Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 4

ФИЗИОЛОГИЯ

Член-корреспондент АН СССР Х. С. КОШТОЯНЦ и Н. А. СМИРНОВА

О ПРИРОДЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ У МОРСКИХ АНЕМОН

Вопрос о возникновении и природе длительной периодической активности, составляющей существенный момент в двигательных актах ряда беспозвоночных животных, является одним из интересных, требующих своего разрешения вопросов современной сравнительной физиологии. В последних работах английских исследователей (1) периодическая активность, изученная на примере морских анемон, рассматривается как врожденная, возникшая вне зависимости от внешних раздражителей.

Некоторые исследователи пытались связать периодическую активность морских анемон с действием не найденных еще пока веществ, названных ими «облегчителями», или «фацилитаторами». С целью выяснения природы этих веществ были произведены попытки воздействовать на подопытное животное целым рядом веществ, а именно: ацетилхолином, адреналином, тирамином, гистамином, кокаином, ионами K, Ca, Mg, а также экстрактами из тела подопытных животных (2-4). Однако все поиски оставались безуспешными: действие всех перечисленных выше веществ никогда не приводило к изменению возбудимости и не сопровождалось периодической активностью.

В настоящем сообщении приводятся результаты изучения зависимости периодической активности морских анемон от внешних раздражителей, а также выявления зависимости этой активности от состояния структуры белковых тел и связанных с ними процессов обмена веществ. На основании большой серии исследований, показавших значение сульфгидрильных групп белковых тел в процессах формирования возбуждения и сокращения (5), можно было ожидать, что сульфгидрильные группы принимают немаловажное участие в длительной периодической активности морских анемон, а возможно, и в синтезе «облегчителей».

Объект и методика опытов. В качестве подопытного объекта нам служили черноморские Actinia equina, собиравшиеся с прибрежных камней Камышевой бухты. В течение всей работы подопытные актинии содержались в аквариуме с проточной морской водой, где они обычно сидели на камнях или раковинах. Кормление производилось регулярно через день. Для этой цели использовались мидии, содержавшиеся в соседнем аквариуме.

Во всей серии производилась регистрация сокращения маргинального сфинктора (sphinctor marginalis), осуществляющего закрывание животного, при различных условиях раздражения подошвы актиний, как известно, особенно богатой чувствующими элементами. Для записи мышечного сокращения через край маргинального сфинктора за несколько дней до опыта пропускалась шелковая лигатура, подводившаяся через блок к рычагу Энгельмана, при помощи которого и осуществлялась регистрация сокращений.

Для электрического раздражения подошвы актиний применялись неполяризующиеся серебряные электроды, покрытые лаком. Электроды погружались в подошву актиний на глубину в 1 мм.

Источником электрического раздражения служили разряды магазина конденсаторов, позволявшего применять емкости от 0,1 до 50 μФ с точностью до 0, 1 μФ, заряжаемого от батареи аккумуляторов, дающей напряжение до 20 в, через потенциометр сопротивлением в 5000 ом. Время разрядки конденсаторов определялось по формуле: $T = RC$.

В ряде случаев подопытное животное подвергалось кратковременному раздражению ярким солнечным светом, которое осуществлялось при отодвигании экрана, обычно во время опыта защищавшего актинию от чрезмерно яркого освещения. Механическое раздражение подошвы производилось при помощи стеклянной палочки. Время механического и светового раздражения определялось по секундомеру.

В опытах применялись растворы хлористого кадмия в концентрациях $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$, $1 \cdot 10^{-4}$ и цистеина в концентрациях $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$. Растворы готовились на морской воде.

Результаты опытов. В наших экспериментах удалось показать, что последовательные периодические сокращения маргинального сфинктора и Actina equina можно вызвать произвольно при нанесении электрических, световых и механических раздражений. Особенно легко удалось получить периодические сокращения маргинального сфинктора в ответ на разнообразные раздражители у летних актиний, отличающихся более высокой возбудимостью.

В опытах со световым раздражением удалось наблюдать следующее: когда актинии, находившейся в течение часа в спокойном состоянии, было нанесено кратковременное раздражение солнечным светом длительностью в 30 сек. (после чего животное было заэкранировано, т. е. поставлено в условия, в которых оно находилось до начала опыта), то через не-

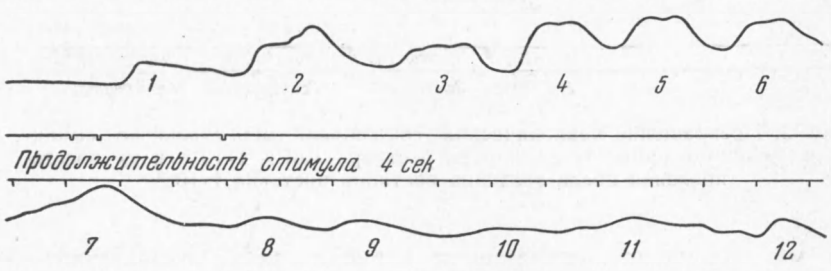


Рис. 1. Периодические сокращения маргинального сфинктора у Actinia equina после электрического раздражения

сколько секунд после раздражения появились периодические сокращения, прослеженные в некоторых опытах в течение 40 мин. Интересно, что периодические сокращения с течением времени становились более растянутыми, высота их постепенно уменьшалась (с 90 до 6 мм в конце опыта), а интервалы между отдельными сокращениями увеличивались (с 50 сек. до 1 мин. 40 сек.).

Сходная картина возникновения и развития периодических сокращений получается после нанесения кратковременного электрического раздражения (рис. 1), а также при механическом раздражении подошвы актинии стеклянной палочкой.

Итак, из приведенных данных можно заключить, что периодические сокращения появляются в ответ на внешние раздражения и, как правило, носят затухающий характер: величина сокращения уменьшается с течением времени, а интервалы между ними увеличиваются.

В ходе работы оказалось также, что длительность периодических сокращений зависит от силы раздражения: подбирая силу и продолжительность раздражения, можно получать от одного до многих десятков периодических сокращений маргинального сфинктора актиний.

Серия опытов в этом направлении показала, что вслед за одиночным

сокращением, появившимся в ответ на разряд конденсатора емкостью в 0,2 μ Ф, возникает второе добавочное сокращение меньшей силы; при раздражении меньшей силы маргинальный сфинктор отвечал одиночным сокращением. При увеличении же времени разряда конденсатора удавалось получить до 10 периодических сокращений, постепенно затухающих во времени. Следует отметить также, что нанесение добавочного светового, электрического или механического сокращения на фоне развития периодических сокращений всегда приводило к новой вспышке двигательной активности.

Таким образом, из приведенных экспериментов с очевидностью вытекает, что периодическая активность маргинального сфинктора актиний находится в прямой зависимости от внешних раздражителей. Нам удалось показать, что двигательная реакция, и в том числе развитие длительной периодической активности у Actinia equina, зависят от состояния белкового субстрата и уровня обменных реакций. Оказалось, что связывание сульфгидрильных групп белковых тел тиоловыми ядами, вводимыми на фоне периодических сокращений, способствует прекращению этих сокращений; введение же препаратов, содержащих свободные сульфгидрильные группы, приводит к возобновлению периодических сокращений.

На рис. 2 можно видеть прекращение периодических сокращений (вызванных за 5 мин. до опыта надпороговой стимуляцией разрядами конденсатора) при введении раствора $CdCl_2$ в концентрации $1 \cdot 10^{-3}$ в количе-



Рис. 2. Прекращение периодических сокращений маргинального сфинктора у Actinia equina под влиянием раствора $CdCl_2$ $1 \cdot 10^{-3}$ и их восстановление после введения раствора цистеина $1 \cdot 10^{-2}$

стве 2 мл. На фоне прекращения периодических сокращений, через 8,2 мин. после их исчезновения актинии было введено 3 мл раствора цистеина в концентрации $1 \cdot 10^{-2}$, после чего, как видно из кимограммы, вновь появились периодические сокращения. Повторное введение раствора $CdCl_2$ снова вызвало прекращение периодических сокращений, а раствор цистеина, как и в предыдущий раз, способствовал их возобновлению.

В ряде случаев, особенно у летних актиний, нам удавалось получить периодические сокращения маргинального сфинктора непосредственно после введения раствора цистеина животному без предварительного действия тиолового яда, связывающего сульфгидрильные группы. Так, в одном из опытов у подопытной актинии через 10 мин. после введения раствора цистеина в морскую воду, где находилось животное, начались периодические сокращения маргинального сфинктора, которые продолжались в течение 50 мин., даже после переноса животного в чистую морскую воду. Кимограмма этих движений по своему внешнему виду мало отличалась от записи периодических сокращений, появляющихся у актинии под влиянием различных внешних раздражителей.

Все эти опыты, как нам представляется, являются несомненным доказательством зависимости длительных периодических сокращений от состояния структуры белковых тел и процессов обмена веществ.

Приведенные исследования позволяют сделать заключение, что, вопреки распространенному мнению, длительная периодическая активность

у морских анемон возникает под влиянием определенных раздражителей и может осуществляться лишь при нормальном состоянии белковых тел и связанном с ними определенном уровне обмена веществ. Вопрос о том, каковы закономерности периодического возбуждения и процессов обмена веществ, лежащих в основе периодической двигательной активности анемон, требует дальнейшего исследования.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова и
Севастопольская биологическая станция
Академии наук СССР

Поступило
19 V 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] E. J. Batham, C. F. A. Pantin, J. Exper. Biol., 27, 290 (1950). [2] C. F. A. Pantin, J. Exper. Biol., 12, 119 (1935). [3] D. M. Ross, J. Exper. Biol., 29, 2, 236 (1952). [4] D. M. Hall, C. F. A. Pantin, J. Exper. Biol., 14, 71 (1937). [5] Х. С. Коштоянц, Белковые тела, обмен веществ и нервная регуляция, Изд. АН СССР 1951.