УДК 577.175.6+591.48:599.23:615.849.5

Атаманюк Н. П., Дерев'янко Л. П., Талько В. В., Яніна А. М., Родіонова Н. К., Фролова Н. О., Михайлова С. С.

РАДІАЦІЙНО-ІНДУКОВАНІ ГОРМОНАЛЬНІ ЗМІНИ В ГІПОФІЗАРНО-ГОНАДНІЙ СИСТЕМІ САМОК ЩУРІВ ЗА РІЗНИХ ТИПІВ ОПРОМІНЕННЯ

Досліджували вплив одноразового тотального рентгенівського опромінення, одноразового та фракціонованого опромінення голови самок щурів у дозі 6,0 Гр на концентрацію гормонів (фолікулостимулюючого – ФСГ, лютеїнізуючого – ЛГ, прогестерону, естрадіолу, тестостерону) в сироватці крові у динаміці (7, 14, 30, 90 діб після опромінення). Відмічалися односпрямовані зміни концентрації гормонів (підвищення концентрації ФСГ, прогестерону, зниження концентрації ЛГ, естрадіолу, тестостерону), ступінь яких залежав від типу опромінення (одноразове тотальне, одноразове локальне, фракціоноване локальне) та терміну спостереження. Радіаційно-індуковані зміни концентрації гонадотропних гормонів при різних типах опромінення вказують на пошкодження регуляторних механізмів у гіпофізарно-гонадній системі, які впливають на продукцію статевих гормонів.

Ключові слова: *самки щурів, іонізуюче випромінення, гормони гіпофізарно-гонадної системи.*

Исследовали влияние одноразового тотального рентгеновского облучения, одноразового и фракционированного облучения головы самок крыс в дозе 6,0 Гр на концентрацию гормонов (фолликулостимулирующего – ФСГ, лютеинизирующего – ЛГ, прогестерона, эстрадиола, тестостерона) в сыворотке крови в динамике (7, 14, 30, 90 суток после облучения). Отмечались однонаправленные изменения концентрации гормонов (увеличение концентрации ФСГ, прогестерона, снижение концентрации ЛГ, эстрадиола и тестостерона), степень которых зависела от типа облучения (одноразовое тотальное, одноразовое локальное, фракционированное локальное) и срока наблюдения. Радиационно-индуцированные изменения концентрации гонадотропных гормонов при разных типах облучения указывают на повреждение регуляторных механизмов в гипофизарно-гонадной системе, которые влияют на продукцию половых гормонов.

Ключевые слова: *самки крыс, ионизирующее излучение, гормоны гипофизарно-гонадной системы.*

Influence of single total body X-ray-irradiation, single and fractional head irradiation of female rats in doses 6,0 Gy on hormones concentration in blood (of FSH, of LH, of progesterone, of estradiol, of testosterone) was studied in dynamics (7, 14, 30, 90 days after irradiation). The changes of indices of hormones concentration were noted in the total and local irradiation of the head. An increase of FSH and of progesterone concentration in the blood serum of irradiated rats and decrease of LH, of estradiol and of testosterone concentration were found. The degree of changes of these indices depends from the type of irradiation (total, local) and from the term of observation. Radiologically-induced changes of gonadal hormones concentration in different types of irradiation indicate disturbance of regulatory mechanisms in pituitary-gonadale system, which influence sexual hormones production.

Key words: *female rats, ionizing radiation, hormones of pituitary-gonadal systeme.*

Репродуктивна система, з точки зору ендокринології, складається з чотирьох елементів: центральна нервова система, гіпофіз, гонади, периферичні органи і тканини-мішені, на які діють гормони [1]. Надійність функціонування жіночої репродуктивної системи забезпечує комплекс регуляторних механізмів, провідною ланкою яких є гормони, що продукуються в структурах гіпофізарно-гонадної системи. Вплив негативних фак-

торів (у тому числі іонізуючого випромінення) на різні ланки репродуктивної осі можуть бути причиною дисбалансу статевих гормонів та сприяти розвитку порушень у статевій системі [2-4]. Якщо в полі промінення перебувають структури гіпоталамо-гіпофізарної системи, зміни в продукції статевих гормонів можуть проявлятися порушенням репродуктивної функції [5-6]. Це важливо враховувати в клінічній практиці при радіотерапії пухлин головного мозку у жінок дітородного віку.

Зміни концентрації гонадотропних і статевих гормонів вивчалися в експериментальних і клінічних дослідженнях в умовах тотального опромінення організму в різних дозах [7-8]. Є поодинокі дані щодо змін концентрації гормонів в умовах локального опромінення, зокрема, опромінення голови [9-11]. Водночас є необхідність вивчення і оцінки реакції організму на локальне опромінення структур головного мозку, які впливають на функції жіночої статевої системи.

Мета роботи – оцінити в динаміці гормональні зміни в гіпофізарно-гонадній системі самок щурів і порівняти їх за умов впливу різних типів опромінення (одноразового тотального опромінення, одноразового та фракціонованого опромінення голови) в рівновеликій дозі (6 Гр) за показниками концентрації ФСГ, ЛГ, прогестерону, естрадіолу та тестостерону в сироватці крові.

Матеріал і методи дослідження

Об'єктом дослідження були статевозрілі самки білих безпородних лабораторних щурів масою 150-170 г, яких утримували у віварії на стандартному раціоні. Досліди проведено на тваринах чотирьох груп: 1 – контроль (інтактні тварини); 2 – одноразове тотальне опромінення в дозі 6,0 Гр; 3 – одноразове опромінення голови в дозі 6,0 Гр; 4 – фракціоноване опромінення голови в сумарній дозі 6,0 Гр (3 сеанси по 2,0 Гр). В експерименті використано 152 самки щурів.

Тотальне опромінення та локальне опромінення голови здійснювали на рентгенівському апараті «РУМ-17» (Росія) (напруга – 200 кВ, сила – струму 10 мА, відстань – 40 см, фільтри – 0,5 мм Cu + 1,0 мм Al, потужність експозиційної дози – $2{,}09 \cdot 10^{-4}$ Кл/(кг·с). Для локального опромінення голови тварин фіксували в камерах Когана, тулуб екранували свинцевими пластинами. Через 7, 14, 30 та 90 діб після опромінення щурів забивали методом декапітації гільйотиною і забирали кров для дослідження концентрації гормонів. Концентрацію гормонів у сироватці крові самок щурів визначали методами радіоімунологічного аналізу (РІА) з використанням радіоімунологічних наборів фірми «IMMUNOTECH» – виробництво Чехія та наборів, виготовлених на Унітарному підприємстві «Розрахункове дослідницьке виробництво Інституту біоорганічної хімії Національної академії наук Білорусі» республіки Білорусь. Для дослідження отримували сироватку шляхом відстоювання крові в пробірках та наступним центрифугуванням при 3000 об/хв. Принцип методу базується на формуванні імунологічних комплексів з гормонами та визначенні їх радіоактивності за радіоізотопом йоду-125. Радіоактивність вимірювали на багатопробному лічильнику для радіоімунологічних досліджень «КомпьюГамма-1282» з використанням пакету програм RIA. Експериментальні дані обробляли загальноприйнятими методами варіаційної статистики за допомогою прикладних програм Statistica 5,0 (Microsoft Office Excel, 2002) з визначенням t-критерію Стьюдента.

Результати досліджень та їх обговорення

Для оцінки функціональних змін у гіпофізарно-гонадній системі досліджували концентрацію фолікулостимулюючого гормону (ФСГ), лютеїнізуючого гормону (ЛГ), прогестерону, естрадіолу та тест остерону в сироватці крові самок щурів.

Фолікулостимулюючий і лютеїнізуючий гормони – глікопротеїни, які секретуються гонадотропними клітинами передньої частини гіпофізу. ФСГ стимулює дозрівання фолікулів і сперматогенез. ЛГ стимулює секрецію тестостерону клітинами Лейдіга сім'яників, а також овуляцію і утворення жовтого тіла. Визначення концентрації ФСГ та ЛГ у жінок дітородного віку використовується при дослідженні порушень менструального циклу, статевого розвитку, безплідді. Підвищення рівня ФСГ може свідчити про недостатність функції яєчників. Зниження концентрації ЛГ може свідчити про порушення функції гіпофіза або ліпоталамуса. Для диференціальної діагностики гормональної патології велике значення має індекс, який характеризує відношення концентрації в крові ФСГ/ЛГ. Величина індексу змінюється в динаміці менструального циклу. В фолікулінову фазу ФСГ > ЛГ, у момент овуляції ФСГ = ЛГ, в лютеїнову фазу ФСГ < ЛГ.

Прогестерон у жінок продукується в основному жовтим тілом у лютеїновій фазі менструального циклу і плацентою. Визначення концентрації прогестерону в сироватці крові використовується для підтвердження овуляції і може бути індикатором лютеїнізації.

Естрадіол – стероїд, який синтезується статевими залозами. У жінок естрадіол відіграє важливу роль у регуляції менструального циклу і в ініціації овуляції. Визначення концентрації естрадіолу в сироватці крові використовується для спостереження за процесом індукованої овуляції, а також при порушеннях репродуктивної функції.

Тестостерон – андроген, який синтезується у чоловіків клітинами Лейдіга сім'яників, а у жінок – корою надниркових залоз і стромою яєчників. Зміни концентрації тестостерону використовуються при дослідженні причин зниженої секреції андрогенів у чоловіків і гіперандрогенії у жінок.

Досліджували концентрацію ФСГ, ЛГ, прогестерону, естрадіолу та тестостерону в сироватці крові самок щурів у динаміці на 7, 14, 28 та 90 доби після опромінення різних типів (одноразового тотального опромінення, одноразового та фракціонованого опромінення голови) в дозі 6,0 Гр. При дослідженні концентрації ФСГ у сироватці крові самок щурів, опромінених одноразово, тотально відмічали достовірне збільшення рівня ФСГ відносно контролю протягом усього терміну спостереження (90 діб після опромінення тварин), (табл.1). Підвищення концентрації ФСГ у сироватці крові самок щурів перевищувало у 2,5; 3,2; 3,0 та 3,6 рази контрольні значення цього гормону відповідно на 7, 14, 30 та 90 доби. Тобто, концентрація ФСГ збільшувалась зі збільшенням терміну спостереження, досягаючи максимального значення на 90-ту добу після опромінення. В результаті

одноразового та фракціонованого опромінення голови самок щурів також спостерігалося достовірне збільшення концентрації ФСГ у сироватці крові відносно контролю протягом усіх термінів дослідження, проте рівні були достовірно нижчими, ніж в умовах тотального опромінення.

Таблиця 1

Концентрація ФСГ (МО/л) у сироватці крові самок щурів після різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр у динаміці, (M ± m)

Групи тварин	Термін після опромінення			
	7 діб	14 діб	30 діб	90 діб
Біологічний контроль	11,3 ± 0,7 (n = 12)	10,4 ± 0,8 (n = 12)	11,5 ± 0,8 (n = 12)	11,1 ± 0,9 (n = 12)
Одноразове тотальне опромінення тварин у дозі 6,0 Гр	29,3 ± 1,5* (n = 6)	33,9 ± 1,4* (n = 6)	34,9 ± 1,7* (n = 6)	38,9 ± 1,6* (n = 6)
Одноразове опромінення голови тварин у дозі 6,0 Гр	15,6 ± 1,2*·** (n = 10)	16,2 ± 1,3*·** (n = 10)	16,8 ± 1,4*·** (n = 10)	16,5 ± 1,5*·** (n = 10)
Фракціоноване опромінення голови тварин у сумарній дозі 6,0 Гр	14,8 ± 1,5*·** (n = 10)	18,6 ± 1,3*·** (n = 10)	18,8 ± 1,5*·** (n = 10)	15,5 ± 1,6*·** (n = 10)

Примітки: * − p < 0,05 − статистично достовірні зміни щодо показника тварин контрольної групи;
** − p < 0,05 − статистично достовірні зміни щодо показника тварин, опромінених тотально.

При дослідженні концентрації ЛГ у сироватці крові самок щурів, опромінених одноразово тотально, відмічали значне зниження концентрації гормону на 7, 14, 30 та 90 добу відповідно у 3,5; 4,1; 2,5 та 2,4 рази щодо контрольних значень (табл. 2). На момент закінчення експерименту рівень ЛГ залишався достовірно нижчим від значень у контролі. Після одноразового та фракціонованого опромінення голови самок щурів концентрація ЛГ достовірно знижувалася порівняно з контролем на 7-му та 14-ту добу. В більш пізні терміни спостереження (30 і 90 діб) концентрація ЛГ у цих групах достовірно не відрізнялась від значень у контролі.

Відношення концентрацій ФСГ/ЛГ також залежало від типу опромінення. Найбільший показник ФСГ/ЛГ щодо контролю спостерігався в умовах одноразового тотального опромінення, а найменший – в умовах фракціонованого опромінення голови (рис.1). Тобто, дисфункція в продукуванні гонадотропних гормонів в організмі самок щурів була найбільшою у випадку одноразового тотального опромінення, а найменшою – за умов фракціонованого опромінення голови при опроміненні в рівновеликій дозі (6,0 Гр).

Таблиця 2

Концентрація ЛГ (МО/л) у сироватці крові самок щурів після різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр в динаміці, (M ± m)

Групи тварин	Термін після опромінення			
	7 діб	14 діб	30 діб	90 діб
Біологічний контроль	1,09 ± 0,10 (n = 12)	1,15 ± 0,08 (n = 12)	0,96 ± 0,11 (n = 12)	1,03 ± 0,09 (n = 12)
Одноразове тотальне опромінення в дозі 6,0 Гр	0,31 ± 0,14* (n = 6)	0,28 ± 0,11* (n = 6)	0,39 ± 0,12* (n = 6)	0,42 ± 0,11* (n = 6)
Одноразове опромінення голови в дозі 6,0 Гр	0,48 ± 0,14 * (n = 10)	0,54 ± 0,16 * (n = 10)	0,72 ± 0,17 (n = 10)	0,86 ± 0,19 (n = 10)
Фракціоноване опромінення голови в сумарній дозі 6,0 Гр	0,53 ± 0,14 * (n = 10)	0,50 ± 0,11 * (n = 10)	0,83 ± 0,12 (n = 10)	0,89 ± 0,15 (n = 10)

Примітка: * − p < 0,05 − статистично достовірні зміни щодо показника тварин контрольної групи.

При дослідженні концентрації прогестерону в сироватці крові самок щурів, опромінених одноразово тотально в дозі 6,0 Гр, спостерігалося достовірне зростання концентрації гормону порівняно з контролем в усі терміни спостереження (табл. 3). Зі збільшенням терміну спостереження рівень прогестерону зростав. Через 30 і 90 діб концентрація прогестерону перевищувала контрольні показники у 3,5 рази. Після одноразового та фракціонованого опромінення голови самок щурів концентрація прогестерону достовірно збільшувалася порівняно з контролем на 7-му та 14-ту добу (у випадку одноразового опромінення голови) та на 7-му, 14-ту і 30-ту добу (у випадку фракціонованого опромінення голови).

Значне підвищення концентрації ФСГ у крові самок щурів може вказувати на зниження функції яєчників після одноразового тотального опромінення

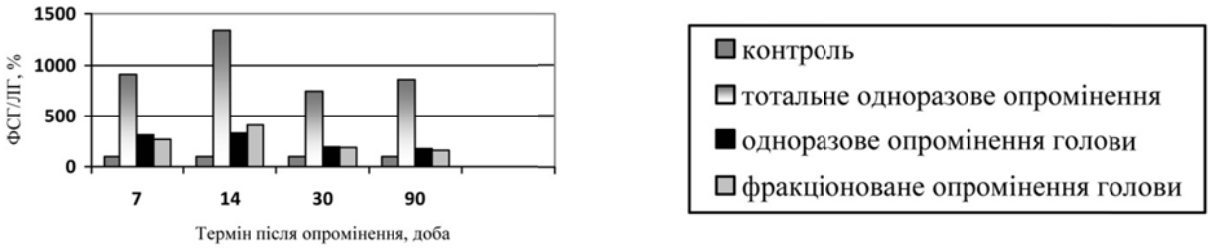


Рис 1. Зміни співвідношення концентрацій ФСГ/ЛГ у сироватці крові самок щурів у динаміці залежно від типу опромінення (показники тварин контрольної групи прийнято за 100 %)

Таблиця 3

Концентрація прогестерону (нмоль/л) у сироватці крові самок щурів після різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр у динаміці (M ± m)

Групи тварин	Термін після опромінення			
	7 діб	14 діб	30 діб	90 діб
Біологічний контроль	25,1 ± 1,4 (n = 12)	23,4 ± 1,4 (n = 12)	23,2 ± 1,5 (n = 12)	24,1 ± 1,4 (n = 12)
Одноразове тотальне опромінення в дозі 6,0 Гр	33,7 ± 2,8* (n = 6)	36,5 ± 3,4* (n = 6)	83,7 ±4,6* (n = 6)	85,4 ± 3,8* (n = 6)
Одноразове опромінення голови тварин в дозі 6,0 Гр	36,3 ± 1,8* (n = 10)	31,4 ± 1,6* (n = 10)	26,9 ± 1,9 (n = 10)	25,5 ± 1,8 (n = 10)
Фракціоноване опромінення голови тварин у сумарній дозі 6,0 Гр	53,8 ± 2,1* (n = 10)	30,4 ± 2,5* (n = 10)	29,5 ± 1,9* (n = 6)	26,4 ± 2,0 (n = 6)

Примітка: * − $p < 0,05$ − статистично достовірні зміни щодо показника тварин контрольної групи.

При дослідженні впливу різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр на концентрацію естрадіолу в сироватці крові самок щурів у динаміці було виявлено статистично достовірне зниження концентрації гормону через 90 діб після одноразового тотального опромінення (табл. 4). В інших випадках опромінення достовірних змін концентрації естрадіолу не спостерігалося в усі терміни спостереження порівняно з контролем.

Таблиця 4

Концентрація естрадіолу (нмоль/л) у сироватці крові самок щурів після різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр у динаміці (M ± m)

Групи тварин	Термін після опромінення			
	7 діб	14 діб	30 діб	90 діб
Біологічний контроль	0,15 ± 0,04 (n = 10)	0,14 ± 0,03 (n = 10)	0,16 ± 0,03 (n = 10)	0,18 ± 0,04 (n = 10)
Одноразове тотальне опромінення тварин у дозі 6,0 Гр	0,10 ± 0,03 (n = 6)	0,09 ± 0,02 (n = 6)	0,07 ± 0,02 (n = 6)	0,06 ± 0,03* (n = 6)
Одноразове опромінення голови тварин у дозі 6,0 Гр	0,19 ± 0,08 (n = 10)	0,16 ± 0,04 (n = 10)	0,15 ± 0,03 (n = 10)	0,14 ± 0,05 (n = 10)
Фракціоноване опромінення голови тварин у сумарній дозі 6,0 Гр	0,11 ± 0,06 (n = 10)	0,12 ± 0,05 (n = 10)	0,09 ± 0,04 (n = 10)	0,12 ± 0,06 (n = 10)

Примітка: * − $p < 0,05$ − статистично достовірні зміни щодо показника тварин контрольної групи.

Дослідження концентрації тестостерону в сироватці крові самок щурів, опромінених одноразово тотально в дозі 6,0 Гр, виявило достовірне зниження концентрації цього гормону щодо контролю в усі терміни дослідження (табл. 5). Після одноразового та фракціонованого опромінення голови тварин в аналогічній дозі також відмічали достовірне зниження рівня тестостерону щодо контрольних значень у відповідних групах упродовж усіх термінів досліджень. На момент закінчення спостережень (90-та доба) концентрація тестостерону в цих групах не поверталася до контрольних значень і залишалася достовірно зниженою. Зниження рівня тестостерону може відбуватися внаслідок підвищення рівня глобуліну, який зв'язує стероїдні гормони.

Отримані дані свідчать, що концентрація досліджуваних гормонів при різних типах опромінення самок щурів у рівновеликій дозі (6,0 Гр) змінюється однонаправлено: підвищується концентраці ФСГ, прогестерону; знижується концентрація ЛГ, естрадіолу, тестостерону. Направленість змін концентрації гормонів не залежала від типу опромінення, проте ступінь прояву цих змін був різний. Він залежав як від типу опромінення, так і від терміну після опромінення, що вказує на стимуляцію, виснаження або відновлення секреторної функції аденогіпофіза і яєчників. Найбільші відхилення показників від значень у контролі, які зберігалися до кінця експерименту (90 діб), спостерігалися в умовах одноразового тотального опромінення. Це свідчить про стійкі порушення в гіпофізарно-гонадній системі за даних умов опромінення. Про радіаційно-індуковані зміни концентрації статевих гормонів свідчить порушення співвідношення гормонів, які беруть участь у регуляції репродуктивної функції (ФСГ/ЛГ).

Таблиця 5

Концентрація тестостерону (нмоль/л) у сироватці крові самок щурів після різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр у динаміці (M ± m)

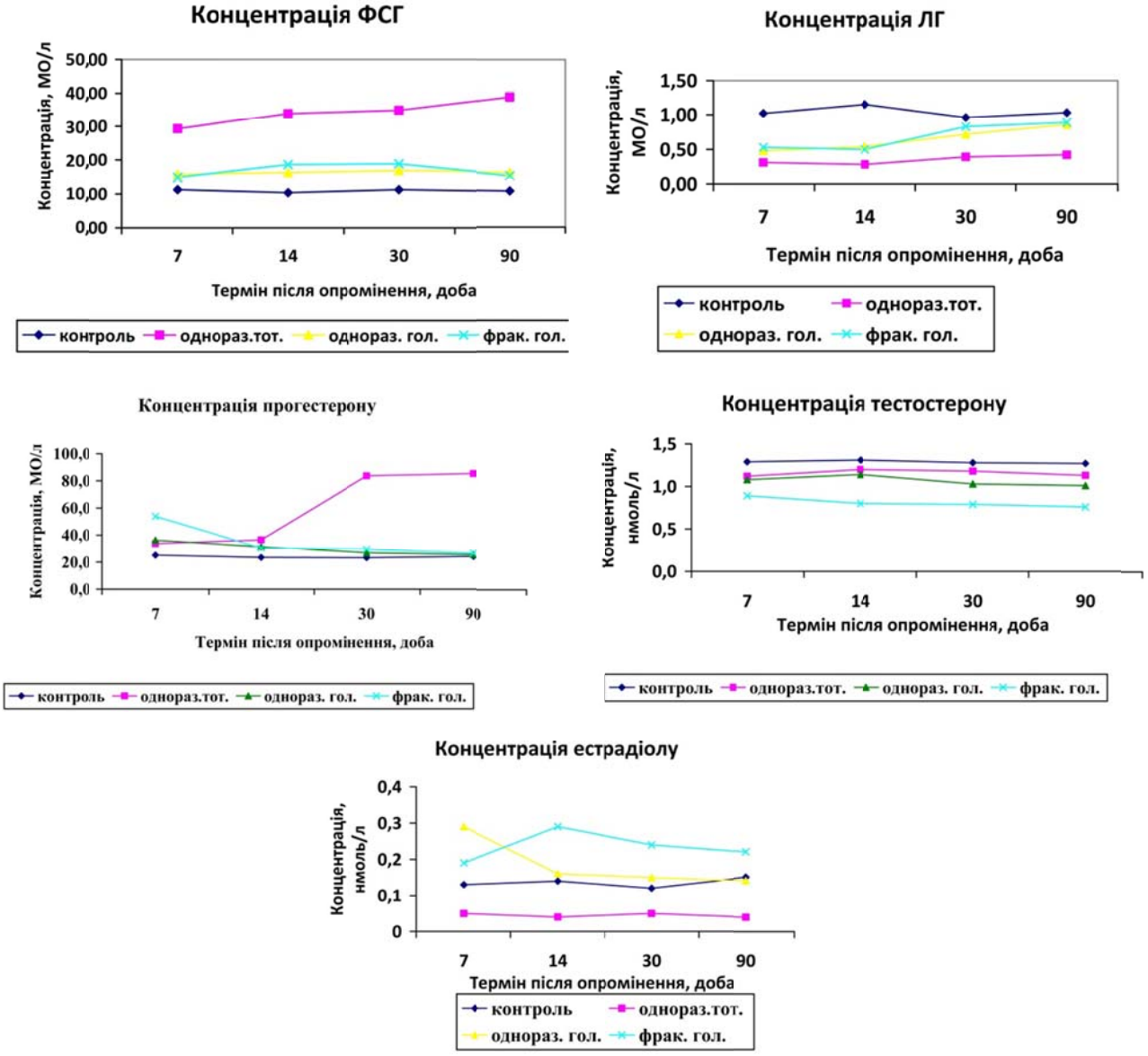
Групи тварин	Термін після опромінення			
	7 діб	14 діб	30 діб	90 діб
Біологічний контроль	1,29 ± 0,04 (n = 6)	1,31 ± 0,05 (n = 6)	1,28 ± 0,06 (n = 6)	1,27 ± 0,07 (n = 6)
Одноразове тотальне опромінення в дозі 6,0 Гр	0,89 ± 0,01* (n = 6)	0,80 ± 0,14* (n = 6)	0,79 ± 0,16* (n = 6)	0,76 ± 0,12* (n = 6)
Одноразове опромінення голови в дозі 6,0 Гр	1,08 ± 0,06* (n = 6)	1,14 ± 0,05* (n = 6)	1,03 ± 0,07* (n = 6)	1,01 ± 0,04* (n = 6)
Фракціоноване опромінення голови в сумарній дозі 6,0 Гр	0,89 ± 0,10* (n = 6)	0,80 ± 0,14* (n = 6)	0,79 ± 0,16* (n = 6)	0,76 ± 0,12* (n = 6)

Примітка: * − $p < 0,05$ − статистично достовірні зміни щодо показника тварин контрольної групи

За умов як одноразового, так і фракціонованого опромінення голови самок щурів зміни концентрації гормонів, що вивчалися, були менш тривалими, і концентрація гормонів переважно відновлювалася до

кінця терміну спостереження. Менші відхилення від значень у контролі спостерігалися і в співвідношенні гонадотропних гормонів ФСГ/ЛГ.

Відомо, що в основі регуляції ендокринних функцій гіпоталамо-гіпофізарно-гонадної системи лежать принципи прямих і зворотних зв'язків. За даними літератури, іонізуюче випромінення здатне викликати моделюючий вплив на прямі та зворотні зв'язки типу тропний гормон – залоза – мішень, гормон – відповідна центральна структура, яка регулює діяльність залози і впливає водночас на різні компоненти системи або вибірково на окремі її компоненти [1; 12]. Згідно з нашими даними, за різних типів опромінення в дозі 6,0 Гр (одноразового тотального, одноразового та фракціонованого опромінення голови) відмічався дисбаланс гормонів гіпофізарно-гонадної системи, що вказує на порушення гормональної регуляції в цій системі. Відновлення показників до значень у контролі на час закінчення експерименту відбувалося в умовах локального опромінення голови. В умовах тотального опромінення в дозі 6,0 Гр більшість показників концентрації гормонів гіпофізарно-гонадної системи самок щурів не відновлювалися, що свідчить про суттєві функціональні розлади.



Висновки

1. Тотальне опромінення самок щурів, локальне одноразове та фракціоноване опромінення голови в дозі 6,0 Гр викликають односпрямовані зміни концентрації гонадотропних і статевих гормонів: збільшення концентрації ФСГ і прогестерону та зниження концентрації ЛГ, тестостерону і естрадіолу щодо контролю. Ступінь змін показників залежить від типу опромінення (одноразове тотальне, одноразове та фракціоноване локальне голови) та терміну дослідження.

2. Тривалий гормональний дисбаланс, індукований іонізуючою радіацією, який спостерігався до кінця терміну спостереження при тотальному опроміненні, вказує на стійкі порушення в гіпофізарно-гонадній системі за даних умов.

3. Радіаційно-індуковані зміни концентрації гонадотропних гормонів при різних типах опромінення та порушення співвідношення ФСГ/ЛГ вказують на

пошкодження регуляторних механізмів у гіпофізарно-гонадній системі, які впливають на продукцію статевих гормонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гормонодиагностика патологии репродуктивной системы. – 2-е изд., дополненное и переработанное / [Зяблицев С. В, Синяченко О. В., Бочарова Е. А., Чернобривцев П. А.]. – Донецк : «Каштан», 2010. – 376 с.
2. Ogilvi-Stuart Amanda L., Shalet Stephen M. Effect of radiation on the human reproductive system // Environ. Health Perspect. – 1993. – Vol. 101. – P. 109-116.
3. Вовк И. В. Особенности становления репродуктивной функции у девочек и девушек, подвергшихся радиационному воздействию / И. В. Вовк // Чернобыльская катастрофа. – К. : Наукова думка, 1995. – С. 501-503.
4. Ризик виникнення репродуктивних втрат серед населення, яке проживає на радіоактивно забрудненій території Київської області / [Линчак О. В., Єлагін В. В., Карташова С. С., Тимченко О. І.] //Довкілля та здоров'я. – 2003. – № 3. – С. 36-39.
5. Безверха Т. П. Вплив іонізуючого випромінювання на гіпоталамо-гіпофізарну систему / Т. П. Безверха, Т. П. Корнюшенко // Ендокринологія. – 1996. – Т.1, № 2. – С. 84-96.
6. Hypothalamic-pituitary dysfunction after irradiation of nonpituitary brain tumors in adults /A. Agha [et al.] // J. Clin. Endocrinol. Metab. – 2009. – Vol. 90, № 12. – P. 6355–6360.
7. Конопля Е.Ф. Влияние острого внешнего воздействия гамма-излучения на нарушения функций щитовидной железы и репродуктивную систему крыс и частоту структурных мутаций в соматических клетках беременных самок и их потомства / Е. Ф. Конопля, Л. Н. Николаевич // Радиац. биол. Радиоэкол. – 2000. – Т. 40, № 1. – С. 43-48.
8. Дедов В. И. Отдаленные последствия ионизирующей радиации на эндокринную систему у самок крыс / В. И. Дедов, И. И. Дедов, А. Ш.Талипов // Известия Академии наук СССР. Серия биологическая. – 1980. – № 5. – С. 775-778.
9. Effects of single low dose irradiation on subventricular zone cells in juvenile rat brain / T. Amano [et al.] // Neurol. Res. – 2002. – Vol. 24, № 8. – P. 809–816.
10. Toogood, A. A. Endocrine consequences of brain irradiation // Growth Horm. IGF Res. – 2004. – Vol. 14, Suppl A. – P. 118–124.
11. Endocrine complications after radiotherapy for tumors of the head and neck / N. A. Samaan [et al.] // J. Lab. Clin. Med. – 1987. – Vol. 109. – P. 364-372.
12. Коваленко О. М. Дезінтеграція систем гормональної регуляції людини при старінні і радіаційному впливі : автореф. дис. … д-ра мед. наук : 14.01.02 / О. М. Коваленко / Київський держ. ун.-т удосконалення лікарів. – К., 1996. – 48 с.

Рецензенти: ***Дружина М. І.,*** д.б.н., професор;
Кутлахмедов Ю. О., д.б.н., професор.

© Атаманюк Н. П., Дерев'янко Л. П., Талько В. В., Яніна А. М., Родіонова Н. К.,
Фролова Н. О., Михайлова С. С., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 05.03.2012 р.

АТАМАНЮК Наталія Павлівна – к.б.н., провідний науковий співробітник ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

ДЕРЕВ'ЯНКО Людмила Петрівна – д.б.н., зав. лаб. ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

ТАЛЬКО В. В. – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

ЯНІНА А. М. – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

РОДІОНОВА Н. К. – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

ФРОЛОВА Н. О. – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.

МИХАЙЛОВА С. С. – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України», м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіобіологія.