

УДК 593.5

Рубрика 34.33.15

ЧТО ТАИТСЯ ПОД ГЛИКОКАЛИКСОМ? ТОНКОЕ СТРОЕНИЕ РОПАЛОИДОВ
HALICLYSTUS AURICULA (CNIDARIA: STAUROZOA)

WHAT IS HIDDEN UNDER THE GLYCOCALYX? ULTRASTRUCTURE OF THE
RHOPALIOIDS IN HALICLYSTUS AURICULA (CNIDARIA: STAUROZOA)

Домрачева Мария Михайловна, Салова Ирина Андреевна, Хабибулина Валерия
Руслановна

*Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра зоологии
беспозвоночных, Санкт-Петербург*

Domracheva Maria, Salova Irina, Khabibulina Valeriia

Saint Petersburg State University, Department of Invertebrate Zoology, Saint Petersburg

Staurozoa – это небольшая группа морских сидячих книдарий, сочетающих в своем строении признаки прикрепленных полипов и свободноплавающих медуз. Их тело представлено чашечкой и стебельком, оканчивающимся подошвой, с помощью которой ставромедуза прикрепляется к субстрату (Clark, 1878; Mills, Hirano, 2007). Чашечка в дистальной части переходит в восемь рук, каждая из которых несет пучок головчатых вторичных щупалец. Первичные щупальца ставромедуз родов *Depastromorpha*, *Halimocyathus*, *Manania*, *Kyopoda* и *Haliclystus* преобразованы в специализированные прикрепительные органы – ропалоиды (Miranda et al., 2016). Некоторые исследователи гомологизируют ропалоиды ставромедуз с ропалиями сцифомедуз – комплексными сенсорными органами, расположенными по краю купола (Uchida, Hanaoka, 1933; Berrill, 1962). Кроме того, существуют предположения о том, что ропалоиды, как и ропалии, могут выполнять фоторецепторную функцию (Clark, 1878; Kishinouye, 1910; Наумов, 1961; Hirano, 1986; Larson, Fautin, 1989; Miranda, Collins, 2019). Однако имеющиеся в литературе фрагментарные данные об особенностях организации ропалоидов не позволяют с уверенностью утверждать, что эти органы являются гомологами ропалиев и выполняют сенсорную функцию.

Целью нашей работы стало исследование тонкого строения ропалоидов ставромедуз *Haliclystus auricula* James-Clark, 1863 с использованием трансмиссионной и сканирующей электронной микроскопии. Материал был собран в Баренцевом море в районе пос. Дальние Зеленцы на базе Мурманского морского биологического института РАН в 2021-2024 гг.

Ропалоиды *H. auricula* соединены с чашечкой небольшой ножкой, через которую в них заходит слепозамкнутый канал гастроваскулярной системы. На субумбреллярной поверхности ножки может располагаться пигментированная область. На дистальной части ропалоида локализована бороздка. На гистологических срезах ропалоидов различаются характерные для книдарий клеточные слои – эпидермис и гастродермис, разделенные слоем мезоглеи. Эпидермис ропалоида покрыт толстым слоем гликокаликса, который представлен короткими неупорядоченными фибриллами, расположенными между микровиллярными отростками. Помимо типичных эпителиально-мышечных клеток, эпидермис содержит большое количество секреторных клеток, что приводит к значительному увеличению его толщины. Секреторные структуры, входящие в состав эпидермиса, представлены четырьмя типами клеток: (1) мукоцитами, (2) клетками с палочковидными гранулами, (3) гранулярными секреторными клетками А-типа и (4) гранулярными секреторными клетками В-типа.

Мукоциты локализируются в области бороздки ропалоида в виде группы крупных сильно вакуолизированных клеток. Внутри вакуолей мукоцитов различимы тонкие, короткие, нерегулярно расположенные фибриллы. Похожие слизистые клетки встречаются у некоторых полихет и моллюсков (Storch, Welsch, 1972). Предположительно, содержимое мукоцитов ропалоидов представлено мукополисахаридами, обеспечивающими временное адгезионное прикрепление ропалоида к субстрату.

Клетки с палочковидными гранулами равномерно распределены по всему эпидермису ропалоида за исключением его проксимальной области. Содержимое гранул неоднородно – их коровая часть представлена гомогенным электронно-плотным материалом, а внешняя часть – менее электронно-плотными волокнами. Палочковидные гранулы секретируются на поверхность эпидермиса по апокриновому типу и сохраняются в гликокаликсе. Идентичные гранулы были обнаружены в подошве *Haliclystus stejnegeri* (Singla, 1976), а также по морфологии и расположению палочковидные гранулы можно сравнить с некоторыми типами рабдитов турбеллярий (Smith, 1982; Klausner, Tyler, 1987). По-видимому, содержимое палочковидных гранул участвует в образовании фибрилл гликокаликса ропалоида.

Гранулярные клетки типов А и В удается различить только на гистологических срезах с помощью дифференциального окрашивания. На электронограммах содержимое этих клеток выглядит идентично и представлено гомогенными электронно-плотными гранулами, которые также секретируются на поверхность эпидермиса по апокриновому типу. Гранулы не были обнаружены в составе гликокаликса, что может свидетельствовать об их быстром растворении. Схожие по морфологии мукоидные клетки встречаются у многих морских беспозвоночных животных (Storch, Welsch, 1972). Мы предполагаем, что секрет гранулярных клеток *H. auricula* может участвовать в прикреплении и/или откреплении ропалоидов от субстрата.

Помимо секреторных клеток, в эпидермисе ропалоидов располагаются рецепторные клетки. Эти клетки немногочисленны и, как правило, равномерно распределены по всей площади эпидермиса. Морфология рецепторных клеток однотипна: в апикальной части цитоплазматическая мембрана клетки формирует карман, на дне которого располагается чувствительная ресничка с длинным поперечно-исчерченным корешком. Аксонема реснички окружена микровиллярными отростками с электронно-плотными актиновыми филаментами и цитоплазматическими выростами с электронно-светлым содержимым, которые снаружи покрыты фибриллами гликокаликса. На основе морфологии эти клетки можно отнести к механо- или хеморецепторам, которые, вероятно, принимают участие в выборе субстрата для прикрепления ропалоида. Однако в области «пигментного пятна» были обнаружены группы из трех рецепторных клеток схожего строения, окруженных клетками с электронно-плотными гранулами, которые, вероятно, могут выполнять функцию пигментных клеток. Можно предположить, что такие скопления «фоторецепторных» и «пигментных» клеток являются простыми светочувствительными структурами.

Мы благодарим сотрудников биостанции ММБИ РАН за предоставление возможности сбора материала. Работа выполнена с использованием оборудования РЦ «Культивирование микроорганизмов» СПбГУ, РЦ «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ, ЦКП «Хромас» СПбГУ и ЦКП «Таксон» ЗИН РАН (<http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/>).

Список литературы:

1. Наумов Д. В. Сцифоидные медузы морей СССР //М., Ленинград: Изд-во АН СССР. – 1961. – 98с.

2. Berrill M. Comparative functional morphology of the Stauromedusae //Canadian Journal of Zoology. – 1963. – T. 41. – №. 5. – C. 741-752.
3. Clark H. J. Lucernaria the Cœnotype of Acalephæ //Annals and Magazine of Natural History. – 1863. – T. 12. – №. 67. – C. 19-30.
4. Clark H. J. Lucernariæ and Their Allies: A Memoir on the Anatomy and Physiology of *Haliclystus auricula*, and Other Lucernarians, with a Discussion of Their Relations to Other Acalephæ: to Beroids, and Polypi... 1878. – Smithsonian institution, 1878. – T. 23. – №. 242.
5. Hirano Y. M. Species of Stauromedusae from Hokkaido, with Notes on Their Metamorphosis (With 12 Text-figures) // Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University = 北海道大學理學部紀要. – 1986. – T. 24. – №. 3. – C. 182-201.
6. Kishinouye K. Some medusae of Japanese waters //The journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, Japan = 東京帝國大學紀要. 理科. – 1910. – T. 27. – C. 1-35.
7. Klauser M. D., Tyler S. Frontal glands and frontal sensory structures in the Macrostromida (Turbellaria) //Zoologica scripta. – 1987. – T. 16. – №. 2. – C. 95-110.
8. Larson R. J., Fautin D. G. Stauromedusae of the genus *Manania* (= *Thaumatoscyphus*) (Cnidaria, Scyphozoa) in the northeast Pacific, including descriptions of new species *Manania gwilliamsi* and *Manania handi* //Canadian Journal of Zoology. – 1989. – T. 67. – №. 6. – C. 1543-1549.
9. Mills, C.E., Y.M. Hirano, 2007. Stauromedusae //Encyclopedia of Tidepools and Rocky Shores. – 2007. – C. 541-543.
10. Miranda L. S. et al. Comparative internal anatomy of Staurozoa (Cnidaria), with functional and evolutionary inferences //PeerJ. – 2016. – T. 4. – C. e2594.
11. Miranda L. S., Collins A. G. Eyes in Staurozoa (Cnidaria): a review //PeerJ. – 2019. – T. 7. – C. e6693.
12. Singla C. L. Ultrastructure and attachment of the basal disk of *Haliclystus* //Coelenterate ecology and behavior. – Boston, MA : Springer US, 1976. – C. 533-540.
13. Smith III J. et al. The morphology of turbellarian rhabdites: phylogenetic implications //Transactions of the American Microscopical Society. – 1982. – C. 209-228.
14. Storch V., Welsch U. The ultrastructure of epidermal mucous cells in marine invertebrates (Nemertini, Polychaeta, Prosobranchia, Opisthobranchia) //Marine Biology. – 1972. – T. 13. – №. 2. – C. 167-175.
15. Uchida T., Hanaoka K. I. On the morphology of a stalked medusa *Thaumatoscyphus distinctus* Kishinouye (with twenty text-figures) //Journal of the Faculty of Science, Hokkaido Imperial University = 北海道帝國大學理學部紀要. – 1933. – T. 2. – №. 3. – C. 135-153.