

Прохорова Є. М.,

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна*

Гапєєнко Д. Д.,

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна*

Атаманюк Н. П.,

канд. біол. наук, ст. н. с.,

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна*

Камінський О. В.,

д-р мед. наук,

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна*

Талько В. В.,

д-р мед. наук, професор,

*ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини
Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна*

СТАН ВУГЛЕВОДНОГО ОБМІНУ У НАЩАДКІВ ПЕРШОГО ТА ДРУГОГО ПОКОЛІНЬ ЩУРІВ, ЯКІ ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ІНКОРПОРОВАНОГО ¹³¹I

Опромінення значної кількості населення України внаслідок аварії на ЧАЕС призвело до негативних змін в різних системах організму батьків та зростання захворюваності дітей, народжених від опромінених батьків. Зміни включають патофізіологічні і клінічні прояви ураження у поєднанні з порушеннями вуглеводного обміну. Дослідження концентрації глюкози в крові нащадків першого та другого поколінь опромінених йодом-131 щурів та зміни маси тіла проводилося у зв'язку із численними даними клінічних спостережень щодо порушення вуглеводного обміну, зниження толерантності до глюкози, високого ризику розвитку цукрового діабету в осіб, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: щури; опромінення; йод-131; нащадки; перше покоління; друге покоління; концентрація глюкози; маса тіла.

Широке використання ядерних технологій, зокрема в енергетичній галузі, та застосування джерел іонізуючого випромінювання різного типу у промисловості, наукових та медичних закладах призводять до підвищеного негативного їх впливу на людину та довкілля. Найбільшу небезпеку потенційно становлять об'єкти ядерно-паливного комплексу у випадках виникнення на них аварій з викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) супроводжувалася викидом цілого спектру радіонуклідів, тропних до багатьох тканин організму. Основними дозоутворюючими радіонуклідами у районах, що були забруднені внаслідок аварії, були радіоізотопи цезію, стронцію, а у ранній післяаварійний період – йоду. Серед радіоізотопів йоду найнебезпечнішим для довкілля і людини є ¹³¹I. Унаслідок аварії на ЧАЕС в атмосферу потрапило близько 7–10 МКі цього радіоізотопу [1]. Довгострокові клінічні спостереження, проведені науковими співробітника-

ми ННЦРМ і аналіз даних клініко-епідеміологічного реєстру ННЦРМ (1992–2015 рр.) свідчать про високу сумарну поширеність незлоякісної ендокринної патології в більшості категорій осіб, постраждалих внаслідок аварії, що статистично вірогідно перевершує частоту у пересічного населення України, яке уникло аварійного опромінення [2; 3]. Серед порушень, викликаних впливом іонізуючої радіації, є розвиток метаболічного синдрому – складного системного порушення, з проявом клініко-метаболічних ознак (порушень жирового обміну, абдомінального ожиріння та ін.), включає патофізіологічні і клінічні прояви ураження низки систем організму у поєднанні з порушеннями вуглеводного обміну (цукровий діабет 2-го типу), що спільно призводять до погіршення якості і скорочення тривалості життя таких пацієнтів [4; 5]. Фахівцями Центру встановлені зміни в різних системах організму батьків та зростання захворюваності дітей, народжених від опромінених батьків [6; 7]. За даними спеціалістів, серед хвороб, зумовлених ендок-

ринними розладами, найпоширенішими є хвороби щитоподібної залози та цукровий діабет 2-го типу (інсулінонезалежний), для якого характерний високий рівень глюкози в крові за умов відносної недостатності інсуліну [6; 7].

Глюкоза крові є безпосереднім джерелом енергії в організмі і однією з найбільш важливих гомеостатичних констант, а її визначення є необхідним для виявлення порушень вуглеводного обміну. Оскільки в опроміненні батьків в початковий період після аварії основну роль відігравав радіоактивний йод, метою даної роботи було дослідити в експериментах на щурах вплив опромінення батьків йодом-131 на вміст глюкози в крові нащадків 1-го та 2-го поколінь та на зміни їх маси. Дослідження вмісту глюкози в крові нащадків першого та другого поколінь опромінених щурів проводилося у зв'язку із даними клінічних спостережень щодо порушення вуглеводного обміну, зниження толерантності до глюкози, високого ризику розвитку цукрового діабету в осіб, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання [8].

Експериментальні дослідження проведені на білих лабораторних щурах обох статей віком 4,5 місяців, з них 18 тварин-батьків (12 самок і 6 самців) для отримання нащадків, 96 – нащадків 1-го та 2-го поколінь

обох статей. Тварин утримували у віварії Інституту ядерних досліджень НАН України на стандартному раціоні і доступі до води. Щурам-батькам вводили перорально через зонд по 27,35 кБк йодиду натрію (Na^{131}I), що формувало дозу опромінення щитоподібної залози у самок 5,8 Гр, у самців 3,75 Гр. Нащадків 1-го та 2-го поколінь розподіляли на групи (в одному поколінні 8 груп по 6 тварин кожної статі) у відповідності до умов експерименту: контроль – тварини, народжені від інтактних щурів; тварини, народжені від одного з опромінених батьків (або батька, або матері); тварини, народжені від обох опромінених батьків. Змішану кров забирали після миттєвої декапітації щурів гільйотиною. Концентрацію глюкози в крові визначали з допомогою глюкометра «ACCU-CHEK» (США). На лабораторних терезах визначали масу тварин. Статистичну обробку результатів здійснювали на комп'ютері з використанням пакету програм Microsoft Excel-XP.

Визначення концентрації глюкози у нащадків 1-го покоління опромінених щурів (табл. 1) показало достовірне збільшення показників у самців тварин усіх дослідних груп порівнюючи з контролем, а також у самок, народжених від опромінених самців і самок.

Таблиця 1

Концентрація глюкози (ммоль/л) в крові щурів першого покоління, народженого від тварин, які зазнали впливу інкорпорованого ^{131}I , ($M \pm m$, $n = 6$)

Самці		Самки	
№ групи	Концентрація глюкози (ммоль/л)	№ групи	Концентрація глюкози (ммоль/л)
1) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	4,23 ± 0,26	5) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	4,99 ± 0,53
2) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	5,37 ± 0,36*	6) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	6,02 ± 0,48
3) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	5,07 ± 0,41*	7) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	5,51 ± 0,23
4) тварини, народжені від опромінених самців і самок	5,49 ± 0,24*	8) тварини, народжені від опромінених самців і самок	6,57 ± 0,22*

* різниця достовірна відносно контролю, $p \leq 0,05$.

Привертає увагу максимальне збільшення маси тіла у самок саме цієї групи (табл. 2). У самців в групах 2,3 визначено лише тенденцію до збільшення маси тіла, і лише у самців групи 4 (народжених від опромінених самців і інтактних самок) ці зміни достовірні. З нашої точки зору, збільшення маси тіла відбувається внаслідок руйнування компенсаторного механізму в результаті внутрішнього опромінення структур голо-

вного мозку (зони дугоподібних ядер гіпоталамусу). Відомо, що одним з чутливих маркерів, який характеризує пошкодження структур головного мозку іонізуючим випромінюванням, є α -меланоцитстимулюючий гормон (α -МСГ). У наших попередніх дослідженнях встановлено дефіцит синтезу цього гормону у опромінених осіб [9].

Таблиця 2

Маса (г) щурів першого покоління, народженого від тварин, які зазнали впливу інкорпорованого ^{131}I , ($M \pm m$, $n = 6$)

Самці		Самки	
№ групи	Маса тіла (г)	№ групи	Маса тіла (г)
1) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	337 ± 10,0	5) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	217 ± 6,0
2) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	347 ± 10,0	6) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	233 ± 11,0
3) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	362 ± 10,0*	7) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	212 ± 6,0
4) тварини, народжені від опромінених самців і самок	355 ± 6,0	8) тварини, народжені від опромінених самців і самок	265 ± 17,0*

* різниця достовірна відносно контролю, $p \leq 0,05$.

У нащадків 2-го покоління опромінених щурів відзначалася відсутність достовірних змін маси тварин в дослідних групах нащадків-самців порівняно з конт-

ролем. У самок-нащадків 2-го покоління спостерігалася достовірне зменшення маси на 30–50 г в усіх дослідних групах, порівняно з контролем ($280,0 \pm 9,5$ г).

Таблиця 3

Маса (г) щурів другого покоління, народженого від тварин, які зазнали впливу інкорпорованого ^{131}I , ($M \pm m$, $n = 6$)

Самці		Самки	
№ групи	Маса тіла (г)	№ групи	Маса тіла (г)
1) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	$394 \pm 7,0$	5) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	$280 \pm 9,5$
2) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	$395 \pm 8,7$	6) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	$255 \pm 5,0^*$
3) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	$376 \pm 10,0$	7) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	$230 \pm 7,6^*$
4) тварини, народжені від опромінених самців і самок	$392 \pm 13,7$	8) тварини, народжені від опромінених самців і самок	$243 \pm 7,5^*$

* різниця достовірна відносно контролю, $p \leq 0,05$.

Незважаючи на це, достовірних змін у концентрації глюкози в крові щурів 2-го покоління не спостерігалася (табл. 4).

Таблиця 4

Концентрація глюкози (ммоль/л) в крові щурів другого покоління, народженого від тварин, які зазнали впливу інкорпорованого ^{131}I , ($M \pm m$, $n = 6$)

Самці		Самки	
№ групи	Концентрація глюкози (ммоль/л)	№ групи	Концентрація глюкози (ммоль/л)
1) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	$7,16 \pm 0,31$	5) контроль – тварини, народжені від інтактних щурів	$7,14 \pm 0,32$
2) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	$6,53 \pm 0,25$	6) тварини, народжені від інтактних самців і опромінених самок	$7,53 \pm 0,42$
3) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	$6,85 \pm 0,24$	7) тварини, народжені від опромінених самців і інтактних самок	$6,77 \pm 0,21$
4) тварини, народжені від опромінених самців і самок	$7,50 \pm 0,47$	8) тварини, народжені від опромінених самців і самок	$6,64 \pm 0,15$

* різниця достовірна відносно контролю, $p \leq 0,05$.

Таким чином, за даними експерименту відсутня чітка кореляція між зміною маси тіла та концентрацією глюкози в крові нащадків обох поколінь опромінених батьків. В 1-му поколінні щурів обох статей від опромінених батьків концентрація глюкози в крові нащадків була достовірно вищою, ніж в контролі, а в

2-му поколінні достовірних змін в порівнянні з контролем показників концентрації глюкози в крові нащадків не спостерігалася. В даному випадку результати свідчать про неможливість однозначного трактування трансгенераційного впливу опромінення на показник вуглеводного обміну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барьяхтар В. Г. Оценка масштабов катастрофы : [монографія] / В. Г. Барьяхтар // Чернобыльская катастрофа / под ред. В. Г. Барьяхтара. – Киев : Наук. думка, 1995. – С. 24.
2. Kaminskyi O. V. Incidence of Diabetes Mellitus in Persons Exposed to Ionizing Radiation after the Chornobyl NPP Accident Compared with the Entire Population of Ukraine / O. V. Kaminskyi, D. Y. Afanasyev, O. Kopilova, O. Pronin, N. Dombrowska, O. Tepla, I. Kiselova, D. Bazyka // 75th Scientific Sessions American Diabetes Association's June 5–9, 2015, Boston, Massachusetts.
3. Камінський О. В. Особливості розвитку незлоякісної ендокринної патології у постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та роль гормональних взаємозв'язків / О. В. Камінський // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. Збірник наукових праць, 2014. – Вип. 19. – С. 256–266.
4. Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986–2011 / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. – Тернопіль : «Укрмедкнига», 2011. – 1092 с.
5. Камінський О. В. Незлоякісна тиреоїдна та інша ендокринна патологія у дорослих і дітей, опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС / О. В. Камінський, О. В. Копилова, Д. Є. Афанасьєв, О. В. Пронін // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. Збірник наукових праць, 2015. – Вип. 20. – С. 341–355.
6. Копилова О. В. Особливості функціонування гіпоталамо-гіпофізарно-тиреоїдної системи у дітей, народжених від осіб опромінених унаслідок аварії на ЧАЕС / О. В. Копилова, О. А. Степаненко // Український радіологічний журнал. – 2015. – № 3 – С. 58–60.
7. Stepanova Ye. Children born to radiation exposed parents / Ye. Stepanova, V. Kondrachova, I. Kolpakov, V. Vdovenko, O. Leonovich, O. Litvinets // Health effects of the Chornobyl Accident – a Quarter of Century Aftermath. – Kyiv : DIA, 2011. – P. 581–590.

8. Prokhorova Y. M. Changes in body weight in offsprings of the first and second generation from parents internally irradiated by iodine-131 (experimental research) / Prokhorova Y. M., Atamanyuk N. P., Drozd I. P., Lypska A. I., Talko V. V. // International conference «Health effects if the Chornobyl accident – 30 years aftermath» : Program and Abstracts, 18–19 April 2016, Kyiv, Ukraine. – P. 119.
9. Коваленко О. М. Порушення механізмів гормональної регуляції маси тіла осіб з її надлишком або ожирінням, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС / О. М. Коваленко, О. В. Камінський, В. В. Талько // Журн. АМН України. – 2008. – Т. 14, № 2. – С. 366–372.

**Е. М. Прохорова, Д. Д. Гапеєнко, Н. П. Атаманюк,
А. В. Каминский, В. В. Талько,**

*ГУ «Национальный научный центр радиационной медицины
Национальной академии медицинских наук Украины», г. Киев, Украина*

СОСТОЯНИЕ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У ПОТОМКОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЙ КРЫС, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИНКОРПОРИРОВАННОГО ¹³¹I

Облучение значительного количества населения Украины вследствие аварии на ЧАЭС привело к негативным изменениям в различных системах организма родителей и рост заболеваемости детей, рожденных от облученных родителей. Изменения включают патофизиологические и клинические проявления поражения в сочетании с нарушениями углеводного обмена. Исследование концентрации глюкозы в крови потомков первого и второго поколений облученных йодом-131 крыс и изменения массы тела проводилось в связи с многочисленными данными клинических наблюдений о нарушении углеводного обмена, снижении толерантности к глюкозе, высокого риска развития сахарного диабета у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения.

Ключевые слова: крысы; облучение; йод-131; потомки; первое поколение; второе поколение; концентрация глюкозы; масса тела.

**Ye. M. Prokhorova, D. D. Gapeyenko,
N. P. Atamanyuk, O. V. Kaminsky, V. V. Tal'ko,**

*State Institution «National Research Center for Radiation Medicine
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine*

STATE OF CARBOHYDRATE METABOLISM IN THE OFFSPRINGS OF THE FIRST AND SECOND GENERATIONS OF RATS EXPOSED INCORPORATED ¹³¹I

Exposure of a significant population of Ukraine by the Chornobyl accident led to negative changes in various systems of the body and increase the incidence of parents of children born to exposed parents. Changes include pathophysiological and clinical displays of affection, combined with impaired carbohydrate metabolism. Research glucose concentration in the offsprings blood of the first and second generations of rats exposed to iodine-131 and changes in body mass was held in connection with numerous data of clinical observations on carbohydrate metabolism, reduced glucose tolerance, high risk of developing diabetes in individuals exposed ionizing radiation.

Key words: rats; irradiation; iodine-131; offsprings; the first generation; the second generation; the concentration of glucose; the body weight.

© Прохорова Є. М., Гапеєнко Д. Д., Атаманюк Н. П.,
Камінський О. В., Талько В. В., 2016

Дата надходження статті до редколегії 20.06.2016