

УДК 616-092.9+59.08+616.45+611.013+614.876+001.891

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭМБРИОГЕНЕЗ НАДПОЧЕЧНИКОВ БЕЛОЙ КРЫСЫ

© Елена Игоревна Левкович, Галина Владимировна Солнцева

Белорусский государственный медицинский университет. 220116, г. Минск, пр. Дзержинского, 83

Контактная информация: Галина Владимировна Солнцева — доцент кафедры нормальной анатомии.

E-mail: lady.solnceva@yandex.ru

Поступила: 08.10.2021**Одобрена:** 25.11.2021**Принята к печати:** 24.12.2021

РЕЗЮМЕ: *Цель* данного исследования — установить закономерности развития надпочечников зародышей белой крысы в норме и при внешнем облучении. *Материалы и методы:* изучено развитие надпочечных желез зародышей белой крысы с 12-х по 22-е сутки эмбриогенеза. Использованы препараты эмбрионов белой крысы от 8 мм ТКД до 40 мм ТКД из эмбриологической коллекции кафедры нормальной анатомии БГМУ в количестве 29 серий срезов эмбрионов. 14 серий принадлежат нормальным зародышам, 9 — облученным на 12–13-е сутки и 6 — облученным на 15–16-е сутки. В норме закладка надпочечных желез белой крысы появляется на 12-е сутки эмбриогенеза (8 мм ТКД). Синусоиды формируются на 13-е сутки (9 мм ТКД). На 14-й день (10 мм ТКД) вокруг органа появляются симпатогонии, внутри железы они обнаружены на 15-е сутки (12 мм ТКД). Одновременно образуется тонкостенная капсула, корковое вещество разделяется на дефинитивную и фетальную зоны. У эмбриона 17-го дня развития (18 мм ТКД) различимы мозговые шары в центре надпочечника. При исследовании на 21-й день эмбриогенеза (36 мм ТКД) надпочечник практически сформирован, имеет развитые структурные элементы. При облучении на 12–13-е сутки происходит значительное торможение роста и развития органа. Синусоиды характеризуются узким просветом, в особенности на периферии. Надпочечник полностью окружен капсулой лишь на 16-й день, встречаются единичные симпатогонии. Мозговые шары образуются на 18-е сутки. К 21–22-му дню в железе имеются все структурные элементы, однако в сравнении с нормой железа недоразвита. У облученного на 15–16-е сутки надпочечника структурные изменения проявляются в меньшей степени. К 22-м суткам орган сравним по темпам развития с необлученным. В развитии надпочечников зародыша белой крысы можно выделить следующие стадии: 1) стадия закладки органа и начала вселения симпатобластов; 2) образование мозговых шаров; 3) окончательная дифференцировка клеток и формирование основных структур надпочечника. Внешнее облучение в момент закладки органа (12–13-е сутки) обуславливает задержку наступления стадий 2 и 3, что ведет к недоразвитию органа к моменту рождения. Более позднее облучение (15–16-е сутки) ведет к менее выраженным морфологическим изменениям.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: надпочечные железы; эмбриогенез; белая крыса; облучение.

EFFECT OF EXTERNAL IRRADIATION ON EMBRYOGENESIS OF THE ADRENAL GLANDS OF THE WHITE RAT

© Elena I. Levkovich, Galina V. Solntseva

Belarusian State Medical University. 220116, Republic of Belarus, Minsk, Dzerzhinskogo ave., 83

Contact information: Galina V. Solntseva — Associate Professor of the Department of Normal Anatomy.

E-mail: lady.solnceva@yandex.ru

Received: 08.10.2021**Revised:** 25.11.2021**Accepted:** 24.12.2021

ABSTRACT: *Purpose* — to establish the regularities of the development of the adrenal glands of embryos of the white rat in normal conditions and under the influence of external irradiation. *Materials and methods.* The development of the adrenal glands of the embryos of the white rat

was researched from 12 to 22 days of embryogenesis. We used specimens of white rat embryos from 8 mm CRL to 40 mm CRL from the embryological collection of the Department of Normal Anatomy of the Belarusian State Medical University in the amount of 29 series of embryo sections. 14 series belong to normal embryos, 9 series were irradiated on days 12–13 and 6 series were irradiated on days 15–16. Normally, the anlage of the adrenal glands of the white rat appears on the 12th day of embryogenesis (8 mm CRL). Sinusoids are formed on the 13th day (9 mm CRL). On the 14th day (10 mm CRL), sympathoblasts appear around the organ, inside the gland they were found on the 15th day (12 mm CRL). At the same time, a thin-walled capsule is formed, the cortex is divided into definitive and fetal zones. In an embryo of 17 days of development (18 mm CRL), medullar balls in the center of the adrenal gland are observable. On the 21st day of embryogenesis (36 mm CRL), the adrenal gland is practically formed, has developed structural elements. When the radiation is exposed on the 12–13th day, there is a significant inhibition of the growth and development of the organ. Sinusoids are characterized by a narrow lumen, especially at the periphery. The adrenal gland is completely surrounded by a capsule only on the 16th day, there we can see isolated sympathoblasts. Medullar balls are formed on the 18th day. There are all structural elements in the gland by 21–22 days. However, in comparison with the norm, the gland is underdeveloped. In the adrenal gland irradiated on the 15–16th day, structural changes are less pronounced. By the 22nd day, the organ is comparable in its rate of development with the non-irradiated one. In the development of the adrenal glands of the embryo of the white rat, the following stages can be distinguished: 1) the stage of organ initiation and the beginning of the invasion of sympathoblasts; 2) the formation of medullar balls; 3) the final differentiation of cells and the formation of the basic structures of the adrenal gland. External irradiation at the time of organ laying (12–13 days) causes a delay in the onset of stages 2 and 3, which leads to the underdevelopment of the organ by the time of birth. A later exposure to radiation (15–16 days) leads to less pronounced morphological changes.

KEY WORDS: adrenal glands; embryogenesis; white rat; irradiation.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной задачей современной науки является исследование функциональных и адаптационных возможностей надпочечников эмбрионов в изменяющихся условиях существования. На сегодняшний день проведено множество исследований влияния облучения на формирование как нового организма в целом, так и структурных элементов надпочечников в частности. Однако многие представления о взаимосвязях и взаимозависимости между процессами дифференцировки в стро-ме, сосудистом русле, зонах коры, кортикоци-тах при воздействии внешнего излучения все еще остаются противоречивыми [1].

Известно, что в критические периоды зародыши обладают повышенной чувствительностью к внешним факторам, так как они совпадают со временем образования зачатков органов и усилением их дифференцировки [3]. Нарушение адаптации организма плода в критические периоды является причиной врожденных пороков развития и предрасположенности к заболеваниям после рождения. Повреждающий эффект происходит в связи с нарушением обмена веществ. Морфологические изменения в надпочечных железах связаны с непосред-

ственным воздействием облучения на орган, а также с нейроэндокринными изменениями материнского организма [5]. Повышенная неспецифическая чувствительность структурных элементов зародышей в критический период является общей биологической закономерностью развития [6]. Аномалии развития плода, вызываемые облучением, экспериментально удается воспроизвести при облучении эмбрионов крысы на сравнимых стадиях развития. Сопоставляя этапы формирования структур в двух периодах беременности (человека и крысы), можно сравнить развитие аномалий у эмбрионов [2]. И хотя скорости развития эмбриона крысы и человека различаются с возрастом, особенно после 14-х суток, однако средний коэффициент приведения между ними равен приблизительно 13 [4]. И поэтому соотношение результатов облучения зародышей крысы и эффектов у плода с большой долей вероятности будет верным, что и позволяет получить информацию о специфической чувствительности к излучению отдельных органов человека.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установить закономерности развития надпочечников зародышей белой крысы в норме и при внешнем облучении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучено развитие надпочечных желез зародышей белой крысы с 12-х по 22-е сутки эмбриогенеза. Материалом послужили препараты эмбрионов белой крысы от 8 мм ТКД до 40 мм ТКД из эмбриологической коллекции кафедры нормальной анатомии БГМУ в количестве 29 серий сагиттальных и фронтальных срезов эмбрионов, из которых 14 серий принадлежат нормальным зародышам, 9 — облученным на 12–13-е сутки, 6 — облученным на 15–16-е сутки. Использован световой микроскоп МИКМЕД-5 (увеличение $\times 28$, $\times 80$, $\times 400$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Впервые закладка надпочечника у зародыша белой крысы обнаруживается на 12-й день внутриутробного развития (8 мм ТКД). На фронтальном срезе заметны симметрично расположенные скопления, контрастирующие с окружающими тканями (длина 0,1 мм, ширина 0,1 мм). Мезотелиальные клетки гомогенно окрашены в темно-коричневый цвет, имеют правильную округлую форму, их размеры примерно одинаковы. В скоплении клеточные элементы лежат плотнее к центру и более рассеянно по периферии.

У зародыша на 13-е сутки (9 мм ТКД) на сагиттальном срезе надпочечник имеет форму вытянутой капли (длина 0,3 мм, ширина 0,1 мм). Клетки, образующие орган, расположены плотнее, чем в окружающих тканях, однако между ними содержатся небольшие пространства (формирующиеся капилляры). Они имеют округлую или овальную форму, окрашены равномерно, в некоторых можно рассмотреть участки более интенсивной окраски — ядро клетки. Судя по фронтальному срезу зародыша, надпочечная железа плотно сращена с окружающими ее тканями.

При воздействии на эмбрион внешнего облучения на 12-е сутки внутриутробного развития на 13-е сутки размер надпочечных желез остался прежним (длина 0,3 мм, ширина 0,1 мм). Форма органа также не изменилась. При рассмотрении на большом увеличении микроскопа видны расширенные синусоиды. Сами клетки все так же расположены тесными скоплениями. Окраска зачастую неравномерна, периферия клетки имеет интенсивный цвет, в то время как центр остается слабо окрашенным или вовсе не окрашен.

Надпочечник зародыша белой крысы на 14-й день эмбриогенеза (10 мм ТКД) плотно прилежит к почке, слегка приплюснут в месте прилегания. Края четкие и ровные (длина 0,4 мм, ширина 0,3 мм). Железа интенсивно окрашена, однако в ней различимы синусоидные пространства, широкие в центре и более узкие на периферии.

При облучении эмбриона на 13-е сутки на 14-е сутки размер надпочечных желез меньше аналогичных органов необлученного животного (длина 0,3 мм, ширина 0,2 мм). Надпочечник имеет форму капли, плотно сращен с почкой, края неровные, но гладкие. Внутри железы расположены синусоиды, в основном с очень узким просветом, но встречаются единичные крупные. Из-за малого диаметра синусоидов группы клеток практически сливаются, так что ткань выглядит почти однородной. Составляющие орган клетки неравномерно окрашены.

При нормальном развитии зародыша на 15-й день (12 мм ТКД) надпочечник имеет форму пирамиды с закругленными ровными краями (длина 0,5 мм, ширина 0,5 мм). Появляется тонкая капсула, состоящая из нескольких слоев клеток, она имеет менее насыщенную окраску по сравнению с остальным органом. Наружная часть органа окрашена в темно-коричневый цвет и представляет собой дефинитивную кору, внутри расположена совокупность клеток с менее интенсивной окраской — фетальная кора. Синусоиды хорошо выражены и различимы даже под капсулой, но по сравнению с центральной венной имеют меньший просвет. Вне органа заметны симпатобласты.

В облученном на 12-е сутки органе при рассмотрении на 15-й день сразу заметно различие в размере формирующегося надпочечника (длина 0,4 мм, ширина 0,3 мм). По форме орган овальный, окружен интенсивно окрашенной капсулой, однако не на всем протяжении. Многие синусоиды в отличие от нормы округляются, расширяются в глубине надпочечника и ближе к краю. Одиночные симпатобласты располагаются в органе, однако их намного меньше, чем в норме.

При исследовании зародыша на 16-й день эмбриогенеза (15 мм ТКД) видно, что надпочечник имеет овальную форму, лежит свободно по отношению к окружающим тканям, неплотно прилегает к почке. Капсула довольно толстая, полностью окружает орган и представляет собой рыхлое скопление клеток, окрашенных светлее по отношению к остальной

ткани железы. Размер органа на сагиттальном срезе — 0,6 мм длина, 0,5 мм ширина.

У облученного на 13-е сутки зародыша белой крысы на 16-е сутки в надпочечниках наблюдается уменьшение размеров органа по сравнению с нормальным эмбрионом (0,4 мм в длину, 0,2 мм в ширину), уменьшение количества и просвета синусоидов. Клетки по сравнению с нормой лежат свободнее. Симпатических элементов внутри органа практически не наблюдается.

При рассмотрении на 16-е сутки эмбриогенеза надпочечной железы, подвергнутой на 15-е сутки внешнему облучению, можно отметить, что размер железы немного меньше нормы, но больше, чем в органе, облученном на 13-е сутки (длина 0,5 мм, ширина 0,4 мм). Также по сравнению с органом, облученным на более раннем сроке, довольно хорошо развиты синусоиды. Они имеют достаточно разветвленную сеть, выражена центральная вена. Заметны симпатогонии внутри надпочечной железы. Судя по количеству, скорость их вселения выше, чем при облучении на 13-й день эмбриогенеза, и сопоставима со скоростью в нормальном органе.

Надпочечник на 17-е сутки эмбриогенеза (18 мм ТКД) имеет форму капли, приплюснен со стороны прилегания к почке (размеры — 0,8 мм длина, 0,8 мм ширина). Хорошо различима капсула надпочечника, состоящая из нескольких слоев клеток, расположенных более рыхло, чем в остальном органе. Развиты синусоиды, они пронизывают толщу всей железы.

Облученная на 13-е сутки надпочечная железа на 17-е сутки внутриутробного развития представляет собой округлое образование (0,6 мм длина, 0,5 мм ширина). Синусоидные пространства в малом количестве. Они тонкие, в некоторых областях надпочечника практически незаметны. Надпочечник сращен с окружающими тканями.

Облученный на 15-е сутки надпочечник зародыша белой крысы на 17-й день эмбрионального развития имеет форму пирамиды с четкими ровными краями. Хорошо выделяется капсула органа, она плотная, состоит из нескольких клеточных слоев. Внутри надпочечника адренокортикоциты расположены рассеянно. Синусоиды развиты намного лучше, чем в органе, облученном на 13-е сутки. В них заметны темно окрашенные симпатобласты, чего практически не наблюдалось при более раннем облучении.

На 18-е сутки (24 мм ТКД) внутриутробного развития надпочечник зародыша белой

крысы имеет форму пирамиды с закругленными углами и уплощенным основанием, прилежащим к верхнему полюсу почки. На данном этапе длина составляет 1 мм, а ширина — 0,8 мм. В органе хорошо различима центральная вена и сеть отходящих от нее синусоидов. В центре органа в полости центральной вены можно заметить небольшие скопления симпатобластов — мозговые шары. Зачатки мозгового вещества в виде симпатогоний также диффузно рассредоточены в толще органа и на его периферии. Корковое вещество представлено плотными скоплениями однородно окрашенных адренокортикоцитов. Капсула плотно прилегает ко всей поверхности органа, она интенсивнее окрашена. Сам надпочечник свободно лежит среди окружающих тканей, не соединен с ними, но прилегает к соседствующим органам.

При облучении надпочечника на 13-е сутки эмбриогенеза на 18-е сутки заметно отставание органа в росте по сравнению с нормально развивающейся железой (длина 0,7 мм, ширина 0,5 мм). Надпочечная железа интенсивно окрашена. Кортикоциты образуют друг с другом скопления, разделенные выраженной сетью синусоидов.

При воздействии внешнего облучения на надпочечник зародыша белой крысы на 15-е сутки к 18-м суткам орган будет 0,8 мм в длину и 0,5 мм в ширину. По форме напоминает остроконечную пирамиду и неплотно прилегает к почке. Капсула имеет неровный край, состоит из нескольких слоев клеток. В целом по сравнению с железой, подвергшейся облучению на более раннем сроке, орган развивается быстрее, его показатели ближе к нормальным значениям, несмотря на отставание в развитии в обоих органах.

Надпочечная железа у зародыша 19 дней (25 мм ТКД) имеет форму капли, размер составляет 1 мм в длину и 0,9 мм в ширину. Выделяются тонкий слой капсулы, ограничивающий надпочечник со всех сторон, клетки дефинитивной коры с более насыщенной окраской, а также небольшие мозговые шары, располагающиеся как в центре железы, так и ближе к периферии, имеющие темный коричнево-фиолетовый цвет. Встречаются и одиночные симпатические элементы. Синусоидные пространства густой сетью пронизывают всю ткань и разделяют группы адренокортикоцитов.

У облученной на 13-е сутки надпочечной железы к 19-му дню эмбриогенеза проявляются следующие изменения. Размер органа

составляет 0,8 мм в длину и 0,7 мм в ширину, орган отстает в росте. Клетки, составляющие ткань надпочечной железы, имеют вид пузырьков. Синусоиды истончены, поэтому группы аденокортикоцитов плохо отграничены друг от друга.

При облучении надпочечной железы на 16-е сутки на 19-й день эмбриогенеза орган мало отличается от нормального в это же время. Надпочечник имеет форму пирамиды с закругленными углами, его края ровные, покрыты капсулой из нескольких слоев клеток и окружающего его межклеточного вещества. По размерам железа практически соответствует норме: 1 мм в длину и 0,9 мм в ширину. Интенсивно развивается мозговое вещество. В центре органа заметно большое количество мозговых шаров и отдельных симпатических элементов.

На 20-й день эмбриогенеза (32 мм ТКД) на фронтальном срезе примечательно интенсивно развивающееся мозговое вещество в виде скоплений мозговых шаров. Они выделяются за счет более темной окраски на фоне окружающих кортикоцитов. Размер органа не изменяется по сравнению с предыдущими сутками и составляет 1 мм в длину и 0,8 мм в ширину.

У облученного на 12-е сутки надпочечника зародыша белой крысы на 20-й день внутриутробного развития наблюдается задержка в росте по сравнению с нормой (длина 0,8 мм, ширина 0,6 мм). В целом орган имеет округлую форму, в нем содержатся все морфологические структуры, что и в норме, однако стоит отметить более мелкие размеры аденокортикоцитов на периферии по сравнению с центральными элементами. Центральная вена хорошо выражена. Синусоидные пространства, находящиеся рядом с ней, практически не имеют отличий с необлученным органом. Несмотря на это, синусоиды при отдалении от середины значительно истончаются, уменьшается их количество.

При облучении органа на 15-е сутки эмбриогенеза на 20-й день надпочечник имеет пирамидальную форму с уплощенным основанием, прилежащим к верхней части почки. Орган имеет ровные края за счет плотного прилегания капсулы к наружной поверхности. Скопления клеток разделены внутри надпочечной железы несколькими крупными синусоидами и множеством мелких.

На 21-й день эмбриогенеза (36 мм ТКД) надпочечник представляет собой практически сформировавшийся орган с хорошо развиты-

ми структурными элементами. Размер органа составляет 1 мм в длину и 1 мм в ширину, практически не изменяется в течение последних дней внутриутробного развития. Надпочечная железа обладает хорошо выраженной капсулой. Аденокортикоциты разделены множеством синусоидов, которые соединяются в центральную вену. Она окружена крупными скоплениями мозговых шаров, образующих мозговое вещество. Ближе к краю надпочечника симпатические элементы лежат более рассеянно и представляют собой одиночные клетки.

У облученного на 12-е сутки надпочечника на 21-й день развития замечены следующие изменения. Надпочечник поврежденного излучением зародыша отстает в росте и развитии, его размер составляет 0,9 мм в длину и 0,8 мм в ширину, что значительно отличается от нормы. Видна также менее густая сеть синусоидов у облученного органа, лежащие в них мозговые шары крупных скоплений не образуют, преобладает множество мелких. Капсула железы тоньше при сравнении с нормой, клетки неплотно прилегают друг к другу.

При облучении надпочечной железы на 15-е сутки эмбриогенеза на 21-й день орган плотно прилегает к почке, заметна толстая капсула из множества клеточных слоев вокруг всего органа. Размеры 1 мм в длину и 0,9 мм в ширину практически сопоставимы с нормальным органом. По сравнению с нормой количество синусоидов ниже, их просвет уже, однако они более развиты, чем у надпочечника, облученного на 12-е сутки эмбриогенеза. В центральной части железы заметно несколько особо крупных симпатических скоплений.

Надпочечные железы зародыша белой крысы на 22-е сутки эмбриогенеза (40 мм ТКД) уже готовы к активному функционированию после рождения. Орган полностью сформирован, имеет пирамидальную форму с закругленными углами. Размер надпочечной железы составляет 1,1 мм в длину и 1 мм в ширину, практически не изменяется в последние дни эмбриогенеза крысы.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в развитии надпочечных желез зародыша белой крысы можно выделить следующие стадии: 1) стадия закладки органа и начала вселения симпатобластов (12–14-е сутки); 2) образование мозговых шаров (15–17-е сутки); 3) окончательная дифференцировка клеток и формирование основных структур надпочечника (18–22-е сутки).

В норме закладка надпочечных желез белой крысы появляется на 12-е сутки внутриутробного развития (8 мм ТКД). Синусоиды, формирующие сосудистый компонент, образуются на 13-е сутки (9 мм ТКД), в это же время становится заметна и центральная вена. На 14-й день эмбриогенеза (10 мм ТКД) вокруг надпочечника появляются симпатобласты, внутри железы они уже различимы на 15-е сутки (12 мм ТКД). Одновременно с внедрением симпатобластов вокруг железы образуется тонкостенная капсула, а корковое вещество разделяется на дефинитивную и фетальную зоны. У эмбриона 17-го дня развития (18 мм ТКД) обнаружены мозговые шары в центре надпочечника, которые затем объединяются для формирования мозгового вещества. К 21–22-м суткам (36 мм ТКД — 40 мм ТКД) железа практически сформирована, ее структурные элементы готовы к активному функционированию вне материнского организма.

Внешнее облучение в момент закладки органа (12–13-е сутки) обуславливает торможение процессов развития коркового и мозгового веществ, роста органа, формирования зон и дифференцировки клеток. Более позднее облучение (15–16-е сутки) ведет к менее выраженным морфологическим изменениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артишевский А.А. Влияние внешнего облучения на развитие надпочечных желез. БГМУ. 2017; 2: 19–23.
2. Лобко П.И., Кабак С.Л., Аниськова Е.П. и др. Тератогенное влияние рентгеновского облучения на зародышей животных. Арх. анатомии, гистологии и эмбриологии. 1983; 82(8): 95–6.
3. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия ионизирующих излучений. М.; 1991.

4. Рубченя И.Н., Амвросьев А.П., Рогов Ю.И. и др. Морфофункциональное состояние коры надпочечников плодов крыс после облучения в период эмбриогенеза. Здравоохранение. 2002; 11: 7–9.
5. Трубечкова Н.О. Развитие мозгового вещества надпочечников плодов белой крысы в норме и после демедуляции их у беременной самки. Дис. ... канд. мед. наук: Минск; 1991.
6. Ярмоненко С.П., Вайнсон А.А. Радиобиология человека и животных. М.: Высш. шк.; 2004.

REFERENCES

1. Artishevskiy A.A. Vliyaniye vneshnego oblucheniya na razvitiye nadpochechnykh zhelozy. [The influence of external radiation on the development of the adrenal glands]. BGMU. 2017; 2: 19–23. (in Russian)
2. Lobko P.I., Kabak S.L., Anis'kova Ye.P. i dr. Teratogennoye vliyaniye rentgenovskogo oblucheniya na zarodyshey zhivotnykh. [Teratogenic effects of X-ray irradiation on animal embryos]. Arkh. anatomii, gistologii i embriologii. 1983; 82(8): 95–6. (in Russian)
3. Moskalev Yu.I. Otdalennyye posledstviya ioniziruyushchikh izlucheni. [Long-term effects of ionizing radiation]. M.; 1991. (in Russian)
4. Rubchenya I.N., Amvros'yev A.P., Rogov Yu.I. i dr. Morfofunktsional'noye sostoyaniye kory nadpochechnikov plodov krysy posle oblucheniya v period embriogeneza. [Morphofunctional state of the adrenal cortex of rat fetuses after irradiation during embryogenesis]. Zdravookhraneniye. 2002; 11: 7–9. (in Russian)
5. Trubechkova N.O. Razvitiye mozgovogo veshchestva nadpochechnikov plodov beloy krysy v norme i posle demedullyatsii ikh u beremennoy samki. [Development of the adrenal medulla of the fetuses of the white rat in normal conditions and after their demedullation in a pregnant female]. Dis. ... kand. med. nauk: Minsk; 1991. (in Russian)
6. Yarmonenko S.P., Vaynson A.A. Radiobiologiya cheloveka i zhivotnykh. [Radiobiology of humans and animals]. Moskva: Vyssh. shk.; 2004. (in Russian)