Доклады Академии наук СССР
1955. Том 101, № 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

Л. В. ПОЛЕЖАЕВ

ЗАВИСИМОСТЬ РЕГЕНЕРАЦИИ КОНЕЧНОСТЕЙ У БЕСХВОСТЫХ АМФИБИЙ ОТ УСЛОВИЙ ИХ СУЩЕСТВОВАНИЯ

(Представлено академиком Е. Н. Павловским 2 II 1955)

Регенерация есть одно из явлений наследственно обусловленного индивидуального развития организма или одна из форм приспособительного самовоспроизведения животных. Основу регенерации как явления воспроизведения составляет обмен веществ, ассимиляция — диссимиляция. Поскольку обмен веществ зависит от условий существования особи и изменяется при их перемене, т. е. является приспособительным процессом, постольку регенерация есть явление приспособительное и форма (характер) регенерации должна изменяться в зависимости от изменения условий существования. Это положение имеет принципиальное значение для учения о регенерации и его следует доказать экспериментально, что и является задачей настоящей статьи. Следовательно, общая задача исследования состоит в направленном изменении регенерации через изменение условий существования особи, а отсюда и ее обмена веществ.

В качестве объекта исследования были выбраны конечности головастиков травяной лягушки (Rana temporaria), способность к регенерации которых утрачивается в онтогенезе — в процессе их метаморфоза, т. е. при переходе от водных условий существования к наземным, в течение которого происходит резкое изменение типа обмена веществ, физиологии и форм органов. Головастики были взяты на стадии 1 b (по схеме Л. Я. Бляхера ([2])), когда при ампутации в проксимальной части голени у них хорошо и в 100% случаев регенерируют конечности, и на стадии 11a, когда при тех же условиях конечности у них перестают регенерировать ([5]).

В 1938 г. нами было установлено, что регенерация и регенерационная способность в высшей степени зависят от условий существования особи: при нормальных условиях содержания и ампутации в проксимальной части бедра на стадии 1c конечности у головастиков травяной лягушки регенерируют в 53,7% случаев, а при плохих условиях — при скученности, недостатке кислорода и пищи и при избытке продуктов экскреции — лишь в 14,5% случаев, причем развитие животных замедляется и изменяется ([5]). В настоящей статье сообщаются данные о значении отдельных условий существования для течения регенерации конечностей у тех же объектов *. Весь анализ проводится под углом зрения приспособления, в основе которого лежит изменение типа обмена веществ, адекватное изменению условий существования.

Всего было прооперировано более 1600 животных в 32 сериях опыта, причем в каждую серию входило по 50 животных. На стадиях 1b или

* Экспериментальная часть работы была проведена на Кропотовской биологической станции при участии А. И. Матвеевой, З. А. Строковой, Т. В. Мочаловой и Т. В. Букреевой.

11а правые задние конечности ампутировались в проксимальной части голени. В некоторых сериях ампутация производилась в дистальной части бедра, регенерация конечности происходила в течение 10—12 дней, длительность опыта составляла 14—31 день. В разных сериях опыта животные выживали в 88—100% случаев. Типичной регенерацией считались случаи восстановления нормальной пятипалой конечности; частичной регенерацией — восстановление конечностей с 4 или 3 пальцами; атипичной регенерацией — случаи восстановления ненормальных конечностей с недоразвитыми или сливщимися между собой пальцами; отсутствием регенерации — гладкое заживление ран или образование небольших выростов.

В эксперименте было 4 основные группы, в которых выяснялось значение для регенерации кислорода, продуктов выделения, температуры и характера пищи. Во всех контрольных сериях опыта животные содержались при следующих условиях: в одинакового размера кристаллизаторы с диаметром 22 см наливалось 1,5 л ключевой воды, насыщенной кислородом, которая сменялась ежедневно; в каждом кристаллизаторе содержалось по 25 животных; животные находились в помещении при температуре воздуха +18 — +25°; они питались растительной пищей — нитчатой водорослью (Spirogyra); пища им давалась в дневное время, а вечером до утра следующего дня удалялась из сосуда. При метаморфозе они переводились в мелкую воду и корм им временно не давали. В опытах, выясняющих значение кислорода, животные по 25 экз. содержались в ключевой воде, обедненной кислородом путем ее кипячения; кроме того, с целью уменьшить возможность насыщения воды кислородом воздуха, 1,5 л воды наливали не в широкий кристаллизатор диаметром 22 см, а в высокий узкий цилиндр с диаметром 8 см; пища, смена воды и температура были такими же, как в контроле. В опытах, выясняющих влияние продуктов диссимиляции (выделения) на регенерацию, животные содержались не по 25, а по 50 шт. в кристаллизаторе, в котором было налито не 1,5, а 0,5 л ключевой воды, которая сменялась не ежедневно, а через каждые 4 дня. Все прочие условия были такими же, как в контроле. В опытах, выясняющих значение характера пищи для регенерации, животным в одно время с контролем давали не растительную, а животную пищу — растертое вареное говяжье мясо; все прочие условия в опыте и контроле были одинаковыми. В опытах, выясняющих значение температуры для регенерации, животные находились в таких же условиях, как в контроле, но помещались на погреб с темпера-

Таблица 1

Серия опыта	Стадия животного	Регенерация		Отсутствие регенерации	Серия опыта	Стадия животного	Регенерация		Отсутствие регенерации
		типичная	частичная и атипичная				типичная	частичная и атипичная	
Контроль	1b	87,5	10,4	2,1	Растит. пища . .	1b	96,4	1,8	1,8
Избыток продуктов выделения .	1b	39,2	39,3	21,5	Животн. пища . .	1b	90,9	9,1	—
Контроль	11a	7,0	37,2	55,8	Растит. пища . .	11a	4,2	22,9	72,9
Избыток продуктов выделения .	11a	—	4,3	95,7	Животн. пища . .	11a	—	6,7	93,3
Контроль	1b	83,3	14,6	2,1	$t = +18 — +25°$	1b	84,6	19,5	1,9
Недостаток кислорода	1b	58,5	34,2	7,3	$t = +5 — +6°$	1b	78,0	16,0	6,0
Контроль	11a	6,0	40,0	54,0	$t = +18 — +25°$	11a	3,7	48,1	48,2
Недостаток кислорода	11a	4,7	11,6	83,7	$t = +5 — +6°$	11a	39,4	42,4	18,2

турой воздуха +5 — +6°. Результаты опыта, выраженные в процентах, сведены в таблицу.

Как видно из данных табл. 1, процесс регенерации конечностей у бесхвостых амфибий в высшей степени зависит от условий их существования, что полностью подтверждает наши прежние данные ([5]). Особенно четкие результаты были в группе опыта с влиянием на регенерацию продуктов выделения животных. Избыток продуктов экскреции на стадии 1 b снижал случаи типичной регенерации с 87,5 до 39,2%, а на стадии 11 a приводил к подавлению регенерации до 95,7% при 55,8% таких же случаев в контроле. При недостатке кислорода на стадиях 1 b случаи типичной регенерации снижались с 83,3 до 58,5%, а на стадии 11 a отсутствие регенерации наблюдалось в 83,7% против 54,0% случаев в контроле. Интересны данные о влиянии температуры на регенерацию. Понижение температуры до +5—+6° на стадии 1 b приводит к ухудшению регенерации: регенерация отсутствует в 6,0% против 1,9% случаев в контроле; в опытах на критической стадии 11 a регенерация, напротив, происходит лучше, а именно — типичная регенерация наблюдается в 39,4% против 3,7% случаев в контроле. При этом такой же результат получается, если животные подвергаются охлаждению только в первые 5 дней опыта. Кормление животных мясной, а не растительной пищей приводит к некоторому ухудшению регенерации, которая в опытах на стадии 11 a отсутствует в 93,3% против 72,9% случаев в контроле.

Изменение условий существования (аэробного дыхания, характера питания, температуры и накопления продуктов выделения) приводит к глубокому изменению физиологии, обмена веществ животного, а отсюда его регенерации. Находясь в неблагоприятных условиях, животные медленнее развиваются, сильно тощают и напоминают тех животных, у которых был удален головной мозг ([6]). Возможно, что вредные условия существования прежде всего влияют на состояние нервной системы животного, а отсюда на общий обмен и регенерацию животного.

Приводимые здесь данные полностью совпадают с данными нашей лаборатории ([1]) по влиянию на регенерацию характера питания и лучистых факторов у млекопитающих. С другой стороны, они полностью согласуются с данными по зависимости нормального развития рыб и регенерации их плавников от условий их существования ([3], [7]).

В процессе эволюции вида животных, т. е. исторического приспособления их к изменяющимся условиям существования, например при переходе от водных к наземным условиям существования, закономерно изменяется их физиология (механические и физиологические функции), обмен веществ и способность к регенерации, т. е. к самовоспроизведению живого вещества, клеток, тканей и органов при их физиологическом изнашивании или насильственном повреждении. В онтогенезе в сокращенном и измененном виде повторяются эти физиологические изменения нормального развития и регенерации, что очень ясно видно на примере бесхвостых амфибий. В этом процессе, в частности, усиливается аэробное дыхание, поэтому подавление его особенно сильно и резко сказывается на тех фило- и онтогенетических стадиях развития животного, где оно повышено. Знание значения отдельных условий существования на различных стадиях фило- и онтогенеза животного имеет большое значение для управления процессами регенерации их органов и функций, подобно тому, как это было показано Т. Д. Лысенко ([4]) для стадийного развития растений.

Выводы

1. Изменение условий существования (аэробного дыхания, характера питания, температуры и накопления продуктов обмена в среде) сильно влияет на индивидуальное развитие животных (бесхвостых амфибий) и регенерацию их органов.

2. Эти изменения регенерации обусловлены изменением их физиологии и обмена веществ животных.

3. На разных стадиях фило- и онтогенеза животного одни и те же условия существования имеют неодинаковое значение для регенерации его органов.

4. Знание значения отдельных условий существования на разных стадиях фило- и онтогенеза животного имеет большое значение для управления процессами регенерации его органов и функций.

Институт морфологии животных им. А. Н. Северцова
Академии наук СССР

Поступило
21 IX 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Н. Ф. Баракина, Г. И. Гинцбург, Л. И. Корчак, Л. В. Полежаев и И. Г. Рогаль ДАН, 87, № 4 (1952). [2] Л. Я. Бляхер, Тр. лаб. эксп. биол. Моск. зоопарка, 4 (1928). [3] С. В. Емельянов, Тр. Всесоюзн. конф. по вопр. рыб. хоз., Изд. АН СССР, 1953. [4] Т. Д. Лысенко, Агробиология, М., 1948. [5] Л. В. Полежаев, ДАН, 22, № 9, 648 (1939). [6] Л. В. Полежаев, ДАН, 70, № 6, 1089 (1950). [7] И. А. Садов, Тр. Всесоюзн. конф. по вопр. рыб. хоз., Изд. АН СССР, 1953.