

В. В. ПОПОВ, Е. В. КУЗНЕЦОВ, О. П. МЕЛЕХОВА, Л. В. РЯБОВА

ВЛИЯНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПЕРЕГРУЗОК НА ИНДУКЦИЮ СЛУХОВОЙ КАПСУЛЫ У ЗАРОДЫШЕЙ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ

(Представлено академиком С. Е. Севериным 5 III 1975)

В многочисленных работах В. В. Попова, его учеников и сотрудников на основании объективной методики электроретинोगрафии было установлено, что солнечный отраженный и рассеянный свет, разные режимы искусственного белого света, а также основные лучи солнечного спектра приводят к различному возбуждению сетчатки амфибий. При этом оказалось, что с функциональной активностью сетчатки находится в прямой связи ее способность ко вторичной индукции наружной роговицы у головастиков и к индукции нового хрусталика по типу вольфовской регенерации у личинок и взрослых тритонов разных видов ⁽¹⁾.

Для проверки этого нового и ответственного вывода было бы существенно воспользоваться какой-либо широкой закономерностью, которая проявлялась бы лишь на основе связи между функциональной и формативной активностью сетчатки. Мы остановились на выработке у тритонов так называемых сенсорных условных рефлексов, описанных для человека в оригинальных работах наших отечественных авторов и вошедших в известную сводку С. В. Кравкова ⁽²⁾. После выработки таких рефлексов сетчатка возбуждалась одними лишь условными, преимущественно вибрационными, раздражениями, которые рецендируются сеймосенсорной системой тритонов и через промежуточный и средний мозг передаются сетчатке. Это приводит к индукции в верхнем крае зрачкового отверстия вполне нормального хрусталика ⁽³⁾.

Не относится ли подмеченная в указанных выше работах связь между функциональной активностью индуктора и его формативной способностью лишь к сетчатке амфибий во время развития и регенерации частей диоптрического аппарата или же эта закономерность касается и других нормальных и восстановительных органогенезов?

Принимая во внимание предложенный нам для разработки Институтом космических исследований научный вопрос о влиянии «переменного гравитационного поля» на индивидуальное развитие позвоночных, мы решили выяснить, отражается ли специфическая функция слухового пузырька на его способности к индукции слуховой капсулы у зародышей травяной лягушки (*Rana temporaria*).

Само явление индукции слуховой капсулы было доказано в классической работе Д. П. Филатова путем доскональных опытов на зародышах жабы ⁽⁴⁾. Формативное влияние слухового пузырька на окружающую мезенхиму неоднократно подтверждалось как в эффектных опытах самого Филатова, так и в исследованиях других авторов. Особенно активно пузырек влияет на мезенхиму в местах расположения чувствительных пятен ⁽⁵⁾.

Существенно отметить, что слуховые пузырьки до их подразделения на отделы внутреннего уха являются первыми по времени появления у зародыша высокодифференцированными рецепторами гравитации, так как любое перемещение эндолимфы с отоконами в слуховом пузырьке улавливается чувствительными клетками (книдоцилиями) слуховых пятен.

Мы успливали функциональную нагрузку слуховых пузырьков, центрифугируя зародышей травяной лягушки в яйцевых оболочках.

В центрифугу помещали зародышей на стадии средней нейрулы вскоре после появления слуховой плакоды, а извлекали их из центрифуги на стадиях средней и в особенности поздней хвостовой почки, когда идут интенсивные гистогенетические процессы в мезенхимной слуховой капсуле; часть зародышей была зафиксирована незадолго до их вылупления. Зародыши подвергались центрифугированию ежедневно по 2—5 час. с перегрузками в 2,0, 5,0 и 10 g. Подопытных зародышей вне центрифуги содержали в тех же условиях (температура, корм и пр.), как и контрольных (нецентрифугированных).

На рис. 1* показаны срезы слуховых пузырьков контрольного и подопытного зародышей, зафиксированных на стадии относительно поздней хвостовой почки. В контроле слуховая капсула еще отсутствует, а в опыте слуховой пузырек уже окружен клетками мезенхимы, которая, судя по некоторым признакам, начала дифференцироваться в направлении слуховой капсулы. Таким образом, по старому и спорному вопросу о характере влияния слухового пузырька на окружающую мезенхиму, хорошо освещенному в статье О. А. Сидорова⁽⁵⁾, мы, на основании наших данных, можем сказать, что слуховой пузырек не только привлекает к себе мезенхиму, но и содействует ее дальнейшей дифференцировке. Разногласия прежних авторов по указанному вопросу объясняются, например, то большей, то меньшей травматизацией слухового пузырька во время его очищения от мезенхимы перед пересадкой, что, видимо, отражается на его формативных способностях. Мы стоим в стороне от продолжающихся споров, так как, не прибегая к микрохирургическим приемам, изучаем индукцию слуховой капсулы в зависимости от функциональной нагрузки слухового пузырька, сохраняющего привычные взаимоотношения с мезенхимным синцитием и его основным веществом.

Нами своевременно проводились опыты, судя по тому, что нам удалось уловить начало ранней индукции слуховой капсулы у подопытных зародышей.

Для оценки функционального состояния слуховых пятен у подопытных и контрольных зародышей мы использовали сначала методику люминесцентной микроскопии. Срезовые препараты подвергали флуорохромированию раствором акридинового оранжевого (АО) на ацетатном буфере в широком диапазоне значений pH. Наилучшие результаты дала обработка препаратов АО в разведении 1:40 000 и 1:10 000 при pH 2,0 и 4,5. У контрольных зародышей ядра клеток слухового пятна светились зеленым цветом, а цитоплазма была окрашена в красный цвет. У зародышей же, подвергавшихся, например, перегрузке в 5 g, как ядро, так и цитоплазма были красными. Эти данные люминесцентной микроскопии, по-видимому, объясняются накоплением РНК в ядрах клеток слухового пятна у подопытных зародышей в результате повышения их функциональной активности под влиянием центрифугирования.

Об избирательном влиянии центробежной силы на функциональную активность чувствительных клеток слуховых пятен свидетельствует и предпринятое нами выявление свободнорадикальных (с.р.) процессов в слуховом пузырьке интактных и центрифугированных зародышей. Использовалась методика привитой сополимеризации меченного радиоактивным углеродом акриламида на полимерах живого субстрата⁽⁶⁾. Зародышей перед фиксацией в течение 3 час. выдерживали в растворе акриламида с активностью 3 мкС/мл. После 2-месячной экспозиции гистоавтографы проявляли, а срезы окрашивали по Караччи. Чтобы выяснить специфичность реакции слуховых пузырьков на адекватные им перегрузки, с.р. реакции выявляли и в некоторых других зачатках, для которых гравитационные раздражения не являлись адекватными. Как известно, с.р. состояния в биологических системах являются узловыми звеньями обмена веществ и служат показателями их физиологической активности^(7, 8). В результате ока

* Рис. 1 см. на вкл. к стр. 1447.

залось, что чувствительные клетки слуховых пятен под влиянием центрифугирования (5 и 10 g) заметно повышают свою физиологическую активность.

В ближайшее время мы приступаем к экспериментальному выяснению очень сложного вопроса о связи между функциональной активностью индуктора и его формативной способностью. Пока же мы вынуждены ограничиться лишь собственными и заимствованными из литературы соображениями.

Прежде всего следует напомнить, что формативные связи являются основными факторами онтогенеза, определяющими развитие исторически сложившихся соотношений между органами. Эти связи, в том числе и индукционные взаимоотношения, дают организму многие преимущества в индивидуальной жизни. Благодаря индукционным воздействиям организм с легкостью компенсирует различные нарушения в реагирующих тканях, обусловленные случайными факторами внешней среды или небольшими, но вредными соматическими мутациями. Вместе с тем, судя по исследованиям В. В. Попова и его сотрудников, интенсивность индукционных воздействий в ряде случаев зависит от функционального состояния индуцирующего органа. Хотя действие индуктора отличается, как правило, известной стабильностью, но если индуктор относится к одному из рецепторов (сетчатка, слуховой пузырек), то оно становится лабильным, так как попадает в зависимость от адекватных ему внешних раздражений. Такая лабильность индукционных корреляций позволяет рассматривать их в качестве особенно чувствительных индикаторов внешних влияний, повышающих или понижающих функциональную и формативную активность индуцирующего органа. Сказанное относится и к интересующему нас слуховому пузырьку, как основному рецептору гравитационных воздействий.

В течение индивидуального развития образуются механизмы особенно прочной интеграции взрослых особей данного вида. К таким механизмам прежде всего относятся различные физиологические процессы, гармонически сочетающиеся друг с другом. Усиление функциональной деятельности индуцирующего органа чувств с помощью адекватных им раздражений отражается и на реагирующих тканях по принципу неустойчивого равновесия Г. Спенсера⁽⁹⁾ и сообразно представлению И. И. Шмальгаузена⁽¹⁰⁾ об ирригации физиологической активности в организме. Эти в значительной мере абстрактные соображения в результате исследований кафедры эмбриологии Московского государственного университета приобретают конкретное выражение. Так, О. П. Мелехова⁽¹¹⁾ выяснила, что уровень свободно радикальных процессов в глазном пузыре лягушачьих зародышей намного выше, чем в покрывающем пузырь эпителии, а во время индукции хрусталика количество этих реакций в глазной чаше и образующемся хрусталике в значительной степени сравнивается. Это объективно указывает на постепенное установление сходного уровня обмена веществ и энергий и сходного парамагнитного состояния в индукторе и реагирующей системе. К такому же выводу пришли и авторы настоящей статьи, изучавшие те же молекулярные процессы в слуховом пузырьке и окружающей его мезенхиме вплоть до образования слуховой капсулы.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
6 II 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Попов, Усп. совр. биол., т. 64, 294 (1967). ² С. В. Краевков, Глаз и его работа, М.—Л., 1950. ³ В. В. Попов, Вестн. Моск. гос. ун-в., № 3, 104 (1972). ⁴ Д. П. Филатов, Русск. зоол. журн., т. 1, 39 (1916). ⁵ О. А. Сидоров, Арх. анат., гистол. и эмбриол., т. 17, 25 (1937). ⁶ Б. Н. Тарусов, Ю. П. Козлов, ДАН, т. 140, 709 (1961). ⁷ Г. В. Абагян, П. Ю. Бутягин, Тез. докл. МОИП, Свободнорадикальные процессы в биол. системах, М., 1964. ⁸ О. Р. Кольс, И. М. Лиморенко, Б. Н. Тарусов, ДАН, т. 167, 956 (1966). ⁹ Г. Спенсер, Основания биологии, СПб., 1870. ¹⁰ И. И. Шмальгаузен, Факторы эволюции, М.—Л., 1946. ¹¹ О. П. Мелехова, Тез. совещ. Аспекты клеточной дифференцировки, решаемые на глазу позвоночных как модельном объекте, Тбилиси, 1972.