

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ

К. Ф. ГАЛКОВСКАЯ

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ДЕНЕРВИРОВАННОЙ  
КОНЕЧНОСТИ АКСОЛОТЛЯ ПОСЛЕ РЕНТГЕНИЗАЦИИ**

*(Представлено академиком Н. Н. Анчиковым 9 X 1951)*

Большой практический и теоретический интерес представляют попытки повлиять на темп регенерации нерва, замедлить или ускорить этот процесс с помощью того или иного воздействия и, в частности, с помощью лучистой энергии (1). В этом плане представляют интерес исследования влияния рентгеновских лучей на восстановление иннервации в денервированном органе.

В качестве объекта для исследования мы избрали аксолотля, животное с высокоразвитой регенерационной способностью. Все находившиеся в эксперименте животные были одного возраста (12 мес.) и содержались в одинаковых температурных условиях.

Задачей исследования было проследить процесс восстановления функции денервированной верхней конечности аксолотля после ее облучения рентгеновскими лучами. Облучались только верхние конечности, до уровня плечевого сустава. Перерезка нерва производилась несколько выше. Остальная часть тела животного тщательно экранировалась свинцовой пластинкой толщиной в 4 мм. Облучение производилось под наркозом. Животные для этого непосредственно перед облучением погружались в слабый водный раствор серного эфира. Контрольные животные также наркотизировались. Облучение производилось на аппарате типа «Стабиливольт» при напряжении 160 кв, силе тока 4 ма, фильтре 1 Al, расстоянии от анода до объекта 23 см, температуре у поверхности объекта под трубкой 16—17°.

Через сутки после облучения правая передняя конечность денервировалась посредством перерезки под наркозом нервов плечевого сплетения. Рана зашивалась. Контрольные животные оперировались одновременно с облученными тем же способом. В качестве дополнительного контроля служила левая передняя облученная, но не денервированная конечность. Об изменениях, вызванных рентгеновскими лучами и денервацией, мы судили по произвольной подвижности конечности и реакции ее на раздражение, которое наносилось следующим образом. Фильтровальная бумажка 1×1 мм, смачивалась в 0,5% растворе соляной кислоты и накладывалась на наружную поверхность конечности в области локтевого сустава.

Были использованы следующие тесты учета: 1) подвижность конечности в суставах (4-бальная система); 2) угол поднятия конечности при движении животного на твердой площадке; 3) чувствительность к 0,5% раствору соляной кислоты.

Кроме изучения функциональных изменений в денервированной конечности при облучении, мы также исследовали изменение размеров

конечности и их веса (частично после ампутации). В опытах было 13 облученных и 16 контрольных аксолотлей.

Было проведено две серии экспериментов. В I серии производилась однократная денервация конечности после однократного же облучения дозами в 15 000 и 20 000 г. Следует упомянуть, что при этих больших дозах через длительное время после рентгенизации на облученных и денервированных конечностях обычно развивались язвы. Во II серии опытов доза в 10 000 г фракционировалась (каждые 5 суток по 1000 г). При этих условиях изъязвлений не возникало. Данные I серии показывают, что по сравнению с контролем восстановление функции облученных конечностей оказывается замедленным. Это явствует из реакции на кислоту (см. рис. 1), из измерения угла подъема конечности (рис. 2) и из данных о произвольной подвижности конечности в суствах (рис. 3).

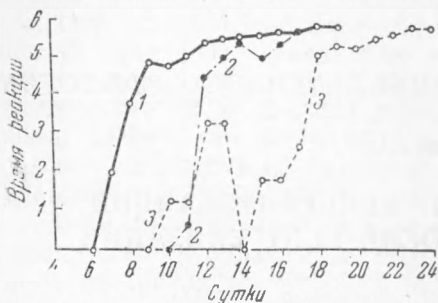


Рис. 1. Реакция на кислоту облученной денервированной конечности аксолотля (I серия). 1 — контроль, 2 — 20000 г, 3 — 15000 г

Замедление восстановления иннервации затягивается не более, чем на 10—15 суток. Интересно отметить, что, по данным литературы, уже при гораздо меньших дозах у аксолотля происходит полное подавление регенерации ампутированной конечности (2).

Измерение облученных денервированных конечностей показало, что примерно через 35 суток после облучения и денервации происходит их резкое уменьшение, атрофия. В то же время только денервированные конечности или только облученные уменьшаются в размерах незначительно. В дальнейшем в денервированных конечностях контрольных животных после восстановления функции происходит возврат к норме. В конечностях же опытных животных атрофия со временем усиливается.

Эти отношения при дозе 15 000 г показаны на рис. 4. На 35-е сутки заметна атрофия правой облученной и денервированной конечности; левая облученная, но не денервированная конечность изменена мало (см. рис. 4 а). Результат денервации без облучения на 35-е сутки таков: в правой конечности по сравнению с контрольной левой заметна атрофия, которая, однако, значительно слабее, чем в случае денервации, сочетающейся с облучением (рис. 4 б). На 75-е сутки после облучения денервированная, необлученная конечность не отличается от контрольной (рис. 4 г).

Результаты весового определения конечностей (в миллиграммах) в тех же опытах приведены в табл. 1.

II серия опытов при фракционировании облучения, как было указано ранее, по 1000 г один раз в 5 суток была поставлена на 12 аксолотлях.

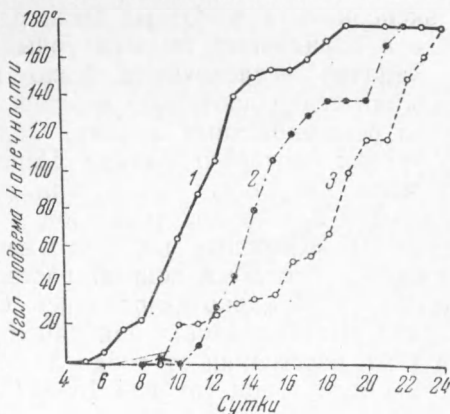


Рис. 2. Поднятие облученной денервированной конечности аксолотля (I серия). Обозначения те же, что на рис. 1

К 35-м суткам после первого облучения и денервации не наблюдалось резкой разницы в функциональном состоянии у опытных и контрольных животных (в отличие от опытов I серии с массивным облучением). Не было также заметно атрофии денервированной конечности. На 35-е сутки после облучения, когда в опыте уже в значительной степени восстановилась функция конечности, а в контроле ее восстановление почти закончилось, была произведена повторная денервация тех же конечностей. В этих опытах к 75-м суткам после первого облучения обнаружилась резкая атрофия конечностей, подвергнутых повторной денервации. Она сочеталась с замедленным темпом регенерации повторно денервированных конечностей.

Таким образом, данные по фракционированному облучению сходны с данными I серии, однако влияние рентгеновских лучей обнаружилось явственно лишь на поздних стадиях опытов. Это наблюдение совпадает с полученными нами ранее данными о большом значении «латентного» периода при действии рентгеновских лучей на регенерацию.

Эффект, вызванный облучением, выражается, таким образом, прежде всего в задержке восстановления нарушенной иннервации. Другие проявления следует рассматривать как вторичные трофического характера.

Торможение облучением рентгеновскими лучами восстановления нарушенных функций конечности объясняется, вероятно, тем, что облучение препятствует врастанию в денервированную конечность центрального отрезка нерва.

Более резкое уменьшение объема конечностей под влиянием рентгеновских лучей в сочетании с денервацией связано, вероятно, с тем, что рентгеновскими лучами задерживается регенерация нерва и восстановление функции конечностей, а в связи с этим усиливаются атрофические процессы в мышцах конечностей.

Вряд ли, однако, этим целиком объясняется эффект, вызываемый рентгеновскими лучами. Некоторые наши прежние данные позволяют думать, что сохранение иннервации способствует репарации повреждения, вызываемого облучением. Повидимому, этот фактор также получил определенное отражение в результатах наших опытов. Последнее допущение оправдывается работой Е. И. Бакина, который показал, что при облучении кожи задних конечностей лягушек радиевые язвы развиваются быстрее и по размерам бывают больше на денервированной конечности.

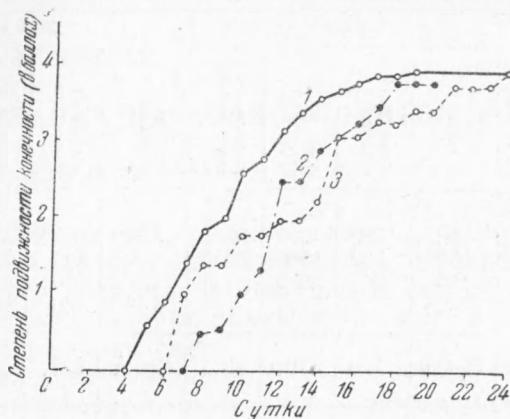


Рис. 3. Подвижность в суставах облученной денервированной конечности аксолотля (I серия). Обозначения те же, что на рис. 1

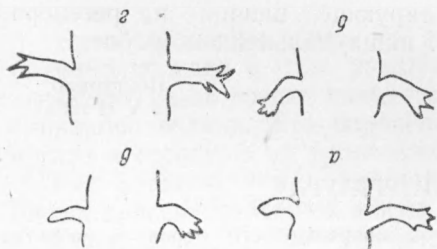


Рис. 4. Изменения внешнего вида конечности под влиянием рентгенизации и денервации. а, б — через 35 суток; в, г — через 75 суток после воздействия; а, в — облучение и денервация; б, г — денервация без облучения

В наших опытах в пользу этой точки зрения говорит то, что рентгеновские лучи резко усиливают процесс атрофии конечности, вызывая относительно слабую задержку в восстановлении ее подвижности. В этом же отношении существенно, что облучение спинного мозга в одной из поставленной нами серий опытов вызывало значительную задержку восстановления функции, но не приводило к развитию заметных атрофических процессов в денервированной конечности.

Таблица 1

Время после облучения	15000 г				20000 г				Контроль			
	№ опыта	облуч. без денервации	облуч. с денервацией	уменьш. раз-меров конечн. в %	№ опыта	облуч. без денервации	облуч. с денервацией	уменьш. раз-меров конечн. в %	№ опыта	необлуч. без денервации	необлуч. с денервацией	уменьш. раз-меров конечн. в %
35 суток	158	780	350	55,1	156	800	320	60,0	173	630	540	14,2
	159	840	580	30,9	157	700	320	40,0	181	870	610	29,8
	160	540	500	7,4	167	570	430	24,5	182	820	620	24,3
					168	460	400	13,0	184	700	640	8,5
	Средн.	720	476,6	33,7	Средн.	632,5	367,5	41,9	Средн.	755	602,5	20,1
75 суток	158	750	450	40,0	151	790	400	49,3	169	820	700	14,5
	159	650	340	47,6	157	580	250	56,8	170	780	670	14,1
	160	580	350	37,9					180	850	730	14,1
	Средн.	660	380	42,7	Средн.	685	325	52,5	Средн.	817	700	14,2

В практике имеет особенно большое значение выяснение вопроса о влиянии рентгеновских лучей в малых дозах, которые, по данным ряда авторов (3, 4), могут оказывать стимулирующее влияние на регенерацию нерва. Этому вопросу посвящается наша дальнейшая работа.

Центральный рентгенологический,  
радиологический и раковый институт  
Ленинград

Поступило  
13 VIII 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Ф. М. Голуб, Периферический отрезок поврежденного нерва в развитии нервных дистрофий, Саранск, 1944. <sup>2</sup> Э. Е. Уманский и Ю. А. Баскина, ДАН, 60, № 4 (1948). <sup>3</sup> Л. Д. Подляшук и А. А. Цейтлин, Рентгенотерапия при огнестрельных ранениях, Сборн., 1945. <sup>4</sup> Б. И. Могильницкий, там же.