

А. И. ФАРБЕРОВ, Г. В. БАРЫБИНА, В. В. ПОПОВ

**ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПИГМЕНТНЫЙ
ЭПИТЕЛИЙ И ГАНГЛИОЗНЫЕ КЛЕТКИ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА
ГОЛОВАСТИКОВ ТРАВЯНОЙ ЛЯГУШКИ (*RANA TEMPORARIA*)**

(Представлено академиком А. Н. Белозерским 21 XII 1971)

Известно, что функциональное состояние сетчатки отражается на ее способности к первичной и вторичной индукции роговицы (1). В то же время рядом работ установлено, что рентгеновское облучение оказывает влияние на формативные связи в глазу развивающихся бесхвостых амфибий (2-4). Можно предположить, что рентгеновские лучи вызывают функциональные изменения сетчатки. Нами было показано, что облучение глаза головастика приводит к изменению его электроретинограммы (5). Поэтому представляло интерес исследовать влияние рентгеновского облучения на функциональное состояние пигментного эпителия и ганглиозных клеток сетчатки глаза головастика.

О состоянии ганглиозных клеток можно судить, изучая динамику РНК при темновой и световой адаптации, так как существует прямая связь между количеством РНК и функциональным состоянием ганглиозной клетки (6), а нарушение функции пигментного эпителия можно выявить, изучая изменения ретиномоторной реакции.

Работа проводилась на головастиках травяной лягушки 45 стадии развития по Камбару и Марро (7), у которых на аппарате РУД 100/20 через тубус с диаметром отверстия 2 мм локально облучали правый глаз в дозах 20, 400 и 1500 р, при напряжении 100 кв, силе тока 3 ма и мощности дозы 400 р в 1 мин.

Каждой из доз было облучено по 30 головастика. Контролем служили интактные животные. Фиксация проводилась через 1, 4 и 7 суток после облучения. Из каждой группы фиксировали по 10 головастика. При этом 5 из них предварительно помещали в темноту и фиксировали через 6 час. при темно-красном свете, а 5 других — на прерывистый свет (вспышка длительностью 1 сек. через 1 сек.) и фиксировали через 3 часа в обычных условиях.

Фиксация проводилась в смеси формол — спирт — уксусная кислота (3:1:0,3). Парафиновые срезы, толщиной 6 м, окрашивали метилгрюн-пиронином и сравнивали с контрольными срезами, обработанными 0,1% раствором рибонуклеазы в течение 3 час. при 60°.

Срезы центральной области сетчатки фотографировали и на полученных изображениях измеряли длину фоторецепторов и отростков пигментного эпителия. Высчитывали их среднюю величину, а также отношение длины фоторецепторов к длине отростков пигментного эпителия. Данные обработаны статистически.

Оценка количества РНК производилась визуально и отмечалась как + или —. Отсутствие реакции на РНК на срезах оценивалось как три минуса (— — —), а максимальное ее количество как три плюса (+++). Промежуточные количества — знаками: ++, + —, + — —.

У светоадаптированных головастика через 1 сутки после облучения изменений длины отростков пигментного эпителия не отмечается (рис. 1). На четвертые сутки длина отростков клеток, облученных в дозах 400 и 1500 р, одинакова и меньше, чем у контрольных и облученных в дозе 20 р. Однако достоверна лишь разность между ними и контролем ($P = 0,001$ и $0,01$ соответственно). Через 7 суток после облучения раз-

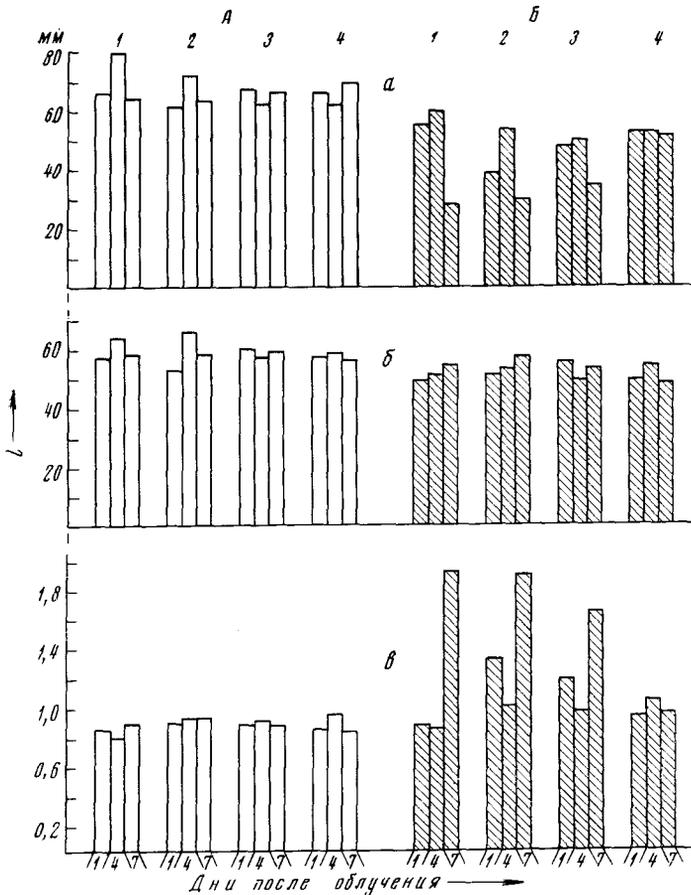


Рис. 1. Изменение длины фоторецепторов (б), отростков пигментного эпителия (а) и величины их отношения (в) у свето-(А) и темноадаптированных (Б) глаз головастиков: 1 — контроль, 2 — 20 р, 3 — 400 р, 4 — 1500 р

личия в длине отростков пигментного эпителия между всеми группами головастиков незначительны и недостоверны.

У темноадаптированных головастиков через сутки после облучения в дозах 400 и 1500 р длина отростков пигментного эпителия также не отличается от контроля. В то же время длина отростков у облученных в дозе 20 р меньше, чем у головастиков остальных групп, и достоверно отличается от контроля ($P = 0,003$) и от облученных в дозе 1500 р ($P = 0,02$). Через четверо суток от контроля достоверно отличается лишь группа, облученная в дозе 400 р ($P = 0,02$). В остальных случаях разница в длине отростков недостоверна. На седьмые сутки длина отростков пигментного эпителия у контрольных и облученных в дозах 20 и 400 р головастиков уменьшается, в то время как у животных, облученных в дозе 1500 р, практически остается неизменной и достоверно больше, чем в остальных группах (рис. 2).

Известно, что при переходе от света к темноте длина отростков пигментного эпителия уменьшается. Это изменение длины можно рассматривать как показатель способности эпителия реагировать на изменения освещенности, а разность между длиной отростков эпителия свето- и темноадаптированных глаз может служить показателем величины ретиномоторной реакции. Как видно на рис. 2, облучение ни в одной из доз не подавляет реакции пигментного эпителия.

При измерении длины фоторецепторов нам не удалось выявить достоверного изменения длины фоторецепторов под влиянием облучения. Един-

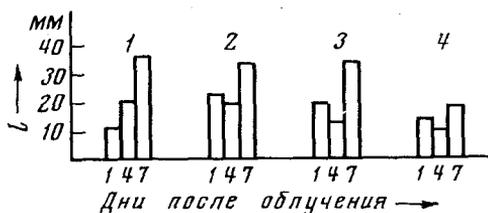


Рис. 2. Разность между длиной отростков пигментного эпителия свето- и темноадаптированных глаз головастиков, облученных в дозах 20, 400 и 1500 р

У светоадаптированных животных через 1 сутки после облучения это отношение мало отличается (рис. 1). На четвертые сутки величина отношения в контроле уменьшается ($P = 0,02$), а у облученных возрастает (достоверно при дозе 1500 р $P = 0,001$). Вследствие этого величина отношения у облученных больше, чем в контроле ($P = 0,01$ во всех случаях), тогда как разность между облученными недостоверна. На 7 сутки величина отношения в контроле возрастает ($P = 0,001$), у облученных в дозе 1500 р уменьшается, а у облученных в меньших дозах практически остается неизменной. Разность между величиной отношения последних, так же как и между ними и контролем, недостоверна. В то же время величина отношения у облученных в дозе 1500 р достоверно больше, чем у остальных ($P = 0,05$).

У темноадаптированных животных, облученных в дозах 20 и 400 р, уже через 1 сутки после облучения величина отношения значительно больше, чем у контрольных и облученных в дозе 1500 р. При этом у животных, облученных в дозе 20 р, она достоверно больше, чем у контрольных и облученных в дозе 1500 р ($P = 0,01$), тогда как у облученных в дозе 400 р достоверно она отличается лишь от контроля ($P = 0,03$). На четвертые сутки у облученных в дозе 20 р животных величина отношения длины фоторецепторов к длине отростков пигментного эпителия уменьшается ($P = 0,04$). Ее изменения в остальных группах недостоверны. Разность между величиной отношения во всех случаях также недостоверна. На седьмые сутки величина отношения в контроле и у животных, облученных в дозах 20 и 400 р, значительно возрастает ($P = 0,003$) и больше ($P = 0,002$), чем у облученных в дозе 1500 р, у которых уменьшение ее недостоверно. Недостоверны и различия между контролем и животными, облученными в дозах 20 и 400 р, и между последними.

Полученные данные показывают, что облучение в дозах 20, 400 и 1500 р уже спустя сутки приводит к нарушению ретиномоторной реакции.

Нарушение ретиномоторной реакции, вызванное облучением в дозах 20 и 400 р, со временем уменьшается, тогда как при дозе 1500 р оно усиливается. При этом способность отростков пигментного эпителия сокращаться в темноте не подавляется полностью, а лишь утрачивается их способность сокращаться дальше определенного предела (рис. 1).

Через 1 сутки после облучения глаза в дозах 20 и 400 р изменяется содержание РНК в ганглиозных клетках сетчатки, увеличиваясь при дозе 20 р и уменьшаясь при дозе 400 р (табл. 1). У находившихся в темноте головастиков количество РНК, как это видно из таблицы, меньше, чем у подвергавшихся раздражению прерывистым светом, т. е. при усилении функциональной нагрузки содержание РНК в клетках возросло. Следовательно, при облучении в этих дозах динамика РНК при изменении функционального состояния клетки сохраняется.

При облучении в дозе 1500 р содержание РНК в ганглиозных клетках у темноадаптированных головастиков не отличается от контроля, но дина-

ственное исключение: на 7 сутки после облучения при темновой адаптации длина фоторецепторов облученных в дозе 20 р животных больше, чем у облученных в дозе 1500 р ($P = 0,05$). Поэтому мы решили исследовать, как изменяется отношение длины фоторецепторов к длине отростков пигментного эпителия, поскольку ретиномоторную реакцию можно рассматривать как движение их относительно друг друга.

мики ее не наблюдается. Через 4 суток после облучения содержание РНК у них при темновой адаптации уменьшается, а у светоадаптированных не изменяется и вследствие этого оказывается больше, чем у темновых. Это означает, что к четвертым суткам динамика РНК ганглиозных клеток восстанавливается, хотя синтез ее частично подавлен. К этому времени уменьшается количество РНК в ганглиозных клетках сетчатки светоадаптированных головастиков, облученных в дозе 400 р. У животных, облученных в дозе 20 р, количество РНК не отличается от контроля.

На 7 сутки количество РНК в ганглиозных клетках сетчатки контрольных светоадаптированных головастиков увеличивается, тогда как у темно-

Таблица 1

Изменение количества РНК в ганглиозных клетках сетчатки свето- и темноадаптированных глаз головастиков

Дни после облучения	Контроль		20 р		400 р		1500 р	
	ТА	МС	ТА	МС	ТА	МС	ТА	МС
1	+-	+++	+	+++	---+	+	+-	---
4	+-	+++	+-	+++	---+	+-	---+	---
7	+-	+++	+-	+++	+-	+-	---+	+-

Примечание. ТА — темновая адаптация, МС — мигающий свет.

адаптированных оно не изменяется. Это, по-видимому, свидетельствует об увеличении на 7 сутки развития функциональной активности ганглиозных клеток сетчатки.

Количество РНК в клетках, облученных в дозах 20 и 1500 р, на 7 сутки не изменилось. У облученных в дозе 400 р количество РНК увеличилось: у темновых оно стало равным контролю, а у светоадаптированных достигло уровня, наблюдаемого у них через сутки после облучения. Таким образом, скорость синтеза у них при темновой адаптации (в отсутствие функциональной нагрузки) достигла уровня, наблюдаемого в норме, тогда как при усиленной функциональной нагрузке скорость его значительно ниже, чем в контроле.

Итак, уже через 1 сутки после облучения глаза в ганглиозных клетках сетчатки отмечается нарушение синтеза РНК и ее динамики при изменении функциональной нагрузки. Хотя динамика РНК в ганглиозных клетках отражает главным образом репаративные процессы, а не эффект их возбуждения⁽⁸⁾, однако она тесно связана с функциональным состоянием клеток⁽⁹⁾. Торможение синтеза РНК снижает активность клеток, увеличивая порог их возбуждения⁽¹⁰⁾.

Это позволяет нам утверждать, что облучение глаза в исследованных дозах оказывает влияние на функцию ганглиозных клеток сетчатки. Облучение в дозе 1500 р приводит к длительному нарушению их функции, а в дозе 400 р к ее частичному восстановлению спустя 7 суток.

Полученные нами результаты позволяют утверждать, что облучение глаза приводит к нарушению функции пигментного эпителия и клеток всех слоев сетчатки, в зависимости от дозы вызывая либо временное нарушение их функции, либо ее полное угнетение.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
15 XII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. В. Попов, Усп. совр. биол., 64, 2 (5), 294 (1967). ² В. В. Попов, А. И. Фарберов, ДАН, 132, № 3, 719 (1960). ³ В. В. Попов, В. В. Ульянова, ДАН, 177, № 3, 728 (1967). ⁴ Д. В. Попов, Вестн. Московск. унив., 1, 110 (1969). ⁵ В. В. Попов, А. И. Фарберов, Изд. АН СССР, Биол., 1, 102 (1962). ⁶ В. Я. Бродский, Н. В. Нечаева, ДАН, 123, 756 (1954). ⁷ R. Sambag, V. Marrot, Bull. Biol. France et Belg., 88, 2, 168 (1954). ⁸ И. А. Утина, ДАН, 157, 1216 (1964). ⁹ И. А. Утина, Биофизика, 5, 626 (1960). ¹⁰ В. Я. Бродский, Трофика клетки, М., 1966, стр. 80.