

М. Ф. НИКИТЕНКО

О РОЛИ СВЕТА В МОРФОГИСТОЛОГИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКЕ ХРУСТАЛИКА

(Представлено академиком Л. А. Орбели 1 III 1950)

Процесс восстановления хрусталика из верхнего края ириса, происходящий после удаления типичного, уже достаточно полно выяснен с описательно-морфологической стороны. Установлено, что он идентичен процессу закладки линзы в эмбриогенезе и определяется коррелятивными морфообразовательными влияниями ретинального слоя глаза (¹, ²). В настоящее время встал вопрос о роли и влиянии на этот процесс внешних факторов, в частности, световых раздражений, поскольку функционально хрусталик предназначен именно для преломления и проектирования световых лучей на сетину.

Выяснение этого вопроса интересно также и потому, что у животных, ведущих жизнь в условиях постоянной темноты, наблюдается дегенерация глаза, причем она начинается с редукции и постепенного регресса хрусталика, хотя последний в эмбриогенезе развивается типически (³). Причины этого явления не были выяснены, хотя высказывались предположения о значении фотораздражений.

Опыты по выяснению поставленного вопроса производились на личинках *Tr. taeniatum*, достигших к началу операции размеров тела 9,5 мм. Опыты велись тремя сериями с личинками одной и той же стадии и возраста. Все подопытные и контрольные животные находились во всех отношениях, кроме освещения, в одинаковых условиях.

I серия. Личинки *Tr. taeniatum* после экстирпации типичного хрусталика были помещены в условия постоянного освещения. Источником света служила электролампа в 300 вт, отделенная от сосудов с подопытными животными двойной — воздушной и водной — перегородкой (слой воды 3 см). Эти перегородки имели назначение поглощать тепловые лучи и тем самым сохранять для подопытных животных неизменную температуру.

Личинки этой серии развивались и дифференцировались относительно быстрее контрольных животных, однако без соответствующего прироста тела по величине. На 15-й день опыта средняя длина личинок этой серии была равна 10,3 мм, но передние конечности имели 4 вполне развитых пальца. Жабры у них уменьшились наполовину и, судя по общему виду животного, они начали метаморфоз. Личинки были слабо пигментированы, а зернышки пигмента были очень мелкими, отчего вся личинка казалась прозрачной. При исследовании срезов с восстановившимся хрусталиком у личинок, зафиксированных на 10-й день опыта, было установлено, что новый хрусталик образовался в 9 случаях (см. табл. 1, А). Средний размер новых хрусталиков определился в 340 μ . У большинства личинок внутри волокнистого ядра хрусталика находились зерна пигмента разнообразной формы и величины.

Наиболее крупные хрусталики достигали размеров 620 μ , но имели при этом вакуоли внутри волокнистого тела. После 15 дней содержания

Таблица 1

Реакция верхнего края ириса через 10 и 15 дней после экстирпации хрусталика

Серии опытов	Число личинок в опыте	Исследовано гистологически личинок	Нет восстановления хрусталика		Начало восстановления хрусталика		Образование хрусталика		Размер восстановленных хрусталиков и ц			% вакуолизировавшихся хрусталиков
			всего	%	всего	%	всего	%	наименьший	наибольший	средний	
А. Через 10 дней												
I	15	12	1	8	2	17	9	75	200	620	340	—
II	15	11	3	27	—	—	8	73	180	300	240	—
III	15	12	3	25	4	33	5	42	110	340	280	—
Б. Через 15 дней												
I	15	8	—	—	—	—	8	100	475	750	520	33
II	15	8	—	—	1	13	7	87	350	600	450	100
III	15	9	2	22	1	11	6	67	380	560	390	—

при постоянном освещении из 15 личинок удалось зафиксировать только 8. У этих животных вновь образованные хрусталики значительно увеличились в размерах (средняя величина 520 μ) (см. табл. 1, Б). У некоторых были обнаружены пигментные зерна внутри волокнистого тела. Эпителий хрусталиков был очень тонкий по сравнению с общим его размером.

II серия. Личинки *Tr. taeniatu*s после экстирпации хрусталика воспитывались в условиях постоянной, почти абсолютной темноты. Это достигалось помещением сосудов с подопытными животными в ящик с двойными дверками, окрашенный изнутри черной краской.

Личинки этой серии росли и развивались медленнее и на 15-й день опыта имели среднюю длину 10 мм. Они обладали ясно выраженной трехпалой конечностью. Пигментированность у них была развита полнее и отчетливее, чем у личинок I серии. Хроматографы в виде отдельных звездчатых зерен покрывали сплошь спину и голову, отчего личинки выглядели темноокрашенными. При фиксации на 10-й день микроскопически было исследовано 11 экз. Из этого числа в 8 случаях произошло восстановление хрусталика. Скорость этого процесса по отношению к скорости восстановления у личинок I серии явно понижена. Средний размер новообразований на 10-й день опыта составлял 240 μ (см. табл. 1, А), что ниже средних размеров контрольных животных. К этому периоду, т. е. на 10-й день опыта, в 50% случаев новообразованные хрусталики в той или иной степени вакуолизированы, волокнистое тело рыхлое, клетки раздуты. После 15 дней опыта у всех вновь образовавшихся хрусталиков волокнистое тело наполнено вакуолями различной величины, и хрусталики, повидимому, непрозрачны.

Фиксация объектов для микроскопического исследования гистоструктур восстанавливающегося хрусталика была произведена в два срока: через 10 и 15 дней после удаления типичного хрусталика. Промеры хрусталиков производились с помощью окуляр-микрометра (окул. $\times 3$, объект. $\times 6$) и поэтому являются только относительными. Измерялся диаметр хрусталика.

У личинок III (контрольной) серии, содержавшихся в обычных лабораторных условиях, размеры тела достигали в среднем 10,4 мм (к концу 15 дней опыта). Конечность трехпалая с едва намечающимся зачатком 4-го пальца, жабры достигали полного развития. Пигментация обычная — рассеянные по дорзальной стороне тела черные и желтые хроматофоры.

Восстановление хрусталика совершается типичным образом. После 10 дней микроскопически было исследовано 12 личинок. Новообразование хрусталика было обнаружено в 5 случаях, а после 15 дней опыта — в 6 случаях (из 9 зафиксированных). Кроме того, у личинок этой серии отмечались значительные индивидуальные отклонения от средней скорости образования новых хрусталиков. Так, размеры их колебались от 110 до 340 μ на 10-й день опыта. В нескольких случаях в те же сроки возникали только лентоиды, т. е. малодифференцированные выросты на *pars ciliaris retinae*, потерявшие пигмент. Разница в размерах восстановившихся хрусталиков у личинок контрольной серии и у личинок, содержащихся либо в условиях постоянного освещения либо при постоянной темноте, совершенно реальна и, можно думать, вызвана разницей в количестве получаемых светораздражений.

Как показали эти опыты, световые раздражения в процессе образования нового хрусталика из верхнего края ириса играют определенную роль. Несмотря на то, что этот процесс совершается в общем как на свету, так и в темноте, скорость его в различных условиях различна (см. табл. 1). Постоянное освещение усиливает дифференцировку всех частей организма, что, несомненно, усиливает процесс дифференцировки клеток, преобразующихся в новый хрусталик, ускоряя превращение его в функционирующую часть глаза. Образование нового хрусталика в его начальных стадиях идет как процесс перестройки верхнего края ириса. Это преобразование клеток верхнего края ириса связано, как известно, с коррелятивными формообразовательными воздействиями, исходящими от клеток ретины. Эти воздействия, возможно, также усиливаются благодаря непрерывным фотомеханическим раздражениям при непрерывном освещении, падающем на ретинальную часть глаза.

Таким образом, формообразовательный процесс восстановления хрусталика происходит ускоренным темпом и клетки верхнего края ириса, не успев выделить наполняющий их пигмент, преобразуются в клетки хрусталика, вовлекая пигментные зерна в состав волокнистого тела. По этой причине, вероятно, во многих случаях у личинок I серии опытов внутри волокон хрусталика сохранялись зерна пигмента, хотя по своей форме они уже резко отличаются от клеток ириса.

Отсутствие световых воздействий может вызвать некоторую или даже значительную гипоплазию развивающихся хрусталиков. Судя по тому, что гипоплазия прогрессивно увеличивается с удлинением срока содержания животных в темноте, можно думать, что она может привести и к дегенерации и рассасыванию вновь образовавшихся хрусталиков. После 15 дней содержания личинок *Tr. taeniatus* в полной темноте вакуолизация охватывала не только вновь образовавшиеся хрусталики, но также часть хрусталиков в глазах на неоперированной стороне. Это говорит в пользу того, что в поддержании нормальной гистоструктуры хрусталика фотораздражения играют если не решающую, то очень важную роль.

Этот вывод находится в полном соответствии с наблюдениями Эйгенманна ⁽⁵⁾ над развитием хрусталика у пещерных рыб и Каммерера ⁽⁶⁾ у *Proteus*. У пещерных рыб (*Amblyopsis tryplichthys*), живущих в постоянной темноте, глаз, по данным Эйгенманна, в процессе эмбриогенеза закладывается полностью со всеми частями. Однако вскоре он дегенерирует. Интересно отметить, что дегенерация хрусталика в этом случае начинается после вылупления мальков из зародышевых оболочек, когда они попадают в условия полной темноты. При этом сначала разжижается внутренняя часть (волокнистое тело хрусталика), а потом исчезает его эпителий. Дегенерация хрусталика при развитии глаза пещерных рыб сходна с процессом гипоплазии и вакуолизации хрусталиков, наблюдавшимся нами у личинок II серии, содержащихся в полной темноте, который также начинается внутри волокнистого тела и позднее

охватывает весь хрусталик. Каммереру (⁶) удалось при воспитании личинок *Proteus* в условиях освещения попеременно дневным светом и светом через красный светофильтр получить взрослых животных с нормально развитым и функционирующим глазом, с прозрачной роговицей, большим хрусталиком и т. д.

По мнению А. Н. Северцова (³), в этом случае развитие хрусталика происходило не под влиянием прямого действия светораздражений, а вследствие коррелятивно связанного действия со стороны ретины. Последняя под влиянием световых лучей прогрессивно изменилась и от эпителиального, недифференцированного строения развилась в настоящую сетчатку с палочками и колбочками. Однако это, по нашему мнению, не исключает и прямого влияния световых раздражений на гистологическую и морфологическую дифференцировку хрусталика.

Горьковский государственный
университет

Поступило
27 II 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. Ф. Никитенко, ДАН, 16, № 9 (1937). ² М. Ф. Никитенко, ДАН, 25, № 5 (1939). ³ А. Н. Северцов, Современ. задачи эволюцион. теории, 1914. ⁴ H. Wachs, Arch. Entw.-Mech., 39 (1914). ⁵ S. Eigenmann, Proc. Indiana Ac. Sci. (1901). ⁶ P. Kammerer, Arch. Entw.-Mech., 33 (1912). ⁷ T. Sato, ibid., 133 (1935).