

ИЗМЕНЕНИЯ МОРФОКОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ СПИННОГО МОЗГА ПРИ ДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Проведен сравнительный анализ динамики изменений морфоколичественных показателей двигательных нейронов передних рогов серого вещества спинного мозга экспериментальных животных (морских свинок) на протяжении 60 сут после окончания действия однократного общего рентгеновского излучения (доза – 5 Гр).

Значительная часть населения всех стран мира на протяжении своей жизни подвергается действию рентгеновских лучей при прохождении диагностических и лечебных мероприятий в медицинских лечебно-профилактических учреждениях [1. С. 46–52; 2. Р. 261–270]. В связи с этим существует необходимость в изучении динамики изменений моторных нейронов серого вещества спинного мозга различных отделов (шейный, грудной, поясничный) при воздействии рентгеновского излучения, что и обусловило необходимость проведения нашего исследования.

Исследование проведено на 81 половозрелой, пестрой, морской свинке-самце, массой 400–450 г, из которых в эксперименте было использовано 51, а 30 служили в качестве контроля. Содержание и работа с экспериментальными животными проводились в соответствии с правилами, принятыми Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (Страсбург, 1986). Морские свинки подвергались действию однократного общего рентгеновского излучения (доза – 5 Гр, фильтр – 0,5 мм Cu, напряжение 180 кВ, сила тока 10 мА, фокусное расстояние – 40 см). В качестве источника излучения был использован рентгеновский аппарат «РУМ-17». Облучение производилось в одно и то же время суток – с 10 до 11 ч в осенне-зимний период с учетом суточной и сезонной радиочувствительности. Перед проведением эксперимента морские свинки с целью исключения стрессового фактора 3–5 раз подвергались «ложному» воздействию с включенной аппаратурой, но с отсутствием самого излучения. Выведение животных из эксперимента и забор материала производились сразу, через 6 ч, на 1, 5, 10, 25 и 60-е сут после окончания воздействия. Фрагменты спинного мозга были взяты на уровне различных отделов (шейный, грудной, поясничный). Для электронной микроскопии участки спинного мозга фиксировали в 2,5% глютаральдегиде на 0,2 М кокадилатном буфере (pH-7,2), постфиксировали в 1% растворе осмиевой кислоты. Все объекты заливали в аралдит. Изготовление срезов производилось на ультратоме LKB-III. Полутонкие срезы окрашивали толудиновым синим, ультратонкие контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца, просматривали и фотографировали в электронном микроскопе JEM-100 CX-II. Изучению подвергались моторные нейроны передних рогов серого вещества спинного мозга. Моторные нейроны отличались от нейроцитов задних рогов серого вещества спинного мозга более крупными размерами и были представлены клетками двух типов – «темными» и «светлыми». Со стороны двигательных нейроцитов исследовались следующие морфоколичественные показатели – общая плотность

синапсов, количество реактивно и деструктивно измененных синапсов. Критериями реактивно измененных синапсов служили в частности: увеличение числа активных зон, повышение их осмиефильности, утолщение постсинаптической мембраны. К дегенеративным относили: синапсы, измененные по «светлому» типу (уменьшение количества и разнокалиберность синаптических везикул, укорочение синаптических лент) и «темному» типу (повышение электронной плотности пресинаптических отделов, разрушение везикул, накопление мелкогранулярного матрикса, деструкция митохондрий). Все результаты морфоколичественных исследований обрабатывались по правилам параметрической статистики. На протяжении эксперимента производился гематологический контроль (подсчет общего количества эритроцитов и лейкоцитов).

Изменения со стороны синаптического аппарата моторных нейронов передних рогов серого вещества спинного мозга морских свинок отмечаются уже на протяжении суток после окончания воздействия, при этом наблюдалась неравнозначность реакции указанных структур на уровне различных отделов спинного мозга. Так, в частности, через 6 ч после действия X-лучей показатели общего количества синапсов и количества реактивно измененных синапсов двигательных нейронов передних рогов серого вещества спинного мозга снижены по отношению с контролем в большинстве отделов, составляя в шейном отделе – 93,8 и 96,0%, грудном – 95,6 и 107,0%, поясничном – 90,4 и 97,6% соответственно ($p < 0,05$). В то же время количество дегенеративно измененных синапсов мотонейронов в передних рогах серого вещества спинного мозга в указанный срок превышает исходное, составляя в шейном отделе – 137,9%, грудном – 192,5%, поясничном – 117,4% ($p < 0,05$). На 1-е сут продолжает сохраняться отмеченная ранее тенденция сочетания низких показателей общей плотности синапсов и количества реактивно измененных синапсов и высоких показателей количества дегенеративно измененных синапсов двигательных нейронов спинного мозга морских свинок. Необходимо также отметить, что для реактивно измененных синапсов мотонейронов передних рогов серого вещества спинного мозга грудного отдела в указанный срок характерна выраженная гиперосмиефилия пресинаптических отделов. На 5-е сут после окончания воздействия рентгеновских лучей в передних рогах серого вещества спинного мозга грудного отдела обращает на себя внимание значительное число нейронов с дегенеративно измененными синапсами с очагами деструкции в постсинаптических отделах, а со стороны дегенеративно измененных синапсов указанных структур в поясничном отделе отмечались явления резко выра-

женной гиперосмиефилии пресинаптических отделов, в которых отмечались очаги деструкции. Количество дегенеративно измененных синапсов мотонейронов передних рогов серого вещества спинного мозга наиболее повышено в грудном отделе, где оно составляет 238,8%, в то время как в шейном отделе – 134,5%, поясничном – 131,2% от исходного ($p < 0,05$). Вместе с тем на 5-е сут после окончания действия рентгеновского излучения показатели общей плотности синапсов и количества реактивно измененных синапсов двигательных нейронов выше исходных лишь в указанных структурах грудного отдела – в 1,02 и 1,05 раза соответственно, в то время как в шейном и поясничном отделах – ниже исходных ($p < 0,05$). На 10-е сут после окончания воздействия, в разгар лучевой болезни, со стороны части аксональных терминалей отмечаются явления набухания и изменения по «светлому» типу.

Это находит свое проявление в том, что в пресинаптических окончаниях выявляется незначительное число пузырьков, образующих небольшие скопления, а иногда и их полное отсутствие, часты были и случаи их слипания. В различных участках нейропиля нередко отмечались случаи удлинения активной зоны синапса, а также расширение синаптической щели до 50–70 нм. Вместе с тем нельзя не отметить наличие отдельных терминалей, реакция в которых протекает по «темному» типу. Данные терминали имеют высокую электронно-оптическую плотность и большое количество синаптических пузырьков. При электронно-микроскопическом исследовании в нейроплазме отдельных двигательных нейронов, особенно шейного отдела спинного мозга, отмечаются наличие «миелиноподобных» тел, а также расширение цистерн эндоплазматической сети (рис. 1, 2).

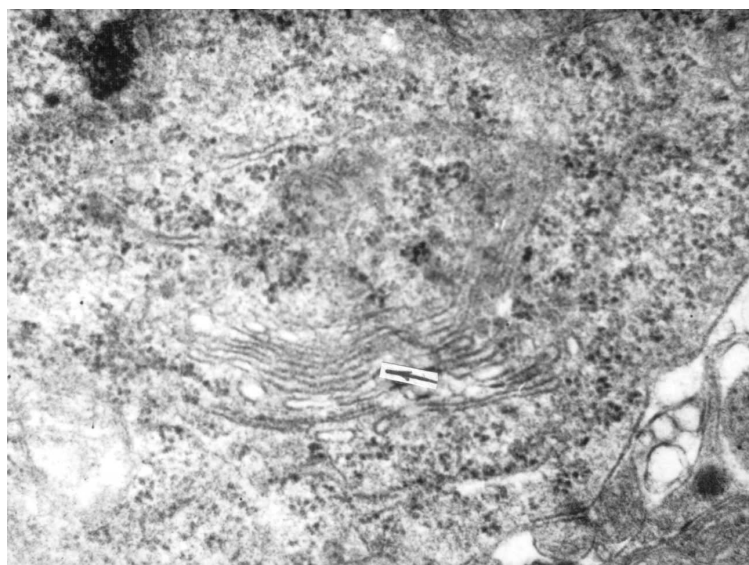


Рис. 1. Ультраструктура нейрона передних рогов серого вещества спинного мозга (шейный отдел) морской свинки (цистерны эндоплазматической сети (ЭПС) – стрелка). Контроль. Ув. 29000

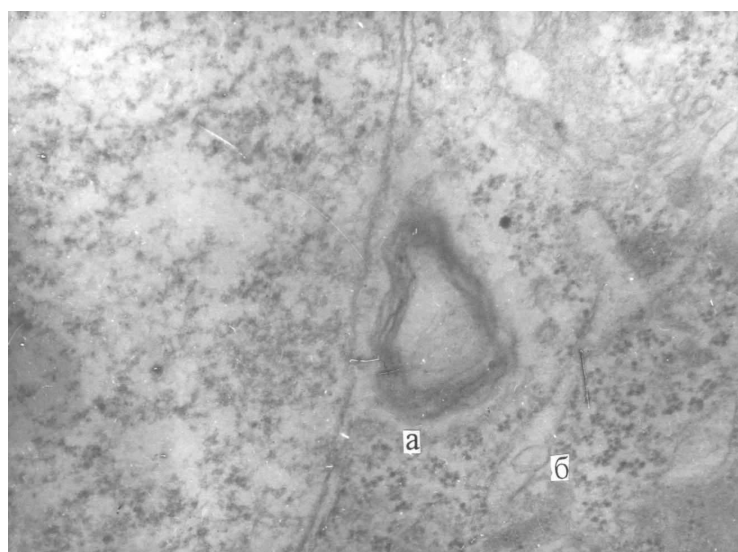


Рис. 2. Ультраструктура нейрона передних рогов серого вещества спинного мозга (шейный отдел) морской свинки на 10-е сут после окончания действия рентгеновского излучения: а – миелиноподобное тело; б – расширенные цистерны ЭПС. Ув. 48000

По сравнению с предыдущим сроком на 10-е сут со стороны мотонейронов передних рогов серого вещества спинного мозга происходит повышение показателей общей плотности синапсов и количества дегенеративно измененных синапсов, составляющих в шейном отделе 106,1 и 194,0%, грудном – 115,7 и 322,8%, поясничном – 104,8 и 171,0% от исходного соответственно ($p<0,05$). В то же время продолжают снижаться по сравнению с предыдущими сроками наблюдений показатели количества реактивно измененных синапсов мотонейронов, составляя в спинном мозге шейного отдела 79,7%, грудного – 89,4%, поясничного – 77,1% от исходного ($p<0,05$). На 25-е сут после окончания воздействия рентгеновских лучей отмечается начало развития репаративных процессов, что на ультраструктурном уровне находит свое проявление, в частности, в том, что в цитоплазме значительной части как «темных», так и «светлых» мотонейронов возрастает число цистерн гранулярной эндоплазматической сети и комплекса Гольджи, а также рибосом, митохондрий и лизосом. Указанные структуры выявляются преимущественно в околоядерной зоне нейрона. По сравнению с предыдущим сроком на 25-е сут после окончания действия рентгеновского излучения в передних рогах серого вещества спинного мозга на уровне всех отделов отмечается сочетание уменьшения числа дегенеративно измененных синапсов и существенного повышения числа реактивно измененных синапсов моторных нейронов, составляющих в шейном отделе 148,3 и 107,1%, грудном – 288,6 и 122,5%, поясничном – 128,3 и 107,3% от исходного соответственно ($p<0,05$). Для реактивно измененных синапсов мотонейронов передних

рогов серого вещества спинного мозга в указанный срок были характерны повышенная осмиефильность активных зон, а также резко выраженное утолщение постсинаптической мембраны. К концу периода наблюдений (60-е сут после окончания воздействия рентгеновского излучения) в отличие от предыдущих сроков наблюдений показатели как количества реактивно измененных синапсов, так и общей плотности синапсов моторных нейронов превышают исходные на уровне всех отделов спинного мозга, составляя в шейном отделе 114,6 и 103,9%, грудном – 139,9 и 115,1%, поясничном – 111,9 и 101,3% соответственно ($p<0,05$). Реактивно измененные синапсы мотонейронов в передних рогах серого вещества спинного мозга всех отделов локализации характеризовались повышенной осмиефильностью активных зон, утолщением постсинаптической мембраны. На 60-е сут после рентгеновского излучения показатели количества дегенеративно измененных синапсов мотонейронов указанных структур существенно выше исходных на уровне всех отделов спинного мозга, особенно грудного, где оно превышает исходное в 2,5 раза, в то время как в шейном отделе – в 1,3 раза, поясничном – в 1,2 раза ($p<0,05$).

Таким образом, результаты проведенного исследования демонстрируют, что при действии рентгеновских лучей на протяжении всего эксперимента (60 сут) наблюдаются изменения морфоколичественных показателей реактивных и дегенеративных изменений синапсов моторных нейронов спинного мозга морских свинок, достигающих наибольшей степени выраженности со стороны указанных структур на уровне шейного отдела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филлюшин И.В. О мнимых биомедицинских проблемах обоснования радиационной безопасности людей // Мед. радиол. и радиац. безоп. 1998. Т. 43, № 4. С. 46–52.
2. Oghiso Y., Yamada Y. Comparisons of pulmonary carcinogenesis in rats following inhalation exposure to plutonium dioxide or X-ray irradiation // J. Radiat. Res. (Tokyo). 2003. Vol. 44, № 3. P. 261–270.

Статья поступила в редакцию журнала 26 октября 2006 г., принята к печати 19 ноября 2006 г.