

ФИЗИОЛОГИЯ

С. Н. МАЦКО и В. М. СЕЛИВАНОВА

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫХ ФУНКЦИЙ В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ВРЕМЕНИ ИХ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ У ПОДВЕРГНУТЫХ
ЗАМОРАЖИВАНИЮ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 26 IX 1949)

В ранее проведенных исследованиях ⁽¹⁾ мы изучали состояние холонокровных позвоночных животных при замерзании. Нами было установлено, что появление в теле лягушек льда отнюдь не приводит к исчезновению внешних признаков жизни. При этом дольше всего сохранялась сердечная деятельность. В этих опытах процесс замерзания при достаточно низкой наружной температуре проходил довольно быстро. Поэтому мы решили выяснить, как долго сохраняется, в частности, сердечная деятельность при очень медленно идущем процессе замерзания тела.

Кроме того мы решили выяснить зависимость восстановления основных жизненных функций от времени, прошедшего после их исчезновения при замерзании. Оба эти вопроса ⁽²⁾ до сих пор не были исследованы.

Экспериментальная часть

Все опыты проводились на лягушках *Rana temporaria* — самцах. Лягушки фиксировались, как и в ранее проводившихся нами опытах ⁽³⁾, на спине. Температура тела измерялась в rectum термо-электрическим способом. Оттаивание проводилось: в опытах с быстрым замораживанием — погружая лягушек в воду с температурой $+20^{\circ}$; в опытах с медленным замораживанием — на воздухе (по причине, указанной ниже).

Наблюдение за сердечной деятельностью проводилось при помощи зеркала (на ножке), помещаемого в районе мечевидного отростка; к зеркальцу прикреплялся абажур для того, чтобы воспрепятствовать освещению передней поверхности тела*; источником света служила лампочка от ручного фонаря. За смещением зайчика следили (при помощи лупы, при 8-кратном увеличении) по шкале, отстоявшей от поверхности животного в некоторых сериях опытов на 50—60 см, а в других — на 100—120 см.

В опытах с быстрым замораживанием последнее проводилось на воздухе в камере, охлаждавшейся криогидратным раствором ZnSO_4 ; температура в ней в течение опыта снижалась от -4 до -6° .

Было проведено всего 3 серии опытов (табл. 1) в зимнее, летнее и осеннее время (на лягушках, пойманных, соответственно, зимой, летом и

* Только в первых сериях наших опытов (серии I и II) зеркальце было без ножки и без абажура.

осенью). Длительность сохранения сердечной деятельности в этих опытах наблюдалась в пределах от 1,9 до 5,8 час.

Стойкое восстановление основных жизненных функций (4-я — 6-я степень) получено только в тех опытах, где длительность остановки сердца не превышала $\frac{1}{3}$ часа (опыты 1, 6, 13, 15 и 16). При более длительной остановке сердца — от $\frac{1}{2}$ до 1 часа (опыты 4, 5, 8—10, 17—28) — не наступало стойкого восстановления основных жизненных функций. Таким образом, не наблюдалось сколько-нибудь длительного обратимого состояния исчезновения внешних признаков жизни.

В опытах с медленным замораживанием лягушки вначале помещались в ту же камеру, в которой замораживались животные в быстрых опытах (первая камера). Спустя некоторое время после начала замерзания (табл. 1) животные переносились во вторую камеру, охлаждающуюся криогидратным раствором $K_2Cr_2O_7$ или Na_2SO_4 . Температура во второй камере* в большинстве опытов была $-0,7$ — $-0,8^\circ$, а в некоторых опытах ниже (но не ниже $-1,2^\circ$). Всего было поставлено 3 серии опытов в зимнее, летнее и весеннее время на лягушках, пойманных соответственно зимой, летом и весной.

Первые опыты были поставлены весной (IV серия опытов). В этих экспериментах, взвешивая животных до и после опыта, мы обнаружили значительное падение их веса, что указывало на подсыхание лягушек. Это обстоятельство было нежелательным, поскольку мы изучали состояние животных при замерзании, а не при высушивании. Во избежание этого мы в последующих опытах (V и VI серии) смачивали лягушек ледяной водой**. После этого, в той же (первой) камере вызывалось замерзание животных. Однако и при помощи ледяного футляра не удалось предохранить лягушек от подсыхания (табл. 1), так как в процессе замерзания движения животных нарушали целостность футляра.

Чтобы получить уверенность в том, что в теле лягушек, несмотря на подсыхание их, продолжалось образование льда, мы в опытах с медленным замораживанием отогревали животных не в воде, а на воздухе, при температуре близкой к комнатной, чтобы замедлить процесс оттаивания. Анализируя кривую температуры тела при отогревании, мы могли установить наличие и (приблизительно) количество льда в теле животных по окончании замораживания их.

В опытах с быстрым замораживанием происходило, в основном, только замерзание воды в теле животных, поскольку, вследствие краткости опыта, испарение воды было незначительным.

В опытах с медленным замораживанием, в которых в конце эксперимента в теле животных был констатирован лед (см. табл. 1), мы можем принять, что лягушки находились в состоянии замерзания и сопутствующего ему подсушивания.

В некоторых опытах вследствие подсыхания лягушек мы не обнаружили льда в их теле в конце эксперимента — очевидно, вследствие его малых количеств (табл. 1).

При анализе полученных данных мы этих опытов не принимали во внимание.

В некоторых экспериментах длительность остановки сердца не была точно фиксирована, но она во всяком случае не превышала 18 час. (опыты 38, 40—47, 51—53, 71—77). Из 20 опытов, относящихся к этой группе, только в одном случае (опыт 39) имелось стойкое восстановление основных жизненных функций. Однако в этом случае, возможно, длительность остановки сердца была небольшой, поскольку установлено только, что она была меньше 10,3 час.

* Шарик термометра находился на одном уровне с лягушкой.

** Ноздри были защищены от попадания воды бумажным пакетом.

Таблица 1

Серия и время проведения опытов	№№ опытов	Вес лягушек в г	Потеря веса в течение опыта в %	Температура тела в °		Длительность нахождения лягушек **		Длительность сохранения сердечной деятельности **	Длительность остановки сердца	Степень восстановления жизненных функций ***	Кол-во льда в теле в конце опыта *	
				в момент остановки сердца	в конце опыта	в 1-й камере в час	в 1-й и 2-й камерах в час					
Быстрое замораживание при температуре -4-6°												
I Зима	1	44	-0,70	-0,70					10 мин.	4		
	2	39	-0,67	-0,71					11 »	2		
	3	30	-0,76	-0,82					11 »	1		
	4	43	-0,54	-0,61					27 »	1		
	5	34	-0,61	-0,63					32 »	1		
II Лето	6	30	-0,64-0,74	-0,74					5 »	4		
	7	29	-0,70	-0,71					5 »	2		
	8	30	-0,64-0,68	-0,68					34 »	2		
	9	33	-0,60	-0,72					31 »	1		
	10	35	-0,65	-0,70					30 »	0		
III Осень	11	39							11 »	1		
	12	34	~-0,9	-0,9					12 »	2		
	13	31							14 »	5-6		
	14	37	~-0,9	-0,89					14 »	2		
	15	37	~-0,7	-0,72					11-16»	5		
	16	35							13-18»	4		
	17	34	-0,9	-0,9					20 »	2		
	18	39	-0,53	-0,65					60 »	3		
	19	34	-0,56	-0,79					60 »	1		
	20	41	-0,43	-0,45					60 »	3		
	21	47	~-0,6	-0,64					54-62	1		
	22	38	-0,96	-1,56					54-63	1		
	23	32	-0,77	-0,97					52-63	1		
	24	30	-0,68	-0,79					54-63	1		
	25	33	~-0,65	-0,85					54-64	1		
IV Весна	26	41	-0,63	-0,75					64	1		
	27	44	-0,60	-0,67					61-68	1		
	28	42	~-0,75	-1,22					61-73	1		
	29	41	~-0,60	-0,79					59-90	1		
	30	42	-0,65	-0,73					92-100	1		
	Медленное замораживание, температура 2-й камеры не ниже -1,2°											
	V Лето	31	45	6,5	-0,48	0,7	11,7				4-5	+++
		32	39	10,8	-0,44	0,6	16,6				2	++
		33	43	11,1	-0,58	0,7	22,9				1	++
		34	42	7,2	-0,52	0,7	23,7				1	+++
35		46	11,6	-0,51	0,5	50,3				1	+	
36		45	-	-0,50	0,7	62,7				1	-	
37		41	7,8	-0,57	0,6	16,9				2	+++	
38		38	5,8	-0,62	0,5	27,5				1	++++	
39		36	12,7	-0,53	0,7	12,0				5	+	
40-47		33-48	6-8							0-1	++++	
VI Зима	48	35		-0,43	0,4	20,4				3	++	
	49	31		-0,46	0,4	22,6				1	+	
	50	32		-0,54	0,3	22,7				6	++	
	51-53	31-37								0	+++	
V Лето	54	35	8,8	-0,54	1,0	20,0				6	-	
	55	37	8,8	-0,61	1,0	31,6				1	++	
	56	35	3,4	-0,58	1,8	42,9				4-5	+	
	57	33	9,1	-0,63	1,4	54,7				6	+	
	58	34	6,5	-0,70	1,2	71,2				2	+	
	59	40	9,2	-0,48	0,9	20,6				4	+	
	60	34	8,6	-0,66	1,3	26,9				2	+++	
	61	33	-	-0,64	1,2	23,8				2	+++	
	62	39	7,2	-0,69	0,4	23,2				2	+++	
	63	32	8,9	-0,45	0,4	32,0				2	++	
	64	32	-	-0,62	0,9	52,3				2	+++	
	65	38	7,1	-0,69	0,7	33,6				2	+++	
	66	38	6,6	-0,62	0,9	31,6				2	+++	
	67	37	8,1	-0,59	0,9	22,3				1-2	+++	
	68	34	8,8	-0,62	0,5	19,4				1	++	
	69	37	8,7	-0,67	1,4	69,5				1	++	
	70	31	7,0	-0,58	1,5	26,4				0	+++	
	71	37	7,1	-	1,0	15,9				1	+++	
	72-77	36-40	5-10							0-1	++++	

* —, лед не обнаружен; +, следы; ++, небольшое количество; +++, значительное количество.

** Считая от начала замерзания лягушки.

*** Степени восстановления жизненных функций: 0—признаки жизни отсутствовали, 1—восстанавливалась только сердечная деятельность, 2—восстанавливалась сердечная деятельность и двигательная реакция при механическом раздражении, 3—кратковременное и 4—стойкое восстановление основных жизненных функций, 5 и 6—внешние признаки отклонений от нормы отсутствовали, по крайней мере в течение 2 суток по окончании опыта.

Таким образом, после длительной (до 18 час.) остановки сердца не происходит полного и стойкого восстановления основных жизненных функций.

В других опытах длительность остановки сердца была фиксирована точнее. В 10 опытах она превышала 1½ часа (опыты 37, 59—62, 65, 66, 68—76) и в 3 опытах не превышала 2 час. (опыты 63, 64, 67). Стойкое восстановление основных жизненных функций получено только в одном опыте (59) *. Следовательно, как правило, остановке сердца в течение 1½ — 2 час. сопутствовало развитие грубых необратимых изменений.

Наконец, в некоторых опытах замораживание прекращалось до наступления остановки сердца (опыты 31—34 и 55—58). В некоторых опытах наблюдалось стойкое восстановление основных жизненных функций у животных, частично замороженных в течение многих часов.

В опытах с медленным замораживанием сердечная деятельность сохранялась в течение более длительного времени, чем в опытах с быстрым замораживанием,— в большинстве опытов свыше 20 час.

Как мы наблюдали во всех наших опытах, сердечная деятельность не остается неизменной в течение процесса замерзания; она постепенно затухает как по частоте, так, в особенности, по амплитуде сокращений. Поэтому, возможно, что задолго до полной остановки сердца наступает или выключение того или иного отдела сердца, или столь сильное падение силы сокращения сердца, что она уже не может поддерживать циркуляции крови; в этом случае ткани и органы тела могли бы находиться, и, быть может, длительное время, в близком к анабиозу состоянии.

Не исключена поэтому возможность, что у других видов позвоночных животных, у которых сердце обладает меньшей мобильностью, удастся получить восстановление основных жизненных функций после длительной остановки сердца.

Научно-исследовательский институт
экспериментальной физиологии и терапии
Министерства здравоохранения СССР

Поступило
1 VIII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Н. Мацко, А. Т. Жмейдо и В. М. Селиванова, ДАН, 59, 617 (1948). ² С. Н. Мацко и В. М. Селиванова, Бюлл. эксп. биол. и мед., № 7 (1949). ³ С. Н. Мацко при уч. А. Т. Жмейдо, ДАН, 59 401 (1948).

* Кроме того, в 2 опытах имелась ранее не наблюдавшаяся степень восстановления жизненных функций (табл. 1 — «?»): у лягушек восстанавливались произвольные движения, роговичный рефлекс, имелась нормальная поза, но отсутствовали дыхательные движения.