



*Н. П. Кудикина*

**ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА  
КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ ГИДРОКОРТИЗОНА  
У ОБЫКНОВЕННОГО ОСЬМИНОГА *OCTOPUS VULGARIS*,  
LAMARK (CERPHALOPODA: OCTOPODIDAE)**

*Изучена динамика количественного содержания стероидного гормона гидрокортизона в различных органах и тканях обыкновенного осьминога в ходе онтогенеза. Выявлен ряд общих закономерностей, характеризующих его количественное распределение в организме осьминогов. Высказывается предположение о функциональной значимости гидрокортизона в изученных тканях моллюсков. Уровень гидрокортизона, одного из важнейших организаторов реализации общего адаптационного синдрома в организме позвоночных при различных формах стресса, может служить ярким показателем состояния организма беспозвоночных гидробионтов при проведении работ по биотестированию и биоиндикации водных биоценозов.*

*The article describes the quantitative content dynamics of the hydrocortisone steroid hormone in different organs and tissues in the course of the common octopus ontogenesis. The author detects general patterns of its quantitative distribution in the octopus organism and formulates a hypothesis on the functional significance of hydrocortisone in the examined tissues of mollusks. Hydrocortisone level is one of the most important organizers of general adaptation syndrome in the organisms of vertebrates under different forms of stress. It may be also used as an indicator of organism state of invertebrate hydrobionts in biotesting and bioindication of water biocenoses.*

**Ключевые слова:** биоиндикация, стероидные гормоны, глюкокортикоиды, гидрокортизон, головоногие моллюски, обыкновенный осьминог.

**Keywords:** bioindication, steroid hormones, glucocorticoids, hydrocortisone, cephalopods, common octopus.

В координации защитно-приспособительных реакций животных ведущая роль, наряду с нервной и иммунной системами и в тесной связи с ними, принадлежит эндокринным железам. Один из важнейших организаторов реализации общего адаптационного синдрома у позвоночных при различных формах стресса — гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система. При любых воздействиях на организм быстро нарастает выделение корой надпочечников глюкокортикоидов (гидрокортизона и кортикостерона) [1; 2].

Имеющаяся информация выявила сходство основных интегративных механизмов у всех многоклеточных. По крайней мере у высокоорганизованных групп беспозвоночных (моллюски, членистоногие) найдены все структурно-функциональные элементы эндокринной системы позвоночных. Имеются два основных типа составляющих ее тканей. Первый представлен нейросекреторной системой, а другой — специа-



лизированными эпителиальными железами, продуцирующими стероидные гормоны [3; 4; 5].

Головоногие — самая высокоорганизованная группа моллюсков с хорошо развитой нервной и эндокринной системами. Лучше всего у них изучены структура и функции нейросекреторных центров эндокринной системы. Количественное содержание стероидов, в том числе глюкокортикоидов, исследовано слабо [6; 7]. Цель данной работы — описание динамики количественного содержания гормона группы глюкокортикоидов гидрокортизона в различных органах и тканях обыкновенного осьминога.

### Материал и методика

Материал собран в экспедициях АтлантНИРО на шельфе Мавритании. Фиксацию проводили замораживанием при  $-25^{\circ}\text{C}$ . После замораживания у моллюсков определяли длину мантии, пол и стадии зрелости репродуктивной системы [8]. Для количественного определения стероидных гормонов у исследуемых животных выделяли органы репродуктивной системы (яичники и яйцеводные железы у самок, семенники и сперматофорный комплекс органов — СКО — у самцов), печень и сердечную мышцу.

Препаративная очистка и разделение стероидов осуществлялись методом тонкослойной хроматографии. Количественное определение гидрокортизона проводили методом радиоиммунологического анализа с использованием наборов «KIT» фирмы CEA-IRE-SORIN [5; 9]. Определение количественных характеристик стероидов проводилось в лаборатории физиологии и патологии эндокринной системы Института физиологии им. Павлова РАН.

Объем материала — по 500 экземпляров осьминогов. Количество особей каждой стадии зрелости составляло от 50 до 60 экземпляров. Всего было изучено 5400 проб. Полученные количественные данные обрабатывались стандартными статистическими методами с использованием критерия Стьюдента.

### Результаты исследований

**Самки.** Максимальные концентрации гормона обнаружены в печени самок осьминогов II стадии зрелости. На III и IV стадиях уровень гидрокортизона снижался, оставаясь выше, чем в других изученных тканях. К V стадии зрелости его концентрация в печени резко падала до следовых величин гидрокортизона (таблица). В репродуктивной системе наибольшее количество гидрокортизона обнаружено в яичнике и яйцеводной железе на IV стадии зрелости. Минимальная концентрация — у моллюсков на V стадии: определены только следы гормона. Достаточно высокие концентрации гидрокортизона отмечены у самок II стадии зрелости. Величина различий содержания гормона в половой и акцессорной железах заметно выше, чем в конце полового созревания.



Динамика количественного содержания гидрокортизона в репродуктивных органах сходна. При переходе от II к III стадии зрелости уровень гормона в них снижается в два раза. На IV стадии зрелости его концентрация возрастает в гонаде в 3,5 раза, а в яйцеводной железе почти в четыре раза. Далее происходит лавинообразное падение уровня гормона. У животных на V стадии зрелости обнаружены минимальные концентрации гидрокортизона.

В сердечной мышце максимальные концентрации гормона обнаружены на самых ранних этапах созревания. Уровень содержания гидрокортизона у самок II и III стадий зрелости был даже выше, чем в репродуктивной системе. Высокое содержание гормона в сердце сохранялось от II до V стадий зрелости, и при наличии общей тенденции к его снижению показатели уровня гидрокортизона у зрелых животных оставались достаточно высокими (см. таблицу).

**Самцы.** Максимальные концентрации гидрокортизона обнаружены в сердечной мышце у самцов на II стадии зрелости. В процессе созревания количество гормона снижалось, оставаясь на достаточно высоком уровне. Высокие концентрации гормона обнаружены в семеннике на III стадии зрелости. Минимальное содержание гормона отмечено у самцов на IV стадии зрелости. Уровень содержания гормона в СКО заметно ниже. Максимальное его количество выявлено у самцов на III стадии зрелости. У половозрелых особей концентрация гормона, несмотря на достаточно высокие показатели, все же ниже, чем в семеннике.

Характер онтогенетической динамики гидрокортизона в семеннике и СКО сходен. Количество гормона в них постепенно снижается в 1,8 раза.

Минимум гидрокортизона находился в печени. Характер онтогенетической динамики уровня гормона тот же, что и в других органах. Наиболее высокие концентрации гормона обнаружены у неполовозрелых самцов. У половозрелых самцов уровень гормона существенно снижается – почти в восемь раз (см. таблицу).

Таблица

Концентрация гидрокортизона в органах *Octopus vulgaris*, пмоль/г

Орган	Гидрокортизон			
	Стадии зрелости			
	II	III	IV	V
Самки				
Яичник	11031,6	524,2	1793,3	0,02
ЯЖ*	827,7	386,3	1517,5	0,04
Сердце	1512,4	1250,2	1050,4	811,3
Печень	3310,3	2759,4	2211,4	0,5
Самцы				
Семенник		8795,3	8004,2	5076,6
СКО**		6759,3	5407,6	3724,6
Сердце	9004,1	8324,4	7173,4	5976,6
Печень	4120,1	2914,4	1118,8	521,3

\* ЯЖ – яйцеводная железа; \*\* СКО – сперматофорный комплекс органов.



## Обсуждение результатов

Все изученные органы и ткани обыкновенных осьминогов в определенных количествах содержат стероидный гормон гидрокортизон. Выявлены общие закономерности его количественного распределения в организме осьминогов.

В органах самцов и самок, несущих разную функциональную нагрузку, уровень гормонов и их динамика заметно различаются. Это объясняется отличиями протекающих там биохимических процессов, их секреторной активностью и т.д. Различия в содержании стероидов свойственны органам и тканям хорошо изученных в этом отношении позвоночных [1; 2]. Это явление описано у двустворчатых и брюхоногих моллюсков [5; 10; 11].

Еще одна особенность — выраженный половой диморфизм количественного содержания гидрокортизона в одноименных тканях. Концентрация гормонов у самцов заметно выше, чем у самок. Это связано с особенностями репродуктивной биологии этого вида. Обыкновенный осьминог, как и все колеоидные головоногие, моноциклический. Жизненный цикл самок варьирует в пределах одного года. Самцы живут дольше. У самок зрелое состояние непродолжительно, как и сам процесс нереста. После него они «насиживают» отложенные яичевые кладки и погибают вскоре после вылупления личинок. От позднего лета и далее к осени группа крупноразмерных особей состоит в основном из самцов, которые продолжают питаться [12].

Высокие концентрации гидрокортизона, обнаруженные нами у самцов, могут быть связаны с более продолжительным периодом активности, что требует поддержания на высоком уровне скорости метаболических реакций и дополнительных энергетических затрат на плавание и питание. В организме позвоночных глюкокортикоиды отвечают за синтез белковой части молекулы ферментов основных регуляторов углеводного и белкового обмена [1; 2]. Высокий уровень гидрокортизона у зрелых самцов подтверждает предположение об участии этого гормона в реализации реакций межуточного обмена у осьминога.

Основным энергетическим субстратом у головоногих служит белок. Преимущественное использование белков происходит как при достаточной обеспеченности животных пищей, так и при голодании [13]. Когда животные переходят к размножению, они перестают питаться и используют белки, накопленные в печени. По отношению к печени глюкокортикоиды обладают анаболическим эффектом, стимулируя здесь образование белка [1; 2]. Высокий уровень гидрокортизона в печени осьминога в течение всего периода исследований еще раз подтверждает его физиологическую роль в этом органе. Высокое содержание гликогена, следующего за белками по значимости в энергетическом обмене, тоже объясняет высокий уровень гидрокортизона как основного регулятора процессов гликогеногенеза [1; 2]. Корреляция между активностью ферментов глюко- и гликогеногенеза и содержанием гидрокортизона была обнаружена нами ранее у двустворчатых моллюсков [11].



Для всех исследованных тканей характерна общая тенденция к снижению уровня гормона по мере созревания. У самок исключением из этого служит характер распределения гидрокортизона в органах репродуктивной системы, где обнаружено большое сходство показателей количественного содержания и онтогенетической динамики гормона. Максимальные концентрации гидрокортизона определены у животных IV стадии зрелости. Уровень содержания гормона у незрелых моллюсков достаточно высок и к концу жизненного цикла снижается до следовых концентраций.

Высокий уровень гидрокортизона на ранних стадиях зрелости, вероятно, объясняется присущим им влиянием на ход гисто- и морфогенеза исследованных органов. Наряду с этим он может принимать участие в процессах гаметогенеза. Например, обеспечивать активный синтез белков в яичниках растущих осьминогов или участвовать в синтезе гликогена, накапливающегося в конце сперматогенеза вокруг головки сперматозоида [14].

Показано, что широкий набор различных по структуре химических соединений, попадающих в окружающую среду, может воздействовать на рецепторы стероидных гормонов и вызывать соответствующие эффекты. Такие вещества способны приводить к дисбалансу стероидно-гормонального гомеостаза, что ведет к изменению показателей плодovitости, демаскулинизации, феминизации организма и т.д. Такие последствия вызывают при попадании в водоемы некоторые пестициды, обладающие, например, эстрагеновым эффектом. Использование в качестве модельного экзогенного эндокринного соединения диетилбестрона (ДЕС) показало, что введение этого препарата планктонным ракообразным ведет к резкому изменению стероидного гомеостаза, что связано с изменением уровня эндогенного тестостерона, а также ферментов, определяющих пути его метаболизма. Эти нарушения проявляются в изменениях нормального хода процессов развития и размножения у экспериментальных животных. Исследователи предлагают использовать количественные показатели уровня гормонов или их метаболитов в условиях воздействия токсикантов как тест физиологического состояния различных гидробионтов. Одновременно такие данные позволят судить о возможных последствиях хронической интоксикации этими веществами [15]. Установлено, что введение экзогенных гормональных соединений существенно меняет гормональный фон в организме двустворчатых моллюсков. При этом заметно меняются показатели репродуктивной стратегии изученных видов [16; 17].

У позвоночных животных показатели концентрации гидрокортизона давно используются как тестовый показатель наличия или отсутствия стрессорного воздействия на организм различных ксенобиотиков [1; 2].

Таким образом, наличие гидрокортизона в изученных органах и тканях, а также выявленные нами закономерности его онтогенетической динамики позволяют предположить высокую физиологическую значимость гормона в организме обыкновенных осьминогов. Это может



служить еще одним основанием для использования показателей уровня содержания гидрокортизона в качестве теста состояния моллюсков в условиях активного антропогенного загрязнения водной среды.

### Список литературы

1. Розен В. Б. Основы эндокринологии. М., 1994.
2. Таппермен Д., Таппермен Х. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. М., 1989.
3. Fingerman M., Nagabhushanam R., Sarojini K. Vertebrate-type hormones in crustaceans: localization, identification and functional signification // Zool. Sci. 1993. Vol. 10. №1. P. 13–29.
4. Kesteren R. E., Smit B. A., De Lang P. R., Kits K. S., Van Golen F. A., Van Der Schors R. C., De With N. D., Burke J. F., Geraerts W. P. M. Structural and Functional Evolution of the Vasopressin/Oxytocin Superfamily: Vasopressin-Related Conopressin Is the Only Member Present in Lymnea, and Is Involved in the Control of Sexual Behavior // The Journal of Neuroscience. 1995. Vol. 15 (9). P. 5989–5998.
5. Никитина С. М. Стероидные гормоны у беспозвоночных животных. Л., 1982.
6. Carean S., Drosdowsky M. The in vitro biosynthesis of steroids by the gonad of the *Sepia officinalis* // Gen. and Comp. Endocrinol. 1977. Vol. 33. №4. P. 554–565.
7. Henry J., Boucaud-Catou E. In vitro stimulation by progesterone of the main nidamental glands biosyntheses in the mollusc cephalopod *Sepia officinalis* L. // Comp. Biochem. Physiol. 1994. Vol. 108A. №1. P. 25–30.
8. Буруковский Р. Н., Зуев Г. В., Нигматуллин Ч. М. Методические основы разработки шкалы зрелости репродуктивной системы самок кальмара *Stenoteuthis pteropus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) // Зоол. ж. 1976. 52. №12. С. 1781–1791.
9. Никитина С. М., Кудикина Н. П. Гидрокортизон и кортикостерон в органах репродуктивной системы короткопорого кальмара // Сессия NAFO, SCR: DOC, 8/11147.1987. P. 1018–1021.
10. Кудикина Н. П. Стероидные гормоны в жизненном цикле двустворчатых моллюсков // VII Всерос. совещ. по промыслу беспозвоночных. Мурманск, 2006. С. 225–227.
11. Кудикина Н. П. Динамика стероидных гормонов в половом цикле мидии // VIII Весоюзн. совещ. по изучению моллюсков: автореф. докл. Л., 1987. С. 348–349.
12. Mangold K. *Octopus vulgaris*. In: P. R. Boyle, ed. Cephalopod life cycles. London, 1983. Vol. 1. P. 335–364.
13. Shulman G. E., Chesalin M. V., Abolmasova G. I., Yuneva T. V., Kideys A. Metabolic strategy in pelagic squid of genus *Sthenoteuthis* (Ommastrephidae) as the basis of high abundance and productivity: an overview of the Soviet investigations // Bull. Mar. Sci. 2002. Vol. 71. №2. P. 815–836.
14. Wells M. Optic gland implants and their effects on the gonads of Octopus // J. Exp. Biol. 1975. 62. №3. P. 579–588.
15. Dodson S. I., Shurin I. B., Girvin K. M. Daphnia reproductive bioassay for testing toxicity of aqueous samples and presence of an endocrine disrupter // Wisconsin Alum. Research Foundation. 2000. №8. P. 76–84.
16. Никитина С. М., Кудикина Н. П., Чибисова Н. В. Изменение сроков полового созревания мидий под влиянием различных гормональных препаратов // Морфология, систематика и экогенез двустворчатых моллюсков: Весоюзн. совещ.: тезисы докл. М., 1984. С. 69–71.
17. Никитина С. М., Кудикина Н. П., Чибисова Н. В., Головина О. О. Влияние гидрокортизона и фолликулина на гамеогенез мидии // Морфология, систематика и экогенез двустворчатых моллюсков: Весоюзн. совещ.: тезисы докл. М., 1984. С. 109–113.



**Об авторе**

Н.П. Кудикина — канд. биол. наук, доц., РГУ им. И. Канта, knatpost@mail.ru

**Author**

Dr. N. P. Kudikina — Associate Professor, IKSUR, knatpost@mail.ru

