

ГІГІЄНА І ЕКОЛОГІЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013
*Ю.И. Бандажевский¹, Н.Ф. Дубова²,
В.В. Швартау³, І.П. Козярин²*

Процессы антенатального и постнатального развития сирийских хомячков в условиях воздействия радиационно-химического фактора в составе пищевого продукта – зерна овса, выращенного на территории пострадавшей от аварии на ЧАЭС

¹Координационный аналитический центр «Экология и здоровье»,
пгт. Иванков,

²Национальная медицинская академия последипломного
образования имени П.Л. Шупика, г. Киев,

³Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, г. Киев

Вступление. Спустя 25 лет после аварии на ЧАЭС, остается открытым вопрос о возможности получения на пострадавшей территории сельскохозяйственной продукции, безопасной для здоровья людей. В этой связи, целесообразным является проведение экспериментальных исследований на лабораторных животных с последующей экстраполяцией полученных результатов на человека.

Цель. Изучение процессов антенатального и постнатального развития лабораторных животных – сирийских хомячков в условиях воздействия радиационно-химического фактора в составе пищевого продукта – зерна овса, выращенного на территории, пострадавшей от аварии на ЧАЭС.

Методы. Физиологический, морфологический (эмбриологический), гематологический, биохимический, радиометрический, физико-химический, математико-статистические.

Результаты. Установлено то, что зерно овса, выращенное в 2011 году, на территории, пострадавшей от аварии на Чернобыльской атомной электростанции, содержит, в сравнении с контролем, повышенные количества радионуклидов Cs-137 и Sr-90, а также, химических элементов Ba, Sr, Mn (в 2 и более раз). Выявлены существенные нарушения процессов антенатального и постнатального развития потомства сирийских хомячков, употреблявших в пищу указанное зерно, в период беременности и лактации. Прерывание течения беременности на доимплантационной стадии констатировано в 43,3 % всех случаев оплодотворения (в контрольной группе – в 23,8 % случаев). В 41,2% случаев беременности зарегистрированы зародыши с врожденными пороками развития, в виде расщелины верхней губы и твердого неба, черепно-мозговой грыжи, экзенцефалии (в контрольной группе - в 12,5% случаев беременности ($p < 0,05$)). Установлено статистически достоверное уменьшение числа эритроцитов, снижение содержания гемоглобина, увеличение относительного числа эозинофилов и повышенное содержание мочевины в сыворотке крови у детенышей

основной группы по сравнению с контролем, что указывает на возникновение структурно-функциональных изменений со стороны жизненно важных органов исследуемых животных.

Выводы. Полученные результаты обращают внимание на необходимость оценки роли радиационно-химического фактора, присутствующего в почве территорий, пострадавших от аварии на ЧАЭС, в репродуктивных потерях человека.

Ключевые слова: радиационно-химический фактор, сирийские хомячки, антенатальное развитие, постнатальное развитие, радиоактивно загрязненные территории, авария на ЧАЭС.

ВВЕДЕНИЕ

Спустя 25 лет после аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) площадь территории, отнесенной к зонам загрязнения радиоактивными элементами, составляет только в Украине 53,5 тыс. км² [1]. Кроме радиоактивных элементов, почвы пострадавших районов, отличались, в первые годы, после аварии на Чернобыльской атомной электростанции, по сравнению с доаварийным периодом, повышенным содержанием ряда химических элементов [2]. В связи с этим, остается открытым вопрос о возможности проживания на ней людей, а также получения сельскохозяйственной продукции, безопасной для здоровья человека. Для оценки степени качества продуктов питания, производимых на данной территории, могут быть использованы лабораторные животные, с последующей экстраполяцией полученных результатов на человека.

Целью настоящей работы явилось изучение процессов антенатального и постнатального развития лабораторных животных – сирийских хомячков (*Mesocricetus auratus*) в условиях воздействия радиационно-химического фактора в составе пищевого продукта – зерна овса, выращенного на территории, пострадавшей от аварии на ЧАЭС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе проведенных экспериментальных исследований использовалось зерно овса, выращенное на территории Иванковского района Киевской области Украины в 2011 году, официально признанного пострадавшим от аварии на ЧАЭС в 1986 году (зерно № 1). В качестве контроля было использовано зерно овса, выращенное в 2011 году на радиоактивно незагрязненной территории (зерно № 2).

Зерно овса № 1 и № 2 было подвергнуто анализу на содержание радиоактивных элементов Cs-137 и Sr-90 с помощью спектрометра энергий бета-излучения СЕБ 01-150 «АКП-С». Состав химических элементов в зерне определялся методом ИСП-спектрометрии на эмиссионном спектрометре ICAP6300 Duo МЕС (США) после предварительного измельчения зерен на мельнице, с последующим их сжиганием в азотной кислоте с помощью микроволновой подготовки проб Multiwave 3000 фирмы Anton Paar (Австрия).

В экспериментах использованы половозрелые самки сирийского хомячка с массой тела 70-100 граммов. Данные животные выбраны в связи с коротким сроком беременности (16 суток) и четко выраженным эстральным циклом.

Самок сирийского хомячка, с целью оплодотворения, подсаживали к самцам в период охоты (наличие характерной стойки). Срок оплодотворения определялся по наличию влажной пробки.

При изучении процессов антенатального развития, самки сирийского хомячка, входящие в основную группу (30 животных), получали после оплодотворения, на протяжении всего периода беременности, в составе стандартного рациона питания [3], зерно овса № 1 (20 граммов в сутки на каждое животное).

Самки сирийского хомячка, составившие контрольную группу (21 животное), после оплодотворения содержались на стандартном рационе питания [3], в состав которого входило зерно овса № 2 (20 граммов в сутки на каждое животное).

Изучение состояния репродуктивных органов животных обеих групп производилось на 15-й день беременности, за день до предполагаемых родов. При этом, подсчитывалось число желтых тел в яичниках, мест имплантации в матке, количество живых и погибших зародышей. Рассчитывались показатели предимплантационной и постимплантационной гибели зародышей. Определялась масса зародышей и плацент. Массу плаценты оценивали по отношению к массе плода в виде плацентарно-плодового коэффициента. После внешнего осмотра под бинокулярной лупой, с целью выявления видимых врожденных пороков развития, одна часть зародышей помещалась в смесь Буэна, другая - в 96° этиловый спирт.

Зародыши, фиксированные в смеси Буэна, подвергались исследованию по методу Вильсона-Дыбана [4], с целью выявления врожденных пороков развития внутренних органов и головного мозга.

Зародыши, фиксированные в 96° этиловом спирте, обрабатывались по методу Даусона с окраской костных скелетов ализарином красным [4], для выявления врожденных дефектов костной системы. Всего вышеуказанными методами было исследовано 88 зародышей подопытной и 87 зародышей контрольной групп.

В ходе эксперимента по изучению процессов постнатального развития, самки основной группы после спаривания, в течение всего периода беременности и лактации (20 дней после родов), содержались на стандартном рационе питания, включающем зерно овса № 1, самки контрольной группы в течение аналогичного периода - на стандартном рационе питания, включающем зерно овса № 2.

Для получения потомства в обеих группах отбирались самки, имеющие на 15-й день после спаривания с самцами, явные признаки беременности (округлое брюшко, выделяющиеся молочные железы, значительное увеличение массы тела, по сравнению с исходным состоянием). Основная группа составила 11 животных, контрольная - 9.

В ходе исследований проводился наружный осмотр родившихся живых и погибших детенышей с целью выявления у них врожденных пороков развития. На 10, 20 и 30-й дни постнатального развития регистрировалось количество живых детенышей и определялась масса их тела. Наблюдение за развитием животных обеих групп производилось в течение 1,5 месяцев после рождения. В случае гибели детенышей осуществлялось макроскопическое исследование их внутренних органов.

У 10 детенышей из основной и 10 детенышей из контрольной групп в возрасте 1,5 месяцев осуществлялось определение скорости оседания

эритроцитов (СОЭ), содержания гемоглобина, количества эритроцитов и лейкоцитов (абсолютного количества и форменных элементов). В сыворотке крови у 10 детенышей из основной и 10 основной из контрольной групп определяли содержание мочевины, креатинина, общего белка, глюкозы, активность аланинаминотрансферазы (АЛТ), аспартатаминотрансферазы (АСТ) с использованием анализатора 19 XX Manual Chemistry Analyzer (Model 1904), произведенного фирмой Awareness Technology Inc., США.

Всего было подвергнуто изучению 69 детенышей основной и 69 детенышей контрольной групп.

Математическая обработка и статистический анализ результатов исследования проведены с использованием таблиц Microsoft Excel 2010 и пакета прикладных программ STATGRAPHICS 8.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Радиометрическое исследование показало повышенное содержание радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в пробе зерна овса № 1, в сравнении с пробой зерна овса № 2 (для Cs-137 соответственно 49,8 Бк/кг и 12,6 Бк/кг, для Sr-90 соответственно 17,2 Бк/кг и 13,5 Бк/кг).

Проведенный спектрометрический анализ пробы зерна овса № 1 показал существенное превышение, по сравнению с зерном овса № 2, уровня содержания бария (Ba), стронция (Sr) и марганца (Mn) – соответственно в 1,93, 1,96 и в 2,06 раз.

При изучении течения беременности, обнаружено отсутствие зародышей в матке на 15-й день предполагаемой беременности у 13 из 30 оплодотворенных самок основной группы (43,3 %), тогда как в контрольной группе зародыши отсутствовали у 5 из 21 оплодотворенного животного (23,8 %).

Значения показателей предимплантационной и постимплантационной гибели зародышей, средней массы тела самок и плодов, плацентарно-плодового коэффициента, в случаях беременности, в основной и контрольной группах, не имели достоверных различий.

Не было установлено достоверных различий в частоте случаев гибели всех зародышей основной и контрольной групп после имплантации их в слизистую матки. Однако, в основной группе наблюдалось меньшее, по сравнению с контрольной группой, число случаев беременности с наличием всех физиологически развитых зародышей. Это связано с тем, что в основной группе, при наружном осмотре, в 7 из 17 случаев беременности (41,2±12,3 %) у 19 зародышей были выявлены врожденные пороки развития, тогда как, в контрольной группе врожденные пороки развития зарегистрированы у 2-х зародышей в 2-х из 16 случаев беременности (12,5±8,5 %, $p < 0,05$).

Врожденные пороки развития были представлены расщелиной верхней губы и твердого неба, черепно-мозговой грыжей, экзенцефалией. Со стороны внутренних органов и головного мозга зародышей обеих групп не было выявлено значимых патологических изменений. Патология костной системы в виде сращения ребер была обнаружена у 2-х из 38 исследованных зародышей основной группы (5,26 %), при отсутствии в контрольной группе (36 исследованных зародышей).

Проведенное исследование выявило наличие выраженного тератогенного эффекта от употребления беременными животными в пищу

зерна овса, выращенного на территории, пострадавшей от аварии на ЧАЭС. Обнаруженные пороки развития относятся к группе мультифакториальных врожденных пороков, возникающих в популяции человека и животных при наличии генетической предрасположенности и воздействия внешнесредового фактора [5]. В настоящее время пороки данной группы преобладают в структуре врожденной патологии человека [6].

В популяции сирийских хомячков, использованных в работе, существует предрасположенность к возникновению врожденных пороков развития, о чем свидетельствуют 2 случая возникновения указанных пороков в контрольной группе.

В качестве внешнесредового фактора, оказывающего эмбриотропное действие, и провоцирующего реализацию генетических дефектов в виде врожденных пороков развития, можно рассматривать, прежде всего, радионуклиды Cs-137 [7], а также химический элемент Ва [8], содержащиеся, в сравнении с контролем, в повышенном количестве в зерне овса, потребляемом в пищу беременными животными. Не следует исключать и эмбриотропное действие маргаца (Mn). Можно предположить, что совместное действие указанных элементов негативно сказывается на внутриутробном развитии зародышей, даже при их, относительно небольших количествах, в организме.

Врожденные пороки развития, а именно, расщелина верхней губы и/или неба, обнаруженные у лабораторных животных, с определенным постоянством встречаются в популяции человека [9]. В литературе имеются сведения об увеличении риска рождения детей с расщелиной твердого неба, женщинами, которые проживали на территории, загрязненной радиоактивными элементами вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции, и получили дозу общего радиоактивного облучения больше 5 мЗв [9].

В телах плодов человека, с гестационным сроком 15-25 недель, абортированных в г. Гомеле по медико-генетическим показаниям, в связи с выявленными в период беременности врожденными пороками развития центральной нервной системы, в том числе, анэнцефалией и экзенцефалией в сочетании с расщелиной верхней губы и черепно-мозговой грыжей, обнаружены значительные количества радионуклидов Cs-137 [10].

При изучении постнатального развития сирийских хомячков не было выявлено различий между основной и контрольной группами в количестве новорожденных детенышей, приходящихся в среднем на одну самку, массе их тела на протяжении месяца после рождения. Не обнаружено выраженных различий в количестве погибших детенышей между группами. Однако, у потомства 6 из 11 самок основной группы (54,6 %) наблюдались выраженные структурно-функциональные нарушения в виде:

- врожденных пороков развития (расщелины верхней губы и неба, дефект черепа, отсутствие селезенки),
- резко выраженной гипоплазии и гипотрофии, с отсутствием шерстного покрова,
- специфической поведенческой реакции на внешнее воздействие в виде повторяющихся круговых движений туловища. В контрольной группе указанные нарушения отсутствовали.

У детенышей основной группы на 45-й день постнатального развития обнаружено уменьшение, по сравнению с контрольной группой, числа эритроцитов и снижение содержания гемоглобина в крови, увеличение относительного числа эозинофилов (табл.). В сыворотке крови детенышей основной группы, в сравнении с контрольной группой, наблюдалось повышенное содержание мочевины, соответственно $8,73 \pm 0,88$ и $5,43 \pm 0,75$ ммоль/л ($p < 0,01$).

Таблица

Гематологические показатели у животных основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа (n = 10)	Контрольная группа (n = 10)
Эритроциты, млн./мкл	$5,73 \pm 0,28^*$	$7,28 \pm 0,28$
Гемоглобин, г/л	$125,1 \pm 6,91^*$	$158,9 \pm 4,13$
СОЭ, мм/час	$1,70 \pm 0,30$	$1,80 \pm 0,30$
Лейкоциты, тыс./мкл	$6,48 \pm 0,63$	$7,19 \pm 1,17$
Эозинофилы, %	$0,80 \pm 0,13^*$	$0,20 \pm 0,13$
Базофилы, %	$0,10 \pm 0,10$	$0,40 \pm 0,16$
Нейтрофилы сегментоядерные, %	$28,80 \pm 3,31$	$28,60 \pm 2,53$
Моноциты, %	$5,00 \pm 0,56$	$8,60 \pm 2,16$
Лимфоциты, %	$65,20 \pm 3,06$	$62,20 \pm 4,46$

*Примечание: * - статистически достоверные различия ($p < 0,05$) в сравнении с соответствующим показателем у животных контрольной группы.*

Значения других изученных показателей в основной и контрольной группах не имели достоверных различий.

Таким образом, в ходе данного исследования выявлены существенные нарушения постнатального развития детенышей сирийских хомячков, полученных от матерей, употреблявших в пищу, в период беременности и лактации, зерно овса, выращенное на территории, пострадавшей от аварии на Чернобыльской атомной электростанции.

Обращает на себя внимание уменьшение количества эритроцитов и содержания гемоглобина в крови, свидетельствующее о подавлении пролиферативных процессов в системе гемопоэза. Не исключено, что это связано со снижением регуляторных механизмов, в частности, уменьшением продукции клетками почек эритропоэтина. О нарушении функционирования почек свидетельствует повышенный, в сравнении с контролем, уровень мочевины в сыворотке крови, при отсутствии различий значений других показателей белкового обмена (общего белка и креатинина), а также ферментов АЛТ и АСТ, иллюстрирующих выраженность катаболических процессов в жизненно важных органах.

Полученные результаты согласуются с результатами клинико-экспериментальных исследований Гомельского государственного медицинского университета, проведенных в 90-х годах XX-го столетия.

Таким образом, в ходе проведенного исследования выявлено нарушение процессов антенатального и постнатального развития лабораторных животных – сирийских хомячков, в условиях воздействия радиационно-химического фактора, в составе пищевого продукта - зерна овса, выращенного на территории, пострадавшей от аварии на ЧАЭС.

ВЫВОДЫ

- Зерно овса, выращенное в 2011 году, на территории, пострадавшей от аварии на Чернобыльской атомной электростанции, содержит, в сравнении с контролем, повышенные количества радиоактивных и химических элементов.
- Употребление в пищу указанного зерна овса лабораторными животными – сирийскими хомячками, в период их беременности и лактации, способствовало возникновению у потомства врожденных пороков развития и структурно-функциональных изменений со стороны жизненно важных органов.
- Полученные результаты позволяют ставить вопрос о необходимости проведения углубленных исследований влияния радиационно-химического фактора, присутствующего в почве территорий, пострадавших от аварии на Чернобыльской атомной электростанции, на репродуктивные процессы человека.

Литература

1. Atlas. Ukraine. Radioactive Contamination. Developed by Intelligence Systems GEO, Ltd. on the order of the Ministry of Emergencies of Ukraine. K. 2011.
2. Еколого-радіологічний та гігієнічний стан об'єктів навколишнього середовища територій Київської області: інформаційно-довідкові матеріали. К. 2001.
3. Лоскутова, З.Ф. Виварий. М.: Медицина. 1980.
4. Дыбан А.П., Баранов В.С., Акимова И.М. Основные методические подходы к тестированию тератогенной активности химических веществ. Архив анатомии. 1970, 59 (10): 89-100.
5. Лазюк Г.И., Иванов В.И., Толарова и М. др. Генетика врожденных пороков развития. Перспективы медицинской генетики: под ред. И.П. Бочкова. М.: Медицина. 1982: 187-240.
6. Бочков Н.П., Рослова Т.А., Якушина И.И. Медико-генетическое консультирование по поводу мутагенных и тератогенных воздействий. Мед. генетика. 2009, 8, 1 (79): 3-8.
7. Bandajevski Y.I., Dubovaya N.F. Les consequences de Tchernobyl sur la natalite. Cesium radioactif et processus de reproduction. Gap.: Ed. Yves Michel. 2012.
8. Tarasenko N.Yu., Pronin O.A., Silayev A.A. Barium compounds as industrial poisons (an experimental study). Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology. 1977, 21 (4): 361-373.
9. Тимченко О.І., Приходько Т.А., Линчак О.В. та інш. Генофонд і здоров'я: поширеність і чинники ризику виникнення щілини губи і/або піднебіння. К.: Медінформ. 2008.
10. Бандажевский Ю.И., Переплетчиков А.М., Мишин А.В. Морфологическая и радиометрическая характеристика плодов, абортированных по медико-генетическим показаниям. Морфофункциональные аспекты действия радионуклидов на процессы антенатального и постнатального развития. Гомель. 1998: 28-31.

*Ю.І. Бандажевський, Н.Ф. Дубова,
В.В. Швартау, І.П. Козярін*

**Процеси антенатального і постнатального розвитку
сірійських хом'ячків в умовах впливу радіаційно-
хімічного фактора у складі харчового продукту –
зерна вівса, яке вирощене на території, що
постраждала від аварії на ЧАЕС**

**Координаційний аналітичний центр «Екологія і здоров'я»,
смт. Іванков,**

**Національна медична академія післядипломної освіти
імені П.Л.Шупика, Київ,**

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, Київ

Вступ. Через 25 років після аварії на ЧАЕС, залишається відкритим питання про можливість отримання на постраждалій території сільськогосподарської продукції, безпечної для здоров'я людей. У цьому зв'язку, доцільним є проведення експериментальних досліджень на лабораторних тваринах з наступною екстраполяцією одержаних результатів на людину.

Мета. Вивчення процесів антенатального і постнатального розвитку лабораторних тварин - сірійських хом'ячків в умовах впливу радіаційно-хімічного фактора у складі харчового продукту - зерна вівса, яке вирощене на території, що постраждала від аварії на ЧАЕС.

Методи. Фізіологічний, морфологічний (ембріологічний), гематологічний, біохімічний, радіометричний, фізико-хімічний, математико-статистичні.

Результати. Встановлено те, що зерно вівса, яке вирощене у 2011 році на постраждалій від аварії на ЧАЕС території, містить, у порівнянні з контролем, підвищені кількості радіонуклідів Cs-137 і Sr-90, а також хімічних елементів Ba, Sr, Mn (у 2,0 і більше разів). Виявлені суттєві порушення процесів антенатального і постнатального розвитку у нащадків сірійських хом'ячків, які вживали в їжу зазначене зерно у період вагітності і лактації. Переривання перебігу вагітності на доімплантаційної стадії констатовано в 43,3 % усіх випадків запліднення (в контрольній групі - у 23,8 % випадків). У 41,2 % випадків вагітності зареєстровані зародки з вродженими вадами розвитку, у вигляді ущелини верхньої губи і твердого піднебіння, черепно-мозкової грижі, екзенцефалії (в контрольній групі - у 12,5 % випадків вагітності ($p < 0,05$)). Встановлено статистично значуще зменшення числа еритроцитів, зниження вмісту гемоглобіну, збільшення відносного числа еозинофілів і підвищений вміст сечовини в сироватці крові у дитинчат основної групи в порівнянні з контролем, що вказує на виникнення структурно-функціональних змін з боку життєво важливих органів досліджуваних тварин.

Висновки. Отримані результати звертають увагу на необхідність оцінки ролі радіаційно-хімічного фактора, що присутній в ґрунті територій, які постраждали від аварії на ЧАЕС, у репродуктивних втратах людини.

Ключові слова: радіаційно-хімічний фактор, сірійські хом'яки, антенатальний розвиток, постнатальний розвиток, радіоактивно забруднені території, аварія на ЧАЕС.

Y.I. Bandazhevskiy, N.F. Dubova, V.V. Shvartau, I.P. Koziarin

Processes of Antenatal and Postnatal Development in Syrian Hamsters Under Conditions of a Radiation-Chemical Factor as Part of the Food Product - Oat Grain Grown in the Area Affected by the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant

Coordinating and Analytical Centre “Ecology and Health”, Ivankov, Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Kyiv, Institute of Plant Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Introduction. 25 years after the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant the issue of growing farm products safe for human health in the affected areas remains pressing. This raises the advisability to conduct experimental studies involving laboratory animals with further extrapolation of findings to humans.

Aim. Studying processes of prenatal and postnatal development in the laboratory animals - Syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*) exposed to a radiation-chemical factor as part of a food product - oat grain grown in the area affected by the accident at the Chernobyl nuclear power plant.

Methods. Physiological, morphological (embryological), haematological, biochemical, radiometric, physico-chemical, mathematical-statistical.

Results. Oat grains grown in the affected areas in 2011 were found to contain two or more times increased Cs-137 and Sr-90 radionuclides as well as Ba, Sr, Mn compared to the control. There were identified substantial abnormalities in antenatal and postnatal development of offspring of Syrian hamsters fed on the above grains during pregnancy and lactation. Miscarriages in the pre-implantation stage were diagnosed in 43.3 % of all cases of fertilization (compared to 23.8% of cases in the control group). Fetuses with such congenital malformations as cleft lip and palate, cerebral hernia, exencephaly were registered in 41.2 % of pregnancies compared to 12.5 % in the control group ($p < 0.05$). There was found a statistically significant decrease in red blood cells, drop in hemoglobin, rise in eosinophils and elevated urea in the blood serum of baby hamsters from the main group compared to the control, which is indicative of the occurrence of structural and functional changes in vital organs of the tested animals.

Conclusion. The received results point out necessity to evaluate the contribution of the radiation-chemical factor in the reproductive losses in humans consuming foods grown in the areas affected by the Chernobyl accident.

Key words: radiation-chemical factor, Syrian hamsters, prenatal development, postnatal development, radioactively contaminated areas, accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant.