксперимента лабораторных животных разделили на три группы. Первая группа получила на место ампутированной конечности биоразлагаемый колпачок, внутри которого содержалась смесь из пяти веществ (1,4-DPCA, BDNF, гормон роста, ретиноевая кислота и резолвин D5). Вторая группа получила колпачок, внутри которого ничего не было. Третья группа была контрольной и ничего не получала. В результате, у животных из второй и третьей группы отсутствовали конечности, на их месте образовалась рубцовая ткань. Однако у животных из первой группы активировался механизм регенерации. Через некоторое время, новые конечности начали расти, хотя и оказались короче по размерам и имели менее отчетливую форму пальцев.

Результаты данного исследования показали, что способность к регенерации может находиться в "спящем" состоянии в организме [3].

Ученые из США создали ксеноботов - живых роботов из стволовых клеток эмбрионов *Xenopus laevis*. Эти биороботы уникальны тем, что они были разработаны компьютерами для выполнения заранее определенных задач. Они имеют форму капли или шара размером менее миллиметра и способны к совместной работе и самовосстановлению. Одной из выдающихся особенностей ксеноботов является их способность к воспроизводству себе подобных. Этот

процесс, называемый кинематической репликацией, происходит за счет того, что молекулы ксеноботов «находят» необходимые «блоки» и формируют из них себе подобные молекулы. Ученые ввели ксеноботам РНК, которая заставила их производить флуоресцентный белок. Таким образом, было доказано, что ксеноботы обладают молекулярной памятью.

Помимо своей способности к размножению, ксеноботы также обладают биоразлагаемостью и способностью обрабатывать различные химические вещества. Эти свойства делают их перспективными кандидатами для применения в терапии и экологической инженерии. Например, ксеноботы могут быть использованы для доставки лекарств в труднодоступные области организма или для очистки загрязненных сред [2].

Исследователи из Германии провели интересный эксперимент, в котором они вводили головастикам водоросли вида *Chlamydomonas reinhardtii* или цианобактерий *Synechocystis sp. PCC6803*, создавая между ними симбиотические отношения. В результате головастики смогли выживать в бескислородной среде в присутствии света за счет жизнедеятельности водорослей и цианобактерий. Водоросли и цианобактерии вырабатывали кислород в условиях его отсутствия, что позволяло головастикам комфортно существовать.

Однако существуют и недостатки в использовании фотосинтезирующих организмов для генерации кислорода. Исследование проводилось на полупрозрачных организмах, поэтому свет легко проникал сквозь их ткани и органы. В более непрозрачных организмах, таких как люди, свет не будет проникать так легко, что может ограничить эффективность данной процедуры. Кроме того, избыток кислорода может быть так же вреден, как и его недостаток. Невозможность контролировать уровень кислорода, вырабатываемого фотосинтезирующими организмами, может быть опасным [5].

Заключение

Использование гладкой шпорцевой лягушки в качестве модельного объекта в биологических исследованиях действительно предоставляет ценную информацию о различных процессах, таких как регенерация и развитие заболеваний. Множество исследований показывает, что лягушки способны регенерировать различные ткани и органы, включая сердце, нервную систему и конечности. Это делает их ценными моделями для изучения механизмов регенерации и поиска новых подходов к лечению заболеваний, связанных с потерей тканей. В целом, создание ксеноботов и исследование симбиотических отношений между животными и фотосинтезирующими организмами открывают новые возможности в области биоинженерии и медицины. Эти достижения могут привести к

разработке новых методов лечения и профилактики заболеваний, а также улучшению качества жизни человека.

Список литературы

1. Шпорцевая лягушка – амфибия с коготками // tetra URL: <https://blog.tetra.net/ru/ru/shporcevaaya-lyagushka-amfibiya-skogotkami>
2. A cellular platform for the development of synthetic living machines / D. Blackiston, E. Lederer, S. Kriegman [et al.]. // Science advances. - 2021. Vol 6. - № 52. - P. 890–902.
3. Acute multidrug delivery via a wearable bioreactor facilitates long-term limb regeneration and functional recovery in adult *Xenopus laevis* / N. J. Murugan, H. J. Vigran, K. A. Miller [et al.]. // Science advances. - 2022. - Vol 8. - № 4. - P. 488–492.
4. Blum M., *Xenopus*: An Undervalued Model Organism to Study and Model Human Genetic Disease / M. Blum, T. Ott // Cells Tissues Organs. - 2018. - Vol 205. - № 5-6. - P. 303-313.
5. Green oxygen power plants in the brain rescue neuronal activity / S. Özugur, L. Kunz, H. Straka [et al.]. // iScience. - 2021 Vol 24. - № 10. - P. 50-64.
6. Hobson B. M. Immunological pregnancy tests // British medical journal. - 1963. Vol. 1. - P. 1606-1607.
7. Use of Frog Eggs and Oocytes for the Study of Messenger RNA and its Translation in Living Cells / J. B. Gurdon, C. D. Lane, H. R. Woodland [et al.]. // Nature. - 1971. - Vol 233. - P. 177–182.