Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 1

БИОФИЗИКА

Б. П. КАЛАШНИКОВ

ВЛИЯНИЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СЕТЧАТКИ

(Представлено академиком Л. А. Орбели 21 II 1955)

Глаз является удобным объектом для многих экспериментальных исследований. Это относится, в частности, и к изучению влияния гамма-излучений, так как исследование глаз позволяет наблюдать изменения, возникающие в них как при общих воздействиях на весь организм или на голову, так и при изолированном воздействии на тот или иной глаз в отдельности.

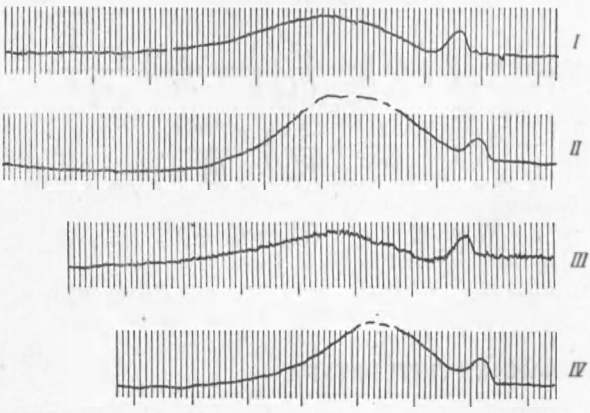


Рис. 1. ЭРГ после облучения правого и левого глаза Co^{60} контактным методом. Правый глаз: *I* — норма, *II* — после облучения. Левый глаз: *III* — норма, *IV* — после облучения. В обоих глазах в ряде экспериментов после облучения появилось увеличение волны С. Примеры дозировок: 200, 300, 500, 800 г до 1800 г

Исследование трофических расстройств при действии ионизирующих излучений затрагивает весьма много вопросов, касающихся жизнедеятельности глаза. Для органа зрения одним из показателей протекающих в нем трофических процессов является электрическая активность сетчатки.

Изучение электрической активности сетчатки осуществлялось методом электроретинографии, для чего был использован электрокардиограф фирмы Сименса, имеющий большую постоянную времени переходных конденсаторов, и каскад усиления с анодной батареей в 80 в и накалом 6 в. Лампа 6-Н-7 в указанном режиме усиливает подаваемое напряжение. в 30 раз. Отметка времени — 0,1 сек. При исследованиях применялся серебряный неполяризующийся электрод, через который пропущена нить, смоченная физиологическим раствором хлористого натрия. Активный электрод в виде нити помещался на роговице, индифферентный же (серебряная неполяризующаяся игла) вкалывался под кожу щеки, где и укреплялся.

Раздражителем для сетчатки являлся свет от 6-вольтовой лампочки. При действии света в сетчатке адаптированных в течение 3 мин. к темноте глаз возникают биотоки, которые удается регистрировать в виде электроретинограммы (ЭРГ). Опыты производились на кроликах, подвергавшихся облучению гамма-лучами, источником которых служил ра-

диоактивный кобальт (Co^{60}). Облучение переднего отрезка глаза, преимущественно роговицы, производилось контактным способом; продолжительность облучений 10, 15, 30, 60 и 120 мин. Доза получаемого глазом излучения зависела от времени воздействия и была различной на поверхности и в глубине тканей. Так, за 10 мин. на поверхности роговицы и на глубине 1 мм доза была 150 г, на глубине 4,5 мм 57 г; за 15 мин., соответственно, 225 и 65,5 г, за 30 мин. 450 и 171 г, за 60 мин. 900 и 342 г, за 120 мин. 1800 и 684 г. Большие дозировки получены на рентгеновском аппарате РУМ-3 * для облучения всей головы.

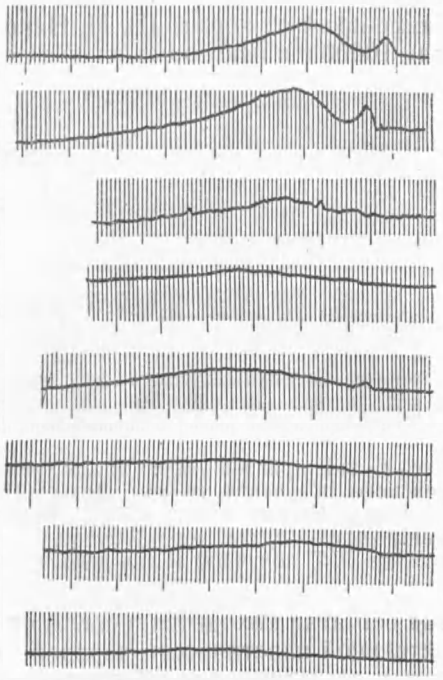


Рис. 2. ЭРГ правого глаза после рентгеновского облучения головы. Доза: 6080 г (64 мин.). Сверху вниз: норма, через 30 мин., через 1 сутки, через 2, 3, 4, 5, 6 суток после облучения. Подобное же резкое уменьшение электрической активности сетчатки отмеченно и на ЭРГ левого глаза

Произведенные исследования показали, что однократные воздействия гамма-излучений дозой до 1800 г, кроме увеличения волн B и C, существенных изменений биоэлектрической активности сетчатки ни в ближайшие дни, ни в отдаленные сроки после облучений не вызывают (рис. 1). Заметные изменения отмечены при однократных дозах в 2600—3000 г (продолжительность воздействия до 31 мин.). Эти изменения в первые часы и дни после облучения выражаются в некотором повышении биоэлектрической активности сетчатки, проявляемой в заметном увеличении волн B и C (ЭРГ), их сближения и некотором удлинении основания волны B. Затем, через 14—18 дней после облучения, происходит постепенно уменьшение, а затем и полное исчезновение биоэлектрической активности сетчатки, сперва также за счет волны C ЭРГ. После трех недель появлялись признаки трофических расстройств со стороны роговицы, кожи головы и шеи в виде облысения участков кожи, на роговице — в виде язв и гнойного расплавления.

Дозы 4000 г (облучение в течение 43 мин.), 5035 г (35 мин.) и 6000 г (55 мин.) через 30—45 мин. после облучения также дали небольшое увеличение биоэлектрической активности главным образом за счет волны C, но в дальнейшем снижение электрической активности сетчатки после этих доз идет значительно быстрее. Так, при дозе 4000 г заметное снижение началось на 4 сутки, при дозе 5035 г оно проявилось уже на третьи сутки, а на пятые сутки (перед гибелью животного) биотоки сетчатки полностью исчезли. При дозах же в 6000 г уже через сутки не было обнаружено нормальных биотоков (рис. 2).

При еще более высоких дозировках гамма-излучений: 7000 г (40 мин.), 8000 г (82 мин.) и 10152 г (18 и 16,5 мин.) биоэлектрическая активность сетчатки исчезала через короткое время после облучения (от 2,5 час. до 30 мин.), и биотоки не появлялись и в последующие дни после облучения.

---

* Облучение производилось при напряжении на столике 200 кв, на анодную трубку 190 кв, при силе тока 20 или 23 ма, фильтр 0,5 Cu (часть опытов без фильтра). Фокусное расстояние 20 см. Доза 174 г/м в воздухе. В ряде опытов режим трубки менялся в сторону уменьшения или увеличения дозы в воздухе, что вызывало необходимость удлинять или укорачивать время воздействия для получения той или иной дозы.

Кролики, получившие упомянутые дозы, обычно погибали на 3—5—7 сутки (рис. 3).

Следует отметить, что столь серьезные расстройства трофики сетчатки при дозах менее 10000 r в ближайшие дни ничем существенным со стороны глазного дна и прозрачных сред глаза не проявлялись. Тщательно и систематически проведенная офтальмоскопия не обнаруживала заметных отклонений от нормы (В. И. Николаева, В. Г. Алексеева); только при дозах 10000 r в некоторых случаях отмечалось расширение сосудов сетчатки (артерий и вен). Следовательно, дело идет о более тонких изменениях в зрительно-нервных элементах сетчатки.

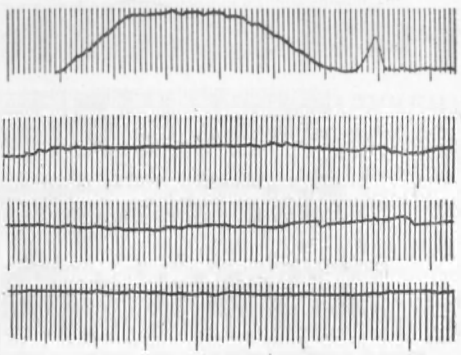


Рис. 3. ЭРГ правого глаза после рентгеновского облучения головы. Доза: 10152 r (18 мин.). Сверху вниз: норма, через 30 мин., через 1 сутки, через 3 суток. Подобные же ЭРГ получены и для левого глаза

Оценивая явления в глазах, происходящие под влиянием ионизирующих излучений, следует отметить, с одной стороны, весьма высокую чувствительность сосудистой ткани глаза к проникающим излучениям, что проявляется, по данным П. Н. Киселева, В. Т. Жоголевой и др., в повышении проницаемости сосудистой стенки; с другой стороны, бросается в глаза большая устойчивость к проникающим излучениям со стороны сетчатки. Столь высокая устойчивость зрительно-нервных элементов сетчатки находится в согласии с положением И. П. Павлова об исключительной пластичности нервной ткани. Усиление биоэлектрической активности сетчатки может быть также понято в свете учения И. П. Павлова. При действии на мозг внешнего раздражения вначале возникает общее влияние на всю нервную систему. Гамма-излучения как внешний раздражитель вызывают иррадиированное возбуждение, которое со стороны сетчатки проявляется усилением волн В и С ретинограммы. Это состояние обратимое, быстро проходящее. Затем, в результате концентрирования раздражения обнаруживается повреждающее действие гамма-лучей, проявляющееся в исчезновении биотоков сетчатки. Это состояние стойкое, необратимое.

Важно было выяснить, повреждаются ли непосредственно зрительно-нервные элементы сетчатки или происходит опосредственное влияние через кору головного мозга. Нам пока не удалось получить исчезновения биотоков при облучении Co^{60} только затылочной области головы, зато при облучении одного правого глаза (при экранировании другого и головы) дозой 10000 r (57,5 мин.) всегда получается исчезновение биотоков (рис. 4) в облученном глазу через 30—60 мин. после воздействия, в другом же, защищенном, наоборот, получается повышение потенциалов волн В и С, что может быть объяснено рефлекторным влиянием гамма-излучений. Однако исчезновение биотоков происходит лишь в тех случаях, когда доза в 10000 r дается в течение до 1—2 час. Если же облучение дозой в 10000 r происходит в течение 3 час. и дольше, то полное исчезновение биотоков сетчатки наблюдается через более продолжительные сроки, исчисляемые двумя, тремя и более сутками.

Вопрос о том, за счет каких именно нервных элементов сетчатки происходят изменения в ретинограмме, остается пока нерешенным. Можно лишь высказать предположение, что страдает, видимо, в первую очередь палочковый аппарат сетчатки. Клинические наблюдения на людях, страдающих пигментной дегенерацией сетчатки, показали, что в далеко зашедших случаях также происходит исчезновение волн В и С ЭРГ при со-

хранившемся еще центральном зрении. Известно, что при пигментной дегенерации сетчатки страдает в первую очередь палочковый аппарат сетчатки. Нет сомнения в том, что действие гамма-излучений на глаз, и в частности на сетчатку, не обладает исключительной специфичностью, так как повышение проницаемости сосудов и подобную же депрессию биоэлектрической активности сетчатки можно получить в эксперименте, пользуясь

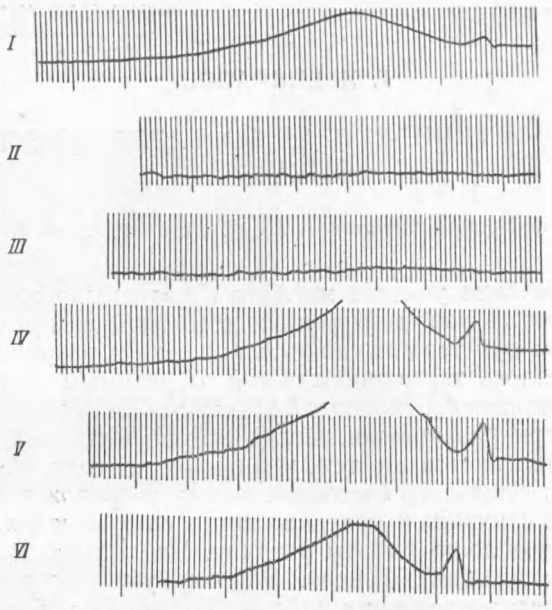


Рис. 4. Облучение правого глаза на РУМ-3 при экранировании свинцом головы и левого глаза. Доза: 10000 r (57,5 мин.). Правый глаз: *I* — норма, *II* — через 2 часа, *III* — через 20 дней. Левый глаз: *IV* — норма, *V* — через 2 часа и *VI* — через 20 дней после облучения правого глаза

другими физическими агентами. Так, совсем недавно Г. Г. Демирчоглян получил такие же необратимые изменения электрической активности сетчатки, пользуясь действием поля УВЧ; мне в свое время удалось доказать значительное повышение проницаемости сосудов глаза под влиянием постоянного тока и т. д.

Ленинградский государственный
научно-исследовательский институт
глазных болезней им. Гиршмана

Поступило
15 II 1955