

БІАЛОГІЯ

УДК 572.787:599.323.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЛЬТРАСТРУКТУРНЫХ ПЕРЕСТРОЕК КРОВЕНОСНЫХ КАПИЛЛЯРОВ ПОЛОВЫХ ЖЕЛЕЗ 20-СУТОЧНЫХ ПЛОДОВ БЕЛОЙ КРЫСЫ ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ В КРИТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ИХ РАЗВИТИЯ

О. Н. Аблековская,
*кандидат биологических наук,
доцент кафедры клинической
и консультативной психологии БГПУ;*

И. А. Жукова,
*кандидат биологических наук, доцент
кафедры морфологии и физиологии
человека и животных БГПУ*

Поступила в реакцию 23.09.15.

UDC 572.787:599.323.4

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF ULTRASTRUCTURAL REARRANGEMENT OF BLOOD CAPILLARIES IN GENITAL GLANDS OF 20-DAY FETUSES OF WHITE RAT AFTER IRRADIATION IN CRITICAL PERIODS OF THEIR DEVELOPMENT

O. Ablekovskaya,
*Candidate of Biology, Associate
Professor of the Chair of Clinic and
Advisory Psychology of BSPU;*

I. Zhukova,
*Candidate of Biology, Associate
Professor of the Chair of Clinic and
Advisory Psychology of BSPU*

Received on 23.09.15.

Изучено влияние однократного внешнего облучения на стадии активного органогенеза (14-е и 15-е сутки) в дозе 0,5 Гр на эндотелий кровеносных капилляров половых желез 20-суточных плодов крысы. Установлено, что действие такого экзогенного фактора в периоды критического развития яичника и семенника вызывает изменения морфофункциональных параметров эндотелиальных клеток кровеносных капилляров развивающегося органа, что в будущем может быть причиной сокращения фонда половых клеток, женского и мужского бесплодия, гормональной дисфункции.

Ключевые слова: критический период развития, эмбриогенез, гемокапилляры, эндотелиоциты, семенники, яичники, ионизирующее излучение.

The influence of single external irradiation on the stage of active of organogenesis (14-th and 15-th days) in dose 0,5 Gy on the endothelium of blood capillars of gonads of 20-days old rat fetuses has been studied. It was determined, that the single irradiation in relatively low dose on the stage of active of organogenesis causes changes of morphofunctional parameters of endothelium cells of blood capillars of the developing organ, being the probable cause of sex cells fund reduction.

Keywords: critical periods of fetal development, ionizing radiations, embryogenesis, testes, ovary, endotheliocytes, blood capillaries.

Введение. Известно, что половые железы являются высокочувствительными к воздействию разнообразных факторов в различные периоды онтогенеза [1; 2]. Особенно это проявляется во время их структурного и функционального становления. Принимая во внимание значимость гонад как органов репродукции и такую их чувствительность к факторам внешней среды, представляет общетеоретический и практический интерес вопрос, касающийся участия их сосудов, в частности кровеносных капилляров (КК), в развитии патологических процессов.

Как известно, микроциркуляторное русло органов тонко реагирует на любое экстремальное воздействие, особенно это проявляется в отношении гемокапилляров, которые обеспечивают активный межтканевой обмен, поддерживают необходимый уровень трофики специфических рабочих структур [3]. Они же в системе кровообращения являются и наиболее радиочувствительным звеном. При этом наиболее реактивной способностью в системе микроциркуляции обладают компоненты гемокапилляров – эндотелиальные клетки.

Повреждения сосудистой стенки наряду с нарушениями гемодинамики и свойств крови, которые, как полагают, обуславливают или только усиливают первоначальные деструктивные процессы, служат причиной нарушения «барьерной» функции эндотелия и патологических сдвигов в гематотканевом обмене, приводят к последующему развитию пароваскулярного отека, локальной гипоксии и фиброза, что еще более ухудшает трофику ткани, способствует формированию вторичных дефектов в сосудистой стенке, редукции элементов микроциркуляторного русла, атрофии тканевых и органных структур, появлению очагов некробиоза [3; 4].

Кроме того, в пренатальном периоде система микроциркуляции не только обеспечивает реализацию транспортной функции сердечно-сосудистой системы, но и во многом определяет нормальные процессы органогенеза, а также способствует выполнению органоспецифических функций развивающихся органов. Нарушения же в системе микроциркуляции могут вызвать изменение процессов морфофункционального становления органа, развитие в нем деструктивных процессов. Подобные структурные перестройки могут привести к возникновению различных пороков и аномалий развития, вызвать такие нарушения, которые в дальнейшем могут служить причиной развития функциональной недостаточности эндокринных органов, и в частности гонад.

Целью данного исследования являлась сравнительная характеристика ультраструктурных перестроек КК семенника и яичника 20-суточных плодов белой крысы после воздействия ионизирующего излучения (ИИ) в дозе 0,5 Гр на стадии активного органогенеза.

Объекты и методы исследований.

Работа проведена на беспородных лабораторных крысах с датированным сроком беременности [5]. Беременных самок 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 [6]. Контролем служили интактные животные соответствующего возраста. Животных декапитировали на 20-е сутки гестации, из матки для исследования извлека-

лись плоды. Исследуемый материал (яичник и семенник) готовили для электронно-микроскопического исследования по схеме Уикли (1975). Всего обработали препаратов яичника от 24 плодов и семенника от 25 плодов.

Ультратонкие срезы (500–600 Å) готовили на ультрамикротоме «ЛКВ» (Швеция), контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца. Ультраструктуру эндотелиоцитов изучали в трансмиссионном микроскопе JEM-100 CX (Япония), при ускоряющем напряжении 80 кВ и рабочем увеличении от 5800 до 36 000 раз.

Для получения репрезентативных образцов нами применялся метод случайного и бесповоротного отбора. Стереометрический анализ проводился с негативных изображений профилей капилляров с помощью проекционной установки при конечном увеличении в 10 140 раз. Далее, используя устройство ввода графической информации «Морфометрический планшет», снимали морфометрические показатели. Помимо общей структуры КК изучали состояние энергетических, пластических возможностей и транспортные функции их эндотелиальных клеток.

Достоверность различий между группами животных определяли с помощью параметрической статистики для малых выборок (t-критерий Стьюдента). Данные представлены в виде $X \pm Sx$ (Standard Error of Mean). При обработке результатов экспериментов использовали статистическую программу Statistica 6.0. Различия считали достоверными при значении $P < 0,05$.

Работа выполнена на базе ГНУ «Институт радиобиологии» НАН Беларуси.

Результаты и обсуждение. Как показали данные электронно-микроскопического исследования, значительная часть микроциркуляторных нарушений при облучении обусловлена первичным поражением эндотелиоцитов сосудистой стенки.

При однократном внешнем облучении в дозе 0,5 Гр на 15-е сутки эмбрионального развития общие размеры гемокапилляров семенника 20-суточных плодов (в отличие от таковых яичника) через 5 суток после действия лучевого фактора по сравнению с контролем существенно не изменились. Так, максимальный и минимальный диаметры сосудов заметно не отличались от контрольных значений. Однако отмечалась некоторая тенденция к уменьшению их площади сече-

ния 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, 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 противоположной стенки сосуда, соединяясь при этом друг с другом (рисунок 1). В таких случаях эндотелиоциты утолщены. Отмеченные изменения могут явиться одним из условий тромбообразования и предвестником 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. Так, 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 (рисунок 2). Подобные изменения являются аналогичными изменениям этих органоидов в клетках гемокапилляров 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.

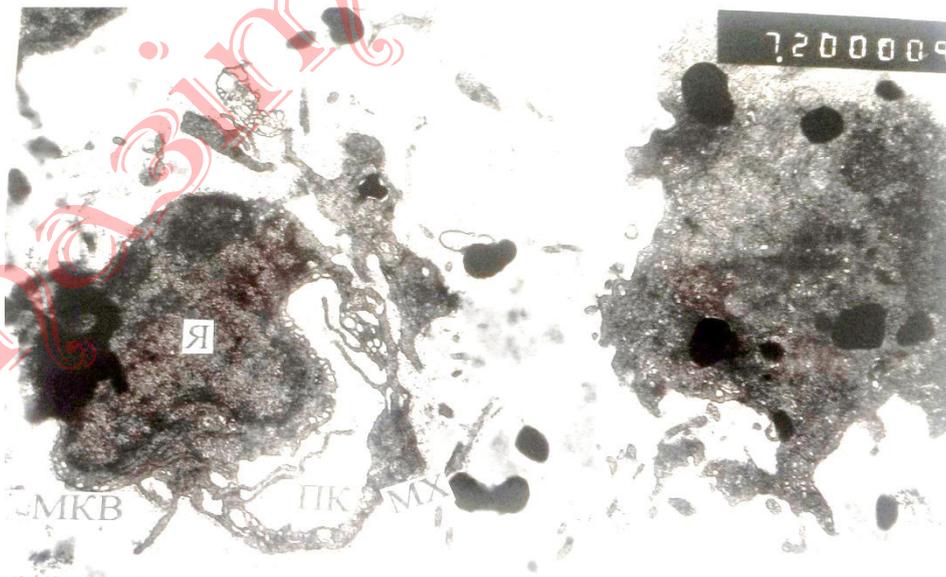


Рисунок 1 – Гемокапилляр семенника 20-суточного плода белой крысы. $\times 10\ 800$. Я – ядро; МКВ – микровезикулы; МХ – митохондрии; ПК – просвет КК

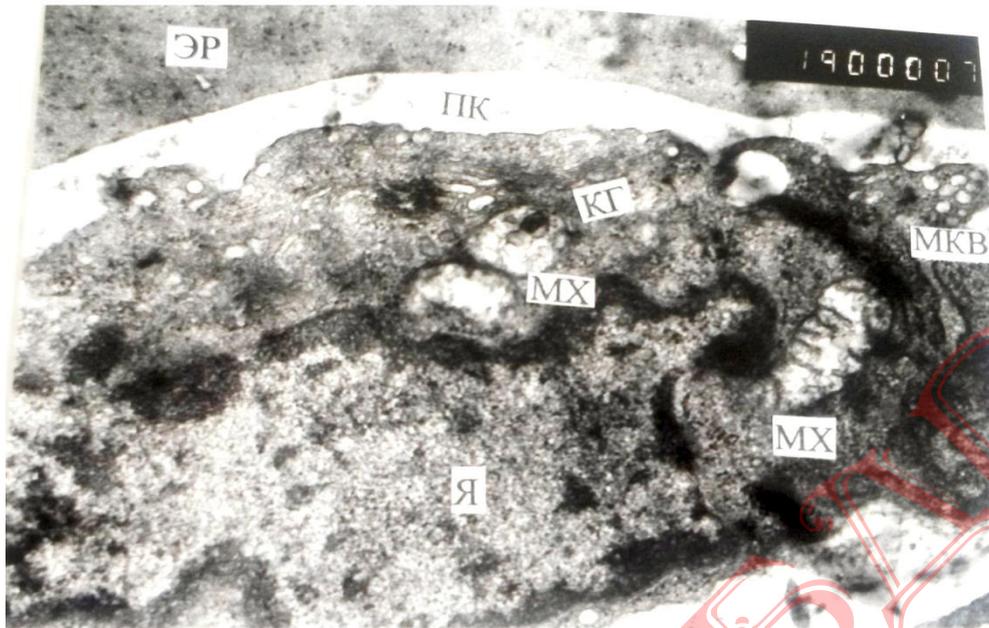


Рисунок 2 – Фрагмент эндотелиальной клетки кровеносного капилляра семенника 20-суточного плода белой крысы. Гипертрофия митохондрий, деструкция и фрагментация крист. $\times 28\ 500$.
Я – ядро; МКВ – микровезикулы; МХ – митохондрии; ПК – просвет КК;
КГ – комплекс Гольджи; ЭР – эритроцит

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 системе трансэндотелиального переноса веществ 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 %; $P < 0,05$).

Что же касается структуры базального слоя микрососудов при облучении в дозе 0,5 Гр, то в обоих случаях она мало изменяется. Не наблюдались и дефекты, связанные с повреждением специфических межклеточных контактов эндотелиоцитов. Ультраструктурное исследование не позволило обнаружить и какие-либо изменения в структуре перитонов при действии данного фактора.

Анализ такого показателя, как индекс цитоплазменно-ядерных отношений (ЦЯО), определяющих уровень метаболических про-

цессов в клетке, также указывает на проявление большей чувствительности эндотелиоцитов яичника к экзогенным факторам 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.

Однако необходимо отметить, что в ядрах эндотелиоцитов КК семенника иногда наблюдалась дисконкомплексация хроматина: он концентрировался по периферии ядра в виде глыбок, а также в местах образования ядрышек (рисунок 3). В эндотелиоцитах гемокпилляров 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.

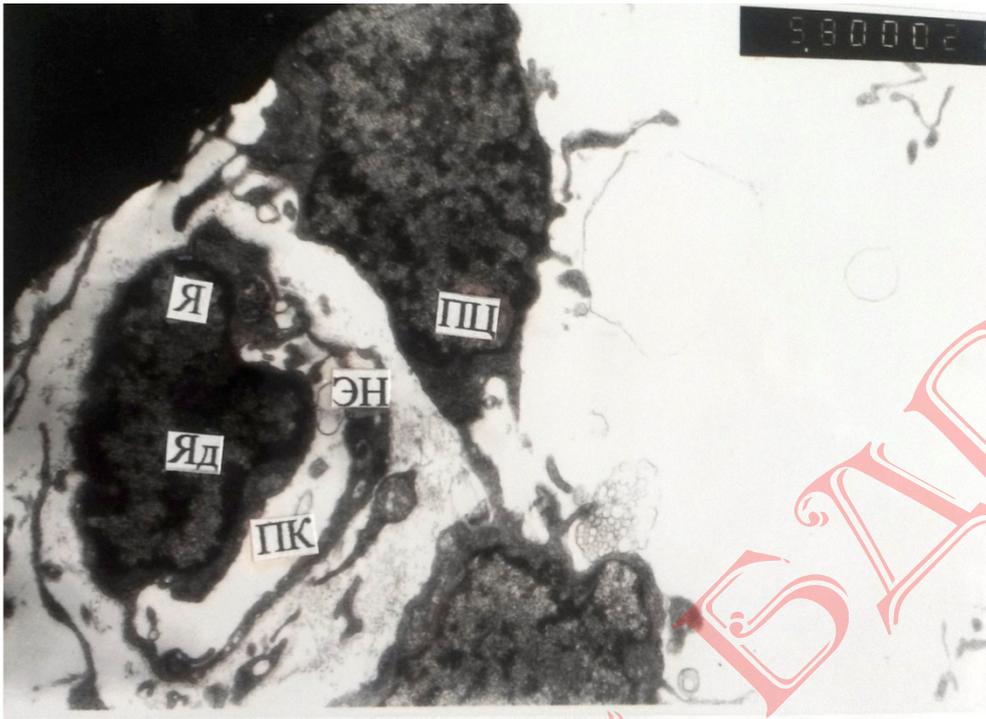


Рисунок 3 – Гемокапилляр семенника 20-суточного плода белой крысы. $\times 8700$.
ЭН – эндотелиоцит; Я – ядро; Яд – ядрышко; ПК – просвет капилляра; ПЦ – перицит

Заключение. Таким образом, на основании полученных данных можно заключить, что внешнее острое облучение в небольшой дозе 0,5 Гр в критические периоды развития (14-е и 15-е сутки антенатального развития) оказывает заметное влияние на течение жизненно важных процессов в эндотелиоцитах терминальных сосудов семенника и яичника 20-суточных плодов. Это проявляется изменением структуры митохондрий, процессов везикулообразования и трансэндоте-

лиального переноса веществ и других морфометрических параметров. Подобные нарушения в структуре обменных сосудов в системе микроциркуляции половых желез в плодном периоде в дальнейшем могут служить основой для развития структурно-функциональной недостаточности гонад (развитие дистрофических процессов в их тканях, сокращение фонда половых клеток, гормональная дисфункция).

ЛИТЕРАТУРА

1. Москалев, Ю. И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений / Ю. И. Москалев. – М. : Медицина, 1991. – 464 с.
2. Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. – М. : Высш. шк., 2004. – 549 с.
3. Воробьев, Е. И. Ионизирующие излучения и кровеносные сосуды / Е. И. Воробьев, Р. П. Степанов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.
4. Structure and function of endothelium cells in blood vessels / Sun Chuling [et al.] // Bull. Biol. – 1991. – No 9. – P. 11–13.
5. Дыбан, А. П. Раннее развитие млекопитающих / А. П. Дыбан. – Л. : Наука, 1988. – 228 с.
6. Шахнадирова, Л. В. 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.

REFERENCES

1. Moskalev, Yu. I. Otdalennye posledstviya vozdeystviya ioniziruyushchikh izlucheniya / Yu. I. Moskalev. – M. : Meditsina, 1991. – 464 s.
2. Yarmonenko, S. P. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh / S. P. Yarmonenko, A. A. Vaynson. – M. : Vyssh. shk., 2004. – 549 s.
3. Vorobyov, E. I. Ioniziruyushchiye izlucheniya i krovenosnyye sosudy / E. I. Vorobyov, R. P. Stepanov. – M. : Energoatomizdat, 1985. – 296 s.
4. Structure and function of endothelium cells in blood vessels / Sun Chuling [et al.] // Bull. Biol. – 1991. – No 9. – P. 11–13.
5. Dyban, A. P. Ranneye razvitiye mlekopitayushchikh / A. P. Dyban. – L. : Nauka, 1988. – 228 s.
6. Shakhnadirova, L. V. Otdalennyye posledstviya γ -oblucheniya yaichnikov krys v protsesse embrionalnogo razvitiya / L. V. Shakhnadirova, G. F. Palyga // Radiobiologiya. – 1989. – T. XXIX, vyp. 1. – S. 175–178.