

устойчивому существованию в неблагоприятных условиях среды обитания популяций этих мелких млекопитающих.

Литература

1. Материй, Л.Д. Морфофункциональная оценка состояния организма мелких млекопитающих в радиоэкологических исследованиях (на примере полевки-экономки) / Л.Д. Материй, О.В. Ермакова, А.И. Таскаев. – Сыктывкар. – 2003. – 164 с.

2. Раскоша, О.В. Влияние хронического радиационного воздействия в разные периоды онтогенеза на частоту встречаемости микроядер в клетках щитовидной железы / О.В. Раскоша, О.В. Ермакова, Н.Н. Старобор // Известия Самарского НЦ РАН. – 2013. – Т. 15. – № 3 (3). – С. 1138–1141.

3. Цитогенетические показатели соматического мутагенеза млекопитающих в условиях хронического низкодозового облучения / С.А. Костенко, О.В. Ермакова, С.Н. Сушко, Е.В. Федорова, П.П. Джус, Л.А. Башлыкова, Ю.Ф. Курыленко, О.В. Раскоша, А.О. Савин, А.С. Шафорост // Радиационная биология. Радиэкология. – 2015. – Т. 55. – № 1. – С. 35–42.

4. Grigorkina, E. Radioadaptation of rodents in the zone of local radioactive contamination (Kyshtim Accident, Russia): 50 years on / E. Grigorkina, G. Olenev // Radioprotection. – 2009. – V. 44. – № 5. – P. 129–134.

5. Ткачев, А.В. Влияние холода на структуру щитовидной железы / А.В.Ткачев, И.В. Беруль // Нейзоэндокринные корреляции. – Владивосток. – 1978. – С. 52–64.

6. Ильенко, А.И., Ревизия радиорезистентности десятого поколения рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus*) – цериофоров / А.И. Ильенко, Т.П. Крапивко. // Доклады АН СССР. – 1991. – № 2. – С. 498–500.

7. Фетисов, А.Н. Морфометрическая характеристика и сравнительная радиостойчивость популяции прудовика большого (*Limnea stagnalis*) из водоемов с различными радиоэкологическими условиями / А.Н. Фетисов, А.И. Смагин, А.В. Рубанович // Радиобиология. – 1993. – Т. 33. – № 1. – С. 160–165.

8. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг / С.А. Гераськин, Е.И. Сарапульцева, Л.В. Цаценко и др. – Издательский центр «Академия». – 2010. – 208 с.

9. Ermakova, O.V. Comparative Morphological Analysis of Peripheral Endocrine Glands of Small Mammals Inhabiting Areas with High Levels of Radioactivity and Exposed to Chronic Irradiation in Model Experiments / O.V. Ermakova // Biophysics. – 2011. – V. 56. – № 1. – P. 135–139.

К ВОПРОСУ О РОЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ЛУЧЕВОГО ПАТОГЕНЕЗА ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РЕПРОДУКТИВНОГО ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗОНАХ С ПОВЫШЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ ФОНОМ

И.А. Жукова, О.Н. Аблековская

УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», Минск, Беларусь

Введение. Репродуктивное здоровье является одной из важнейших составляющих здоровья в целом и занимает центральное место в развитии человека. Так, в раннем онтогенезе оно создает основу не только для воспроизведения потомства, но и для обеспечения здоровья по прошествии репродуктивных лет жизни, как мужчин, так и

женщин, отражает последствия, передаваемые от поколения к поколению [1]. Этот факт, несомненно, способствует повышенному интересу исследователей к проблеме влияния различных факторов внешней среды на развивающийся организм, основные периоды эмбриогенеза которого связаны с миграцией клеток, интенсивной клеточной пролиферацией и дифференцировкой, что и определяет его высокую чувствительность. В настоящее время это приобретает особую значимость в условиях нарастающей экологической нагрузки в виде антропогенных и техногенных факторов, в том числе и радиоактивного фактора, который на сегодняшний день является одной из важных по эффективности действия составляющих среды обитания людей и животных. Обусловлено это возрастанием природного радиационного фона, увеличением использования ионизирующего излучения (ИИ) практически во всех сферах жизнедеятельности человека (так, например, медицинская рентгенология занимает одно из ведущих мест в диагностике заболеваний). Для нашей страны свой значимый вклад внесла, к сожалению, и авария на Чернобыльской АЭС. В связи с этим, как нам представляется, немаловажное практико-ориентированное значение приобретает изучение вопросов, касающихся становления половых желез в пренатальном периоде в условиях действия ИИ в дозах, которые можно было бы сопоставить с дозами, получаемыми населением, проживающим в зонах с повышенным радиационным фоном. Проведение таких исследований с использованием различных современных методов может способствовать решению конкретных вопросов прогнозирования состояния репродуктивного здоровья людей и животных в поколениях.

В этом плане особую актуальность приобретает исследование кровеносных капилляров (КК) яичника и семенника. Необходимо подчеркнуть, что в пренатальном периоде онтогенеза эти сосуды обеспечивают регуляцию питания органа, его структурное и функциональное становление. Определяется это тем, что даже минимальное снижение поступления крови к развивающимся органам приводит к возникновению дегенеративных процессов, аномалий развития, что в конечном итоге может привести к гибели плода [2]. При этом гемокапилляры являются и наиболее радиочувствительным звеном в системе кровообращения [3]. Следует заметить, что в дефинитивном организме состояние этих микрососудов также определяет дееспособность органа

Исходя из этого, нами проведено исследование с целью изучения особенностей реакции КК гонад плодов белой крысы в условиях внешнего облучения в относительно небольшой дозе.

Материалы и методы. Работавыполнена на беспородных лабораторных крысах-самках с датированным сроком беременности, которых подвергали однократному внешнему облучению в дозе 0,5 Гр на 14-е и 15-е сутки гестации на установке ИГУР-1 (источник Cs-137, мощность дозы $9,08 \times 10^{-4}$). Облучение в указанные сроки обусловлено тем, что это наиболее критические по радиочувствительности дни антенатального онтогенеза половых желез [4]. Контролем служили интактные животные соответствующего возраста. Животных декапитировали на 20-е сутгестации, из матки извлекались плоды. Исследуемый материал (яичник и семенник) готовили для электронномикроскопического исследования по методике Уикли (1975). Ультратонкие срезы готовили на ультрамикротоме «LKB» (Швеция), изучение и фотографирование выполняли на электронном микроскопе JEM-100 CX (Япония) при рабочем увеличении от 5800 до 36000 раз. Стереометрический анализ проводился с негативных изображений профилей КК с помощью проекционной установки при конечном увеличении 10140 раз. Помимо общей структуры КК изучали состояние энергетических, пластических возможностей и транспортные функции их эндотелиальных клеток. Цифровой материал, полученный в результате исследования, обрабатывался с помощью статистического пакета «Статистика для Windows» с

использованием параметрических методов оценки данных. Работа выполнена на базе ГНУ «Институт радиобиологии» НАН Беларуси.

Результаты исследования и их обсуждение. Как показали результаты электронно-микроскопического исследования, значительная часть микроциркуляторных нарушений при облучении обусловлена первичным поражением эндотелиоцитов КК. Так, при однократном внешнем облучении в дозе 0,5 Гр на 15-е сутки эмбрионального развития общие размеры КК семенника плодов (в отличие от таковых яичника) по сравнению с контролем существенно не изменились. Максимальный и минимальный диаметры сосудов заметно не отличались от контрольных значений, однако отмечалась некоторая тенденция к уменьшению их площади сечения и значительно уменьшилась площадь сечения просветов КК (на 25%; $P < 0,01$).

Что же касается КК яичника, то здесь имеет место противоположная реакция, которая проявляется в тенденции к увеличению площади сечения КК, связанной с возрастанием их максимального и минимального диаметров (на 10%; $P < 0,01$). Подобная реакция со стороны размеров КК не может трактоваться однозначно. Так, в согласии с другими авторами мы полагаем, что расширение просветов сосудов является одним из признаков местного неблагополучия в капиллярном звене. Но возможно также, что такая реакция имеет и адаптационно-компенсаторный характер, направленный на поддержание процессов дальнейшего развития органа в условиях действия излучения. Такое нарастание указанного функционального напряжения со стороны КК в дальнейшем может сменяться их угнетением.

Следует отметить, что в просвете КК обеих желез наблюдались цитоплазматические отростки (в КК семенника несколько чаще), которые достигали противоположную стенку сосуда, соединяясь при этом друг с другом. Подобные изменения могут явиться одним из условий тромбообразования и предвестника облитерации капилляров, что не может не оказать отрицательного влияния на кровоток и, следовательно, на метаболизм органов.

Более выраженный характер носит реакция энергообразующих органелл (митохондрий) эндотелиоцитов КК – облучение вызывает значительное сокращение их количества в обоих случаях. Если в эндотелиоцитах семенника их количество достоверно уменьшилось на 21% ($P < 0,01$), то в яичнике – почти в два раза больше (на 40 %; $P < 0,001$). При этом в обеих экспериментальных группах имеет место и уменьшение их объемной плотности в клетке – до 15% ($P < 0,05$) в семеннике и до 41% в яичнике ($P < 0,01$). Подобное сокращение количества этих органелл независимо от органа – результат развития в них деструктивно-дегенеративных процессов, в частности, просветления матрикса в них, деструктивного изменения крист. Подобные изменения являются аналогичными изменениям этих органоидов в клетках гемокapилляров ряда органов (например, миокарда) как при воздействии ИИ, так и при других патологических состояниях. Иногда в некоторых эндотелиоцитах яичника встречались отдельные гигантские митохондрии причудливой формы с сохраненной структурой мембраны и крист. Можно думать, что их возникновение связано с развитием адаптационно-компенсаторных процессов в системе энергообеспечения клетки.

Большую радиочувствительность при воздействии радиации в критические периоды развития проявляют и другие органеллы клеток терминальных сосудов яичника. Это касается структур, обеспечивающих трансэндотелиальный перенос веществ – микровезикул. Так, если в эндотелиоцитах семенника общее число микровезикул и количество различных их фракций осталось на уровне контрольных значений, то в клетках КК яичника обнаруживаются следующие сдвиги. Они проявляются, главным образом, в снижении численности мембраносвязанных люминальных микровезикул (МВЛ) – на

35% ($P < 0,001$). Число базальных микровезикул (МВБ) также снижается. Уменьшается при этом и значение индекса МВЛ/МВБ (на 26%; $P < 0,05$).

Анализ индекса цитоплазмально-ядерных отношений (ЦЯО), определяющего и уровень метаболических процессов в клетке, также указывает на проявление большей чувствительности эндотелиоцитов яичника к лучевому фактору в критические периоды его развития. Так, в этом случае он достоверно возрастает в 1,3 раза ($P < 0,05$) в сторону увеличения цитоплазмы, в то время как в случае семенника этот показатель демонстрирует только тенденцию к его некоторому увеличению. По-видимому, здесь имеет место определенное напряжение синтетических процессов в ответ на действие лучевого фактора. Аналогичное изменение индекса ЦЯО при облучении отмечают и другие исследователи.

В ядрах многих эндотелиоцитов КК семенника наблюдалась дисконфракция хроматина: он концентрировался по периферии ядра в виде глыбок, а также в местах образования ядрышек. В эндотелиоцитах гемокapилляров яичника подобные изменения встречались несколько чаще, но при этом наряду с угнетением их функциональной активности встречаются клетки, в которых происходит развитие компенсаторных процессов, направленных на поддержание функции ядра. Структурным выражением ее являются инвагинации ядерной мембраны, приводящие к значительному увеличению последней и, в свою очередь, увеличению поровых комплексов в ней.

Заключение. Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что внешнее острое облучение в дозе 0,5 Гр на 14-е и 15-е сут антенатального развития оказывает заметное влияние на структуру и функции эндотелиоцитов гемокapилляров семенника и яичника 20-суточных плодов. Подобные нарушения эндотелиальных клеток сосудов микроциркуляторного русла половых желез в дальнейшем могут вызвать задержку развития и функционального становления половых желез, привести к развитию дистрофических процессов, нарушить процессы формирования их специфических тканей, привести к гормональной дисфункции и сокращению фонда половых клеток.

Полученные данные имеют не только теоретическое значение, расширяя современные представления о радиочувствительности клеток зародыша в условиях действия ИИ, способствуя тем самым накоплению фактического материала по биологическому действию радиации в сравнительно малых дозах, но и могут быть использованы для объяснения возможных причин женского и мужского бесплодия, преждевременного старения, гормональной дисфункции.

Литература

1. Либерман, А.Н. Радиация и репродуктивное здоровье. – СПб., 2003. – 226 с.
2. Куприянов, В.В. Становление системы микроциркуляции в раннем онтогенезе // Вопросы морфометрич. Анализа в системе микроциркуляции: Сб. ст. / Под ред. В.В. Куприянова. – 1978. – Т. ХСV, вып. 4. – С. 3–16.
3. Воробьев, Е.И., Степанов Р.П. ионизирующие излучения и кровеносные сосуды. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
4. Шахнадирова, Л.В., Палыга, Г.Ф. Отдаленные последствия γ -облучения яичников крыс в процессе эмбрионального развития / Л.В. Шахнадирова, Г.Ф. Палыга // Радиобиология. – 1989. – Т. XXIX, вып. 1. – С. 175–178.