ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФОТОРЕЦЕПТОРОВ У ПЛОСКИХ ЧЕРВЕЙ (PLATYHELMINTHES)

Туровская М.В., Седельников З.Ф., Крещенко Н.Д.
ФГБУН Институт биофизики клетки РАН,
Пущино, Московская область

Введение. Паразитические плоские черви - процветающая группа животных, важная с медицинской и экономической точки зрения. Свободноживущие представители плоских червей, планарии - являются классическим модельным объектом для изучения процессов регенерации. Плоские черви (тип Platyhelminthes) занимают важное эволюционное положение в ряду самых простых организмов с билатеральной симметрией, у них впервые формируются системы органов и тканей - пищеварительная, нервная, половая, мышечная и выделительная. Некоторые виды обладают и фоторецепторной системой. О ее строении и функционировании мало что известно. Фоторецепторы были описаны у взрослых или личиночных форм трематод *Schistosioma mansoni* [1], *Cryptocotyle lingua* [2], *Opisthorchis viverini* [3], *Trichobilharia ocellata* [4] и нескольких других видов. Обнаружены фоторецепторы и у свободноживущих турбеллярий (или планарий) *Microstomum lineare, Planaria maculata, Dugesia dorotocephala, Dugesia tigrina* [5,6 и др.]. Фоторецепторы позволяют этим животным различать интенсивность освещения, а иногда и направление светового потока. Простейшие глаза расположены у планарий, как правило, на переднем конце тела и состоят из фоторецепторных и пигментных клеток, образующих «глазной бокал». С помощью микроэлектродов была выявлена электрическая активность клеток глазного бокала. Максимальный электрический потенциал регистрировали при длине волны в 508 нм. Обнаружено также увеличение чувствительности фоторецепторов планарий к голубому спектру света, что является типичным для большинства фоторецепторов беспозвоночных [7]. Подверженные действию света планарии проявляют характерное поведение – избегание света, известное как отрицательный фототаксис [8]. Это дает возможность с помощью простых поведенческих опытов изучать функциональные характеристики фоторецепторов у этих животных.

Материалы и методы. В работе использованы планарии *Girardia tigrina* и *Polycelis tenuis* (Turbellaria, Platyhelminthes). У *G. tigrina* одна пара глаз, расположенных на головном конце тела. У *P. tenuis* множество глаз, которые окаймляют весь передний край тела, насчитывается от 60 до 100 отдельных глазков (рис. 1а, б). Животных содержали в затемненных аквариумах с водопроводной и дистиллированной водой (2:1) при 19-21°C и кормили 2 раза в неделю мотылем. Для изучения реакций отрицательного фототаксиса, планарий помещали в кристаллизаторы диаметром 23см с водой и расположенным в центре одним камнем. Каждую группу планарий (20 особей), высаживали в чашки Петри диаметром 45мм и опускали на дно кристаллизатора, одновременно включив освещение в 200 Люкс (фон – 50

Люкс). Воздействие светом вызывало реакцию отрицательного фототаксиса. Подсчитывали число спрятавшихся под камень особей каждые 10 мин в течение часа каждого из экспериментов. Опыты проводили на протяжении месяца. Реакции избегания света анализировали на 1-, 6- и 30-й дни. Поставлено 5 серий опытов на 100 особях *P. tenuis* и 200 особях *G. tigrina*. Тотальные препараты и срезы изучали под микроскопом Leica DM 6000B с фотокамерой Leica DFC 490 (Германия).

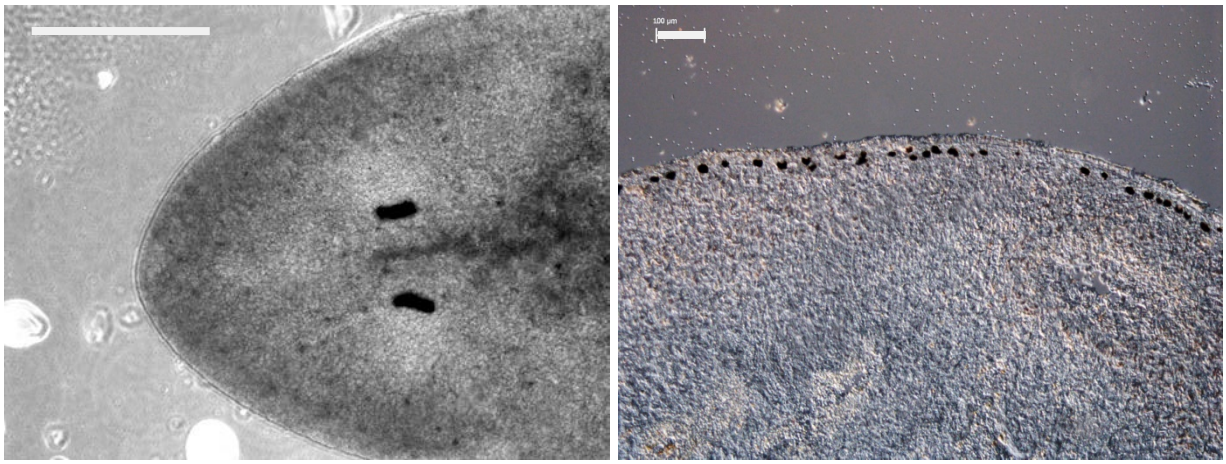

Рис. 1. **Фотрецепторы у *G. tigrina* (А) и *P. tenu*is (Б).**
Масштаб: 100 мкм (Б) и 1мм (А).

Результаты**.** У *G. tigrina* и *P. tenuis* была выражена реакция избегания света: животные прятались под камнем. На 1й день у *G. tigrina* с первых 10-ти мин опыта реакцию избегания света проявляли, в среднем, почти 50% особей. К концу последнего 10-мин интервала число реакций возрастало до 92%. На 6-й день опыта число реакций в группе сразу достигало высоких показателей – около 85% особей избегали света. На 30-й день планарии проявляли не постоянные ответные реакции на свет, однако к концу опыта их число увеличивалось до 72% (рис. 2а). Количество реакций в каждой точке одного дня эксперимента могло отличаться в разных экспериментах (от 35% до 92%). При обобщении результатов пяти опытов, выявили увеличение среднего числа реакций избегания света к концу одного дня эксперимента.

Планарии *P. tenuis* реагировали на свет менее активно. В 1-й день опыта около половины животных (50%) укрывались от света. На 6-й день среднее число реакций существенно не изменилось. К 30-му дню среднее число реакций на свет в группе планарий в начале опыта было меньшим, а затем достигало исходного уровня. У *P. tenuis,* также как у *G. tigrina,* наблюдали колебания среднего числа реакций от 29% до 63% (рис. 2б) в течение одного дня. Планарии *G. tigrina* были более подвижны и часто выплывали из укрытия, а *P. tenuis*, достигнув укрытия, не выплывали в течение опыта, проявляя большую двигательную пассивность. Отмечено, что среднее число реакций избегания света в группе возрастало к концу каждого

дня опыта, у *G. tigrina* и у *P. tenuis.* В отдельной серии анализировали зависимость выбора направления избегания света от расположения укрытия**.** Для этого использовали четыре камня в кристаллизаторе, расположенных по сторонам света. У *G. tigrina* наиболее часто выбираемыми укрытиями от света являлись северный, южный и восточный камни. У *P. tenuis* эта избирательность была сходной (рис. 3а). При анализе зависимости реакции фототаксиса от времени года не было выявлено различий в числе реакций избегания в зимний и летний периоды ни у *G. tigrina* (рис. 3б), ни у *P. tenuis*.

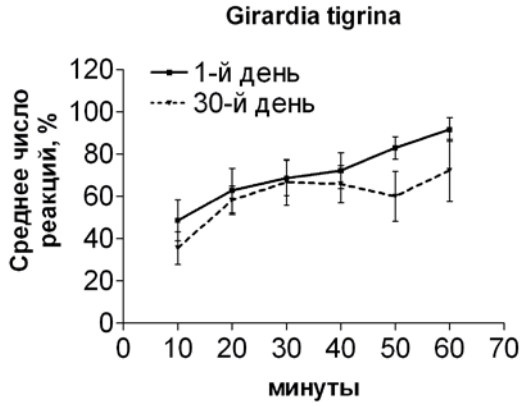

Рис. 2а. **Количество реакций фототаксиса в группе планарий *G. tigrina***

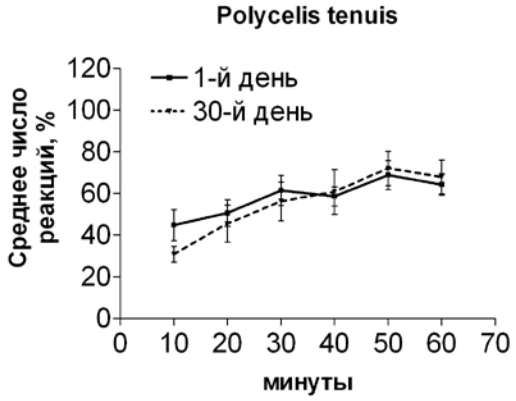

Рис. 2б**. Количество реакций фототаксиса в группе планарий *P. tenuis***

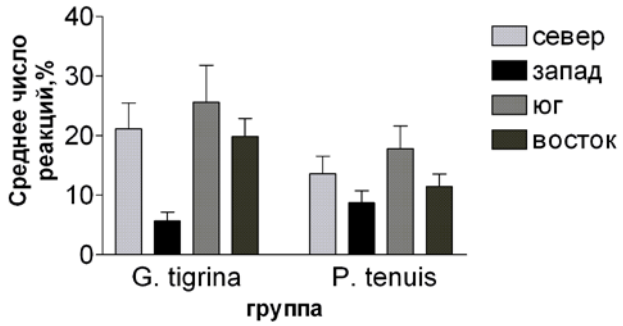

Рис. 3а. **Предпочтение сторон света в группе планарий**

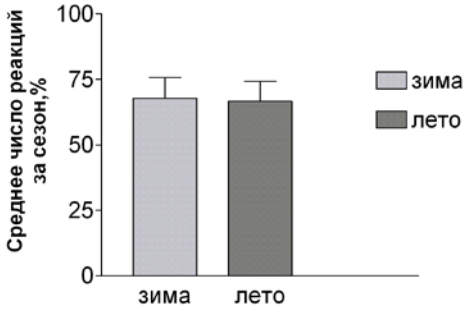

Рис. 3б. **Среднее число реакций за зимний и летний периоды у планарий *G. tigrina***

Заключение. Независимо от различий в числе и расположении глаз у планарий *G. tigrina* и *P.tenuis*, их фоторецепторная система обнаружила сходные функциональные свойства. Так, оба вида демонстрировали реакцию избегания света (или отрицательного фототаксиса). Функция фоторецепторной системы у планарий проявляла не устойчивый характер, который отражался в постоянных колебаниях числа реакций фототаксиса. Несмотря на различия в среднем числе реакций на свет, у *G. tigrina* и у *P.tenuis* наблюдали сходные колебания их числа. В ходе опыта у обоих видов наблюдался постепенный рост среднего числа реакций избегания к концу каждого дня эксперимента, что свидетельствовало об адаптации. Наконец,

оба вида планарий отдавали одинаковое предпочтение выбору сторон света для укрытия. Время проведения опыта (зима или лето) не влияло на общее число реакций отрицательного фототаксиса.

(Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-04-05948а).

Литература: 1. Short R.B., Gagné H.T. // J. Parasitol. - 1975. – V. 61(1). – P. 69-74. 2. Rees F.G. // Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. – 1975. – V.188 (1091). – P. 121-138. 3. Adam R., Arnold H., Hinz E., Storch V. // Appl. Parasitol. 1995. – V. 36(2). – P. 136-154. 4. Sopott-Ehlers B., Haas W., Ehlers U. // Parasitol Res. – 2003. – V. 91(2). – P. 109-116. 5. Palmberg I., Reuter M., Wikgren M. // Cell Tiss. Res. – 1980. – V. 210(1). – P. 21-32. 6. Sopott-Ehlers B. // Hydrobiologia. – 1991. –V.227. – P. 231-239. 7. Brown H. M., Ogden T.E. // J. General Physiol. – 1968. – V.51. – P. 255-260. 8. Inoue T., Kumamoto H., et al // Zool. Sci. – 2004. – V. 21. – P. 275-283.

Functional properties of flatworm's photoreceptors. Turovskaya M.V., Sedelnikov Z.V., Kreshchenko N.D. Institute of Cell Biophysics of RAS, Pushchino, Moscow Region.

Summary. The functional characteristics of the photoreceptory system have been studied in free-living flatworm species – planarian *Girardia tigrina* (two oculars) and *Polycelis tenuis* (many oculars). In spite of some differences in the number of eyes between two species the similarities in mechanisms of its functioning are demonstrated. Some functional characteristics of planarian's photoreceptors in response to the light exposure are described.