

УЛЬТРАСТРУКТУРА КЛІТИН ЕНДОКРИННИХ ОРГАНІВ У ВІДДАЛЕНІ ТЕРМІНИ ПІСЛЯ ЗАГАЛЬНОГО ТА ЧАСТКОВОГО ОПРОМІНЕННЯ У МАЛІЙ ДОЗІ

Мета роботи. Вивчення дії радіації у малій дозі на структурно-функціональний стан клітин ендокринних органів у віддалений термін після загального та часткового фракціонованого опромінення щурів у дозі 0,75 Гр.

Матеріали і методи. За допомогою стандартних методів електронної мікроскопії досліджена ультраструктура (УС) клітин щитоподібної залози, сперматогенного епітелію, кори надниркових залоз, пінеальної залози та адреногіпофіза через 6 місяців після фракціонованого загального ікс-опромінення, опромінення окремо голови, окремо тіла щурів у сумарній дозі 0,75 Гр.

Результати. Було встановлено, що через півроку після загального опромінення спостерігаються помітні порушення ультраструктури клітин досліджених ендокринних залоз, які свідчать про процеси пригнічення функціональної діяльності цих органів. Вплив радіації у тих самих умовах на голову приводить до ідентичних змін, тоді як при опроміненні тільки тіла структурно-функціональний стан усіх досліджених органів відповідав віковому контролю.

Висновки. Ультраструктурні порушення клітин органів ендокринної системи експериментальних тварин вказують на зниження їх функціональної активності у віддалені терміни після загального опромінення у малій дозі та виснаження функції. Паралельне гальмування активності органів-мішеней та регуляторних органів ендокринної системи може свідчити про вторинний характер гіпофункції залоз-мішеней за рахунок зниження рівня відповідних тропних гормонів гіпофіза. Опромінення однієї тільки голови експериментальних тварин викликає зміни у клітинах ендокринних залоз, подібні тим, що спостерігаються при тотальному опроміненні. Опромінення тільки тіла експериментальних тварин не призводить до радіаційних змін у клітинах ендокринних органів. Проведені дослідження свідчать, що при дії радіації у малих дозах на організм критичним органом є головний мозок, тобто радіочутливі його ділянки, які беруть участь у вищій регуляції ендокринної системи. При перебуванні у зоні дії іонізуючої радіації корисним може бути екранування голови.

Ключові слова: опромінення, малі дози, віддалені терміни, ендокринні органи, ультраструктура.

Серед радіаційних факторів ураження Чорнобильської катастрофи особливе місце посідає загальне опромінення у відносно невеликих дозах, якого зазнали як ліквідатори її наслідків, так і населення. Встановлено, що у цього контингенту осіб виражено зростає частота соматичних захворювань порівняно зі звичайними популяційними значеннями, причому останнім часом на перше місце виступають серцево-судинні та нейрогенні розлади здоров'я, у патогенезі яких можуть лежати пострадіаційні ендокринопатії [1–5].

Численні клінічні дослідження та експериментальне вивчення дії радіації у малих дозах зафіксували значне пригнічення функції ендокринних залоз гіпофізарно-тиреоїдної (ГТ), гіпофізарно-гонадної (ГГ) систем, коли спостерігається спад у крові концентрацій гормонів щитоподібної залози (тироксин,

трийодтиронін), гонад (тестостерон); гормонів гіпофіза (тиротропін, гонадотропіни), шишкоподібної залози та порушення морфофункціонального стану ендокринних органів [6–10]. При аналізі цих даних привертають увагу паралельні зміни рівня гормонів гіпофіза та його залоз-мішеней. Це свідчить про вторинний характер гіпофункції цих залоз, що пов'язано з гальмуванням діяльності гіпофіза, а не з безпосереднім їх ураженням. Проте кора надниркових залоз реагує на дію радіації у малих дозах стійким підвищенням рівня глюкокортикоїдів на фоні зростання концентрації адренокортикотропіну (АКТГ) [11, 12]. І в такому випадку порушуються регуляторні взаємовідношення у гіпофізарно-адреналовій системі, яка в нормі базується на принципі оборотного зв'язку.

Слід зазначити, що адреногіпофіз є досить радіо-резистентним органом, тобто зниження його активності може залежати від порушень структур вищого нейро-ендокринного регуляторного центру, яким є гіпоталамус (ГТ). Про зниження функціональної активності

гіпоталамуса у віддалені терміни після дії іонізуючої радіації свідчать результати досліджень, які вказують як на порушення морфологічного стану секреторних клітин його ядер, так і на стійкі зміни нейромедіаторного балансу у ГТ [13–16]. Деякі вчені також вважають, що пригнічення усього ланцюга гіпоталамо-гіпофізарної регуляції відбувається «внаслідок ураження певних радіочутливих ділянок головного мозку» та що саме ГТ є мішенню для радіаційної дії [13].

Перевірка такої гіпотези може бути проведена при опроміненні голови експериментальних тварин, оскільки саме у головному мозку розташовуються ендокринні органи вищої ланки регуляції.

У зв'язку з цим метою даного дослідження стало вивчення дії радіації у малій дозі на структурно-функціональний стан клітин ендокринних органів у віддалений термін після загального та часткового фракціонованого опромінення щурів у дозі 0,75 Гр.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Експерименти проведено на 20 щурах масою тіла 160–180 г. Тварин опромінювали на рентгенівському апараті РУМ-17 у стандартних умовах: напруга — 190 кВ, сила струму — 10 мА, фільтри: 0,5 мм Cu та 1,0 мм Al, потужність дози — 8,56 мГр/хв. щоденно в разовій дозі 0,25 Гр. Сумарна доза складала 0,75 Гр. У першій дослідній групі проводили загальне опромінення, у другій — опромінення тіла з екрануванням голови, у третій — опромінювали голову з екрануванням тіла. За контроль правила група інтактних тварин відповідного віку.

Щурів забивали з дотриманням правил евтаназії згідно з Європейською конвенцією «Про захист хребетних тварин, використовуваних для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1998) та Законом України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (Київ, 2006) через 6 місяців після опромінення.

Досліджували ультраструктуру клітин щитоподібної залози, кори надниркових залоз, сім'яників, гіпофіза та епіфіза. Матеріал для ультрамікроскопічного дослідження обробляли за стандартними електронно-мікроскопічними методиками [17]. Зразки тканин фіксували спочатку у глютаральдегідному фіксаторі за Карновським, а потім — в 1% тетраоксиді осмію за Паладе. Після зневоднювання в етанолі зростаючої концентрації матеріал заливали у суміші епоксидних смол (епон-аралдит) і полімеризували 36 годин при 56 °С. Ультратонкі зрізи виготовляли на ультрамікромтомі УМТП-4 Сумського ВО «Електрон» (Україна), контрастували в насиченому розчині ураніацетату та цитраті свинцю за Рейнольдсом і аналізували в електронному мікроскопі EM-125 (Сумське ПО «Електрон», Україна).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для інтактних тварин ультраструктура досліджених органів відповідає описаній у літературі. Після загального опромінення у щитоподібній залозі (ЩЗ) щурів поряд з фолікулами звичайної будови виявляється помітна кількість фолікулів, утворених

тиреоцитами (ТЦ) зі значними змінами ультраструктури, які свідчать про зниження їх функціональної активності (рис. 1). Характерним для таких клітин є темне ядро часто спотвореної форми з розширеним перинуклеарним простором і вакуолізована цитоплазма, яка надає клітинам «ажурного» вигляду (рис. 2). Присутні також зруйновані фолікули з фрагментами клітин у колоїді поля «ажурних» ТЦ (рис. 3).

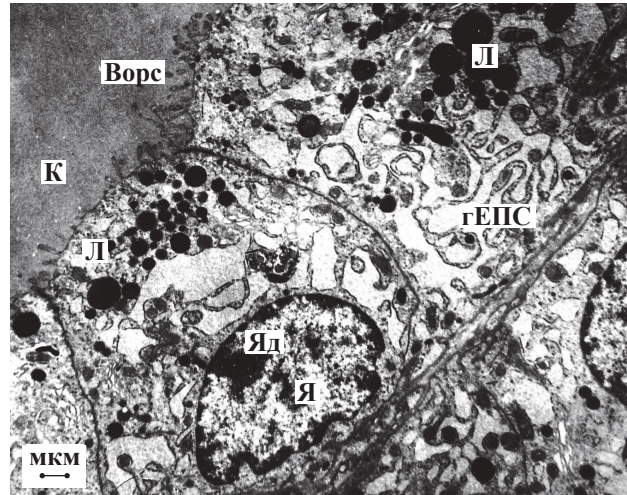


Рис. 1. Стінка фолікула з тиреоцитів нормальної будови після опромінення. Я — ядро, Яд — ядерце, гЕПС — гранулярна ендоплазматична сітка, Л — лізосома, Ворс — цитоплазматичні ворсинки, К — колоїд у просвітку фолікула, МКМ — збільшення

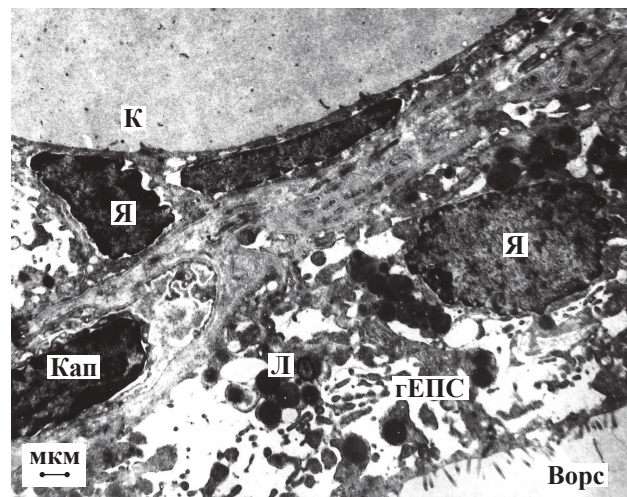


Рис. 2. Стоншені стінки двох суміжних фолікулів з «ажурних» тиреоцитів витягнутої форми, які мають темне ядро та вакуолізовану цитоплазму після загального опромінення. Кап — капілярна судина

Подібні зміни спостерігаються іншими науковцями, які досліджували морфологічний стан ЩЗ після тотального опромінення у малих дозах, що супроводжувалося зниженням рівня тиреоїдних гормонів [6].

Опромінення тільки голови експериментальних тварин приводить до схожих змін ультраструктури ЩЗ, а дія радіації на тіло не впливає на тонку її будову. Це відповідає гіпотезі про переважне радіаційне ураження органів вищої ендокринної регуляції, які розташовуються у головному мозку, оскільки ЩЗ є порівняно

радіорезистентним органом, що характерно для тканин з низьким рівнем проліферативної активності.

Сперматогенний епітелій каналців яєчка щурів також виразно реагує як на загальну дію радіації у малій дозі, так і на опромінення однієї лише голови. На відміну від біологічного контролю через 6 місяців після опромінення цитоплазма багатьох сперматогоній (СГ) вакуолізується, в ній накопичуються лізосоми та великі грубі осмієфільні тільця, які за своєю структурою нагадують ліпофусцинові гранули, зростає частка темних функціонально неактивних клітин, різко розширюються міжклітинні просвіткі, не виявляються СГ у стані мітотичного ділення (рис. 4–6). Подібні зміни свідчать про зниження функціональної активності цих клітин. Ультраструктура сперматид не має помітних змін, тоді як у популяції сперматид спостерігаються досить виразні порушення: зменшується їх кількість та розміри, часто загублюються акросомні гранули, зрідка виявляється утворення двох гранул замість однієї (рис. 7).

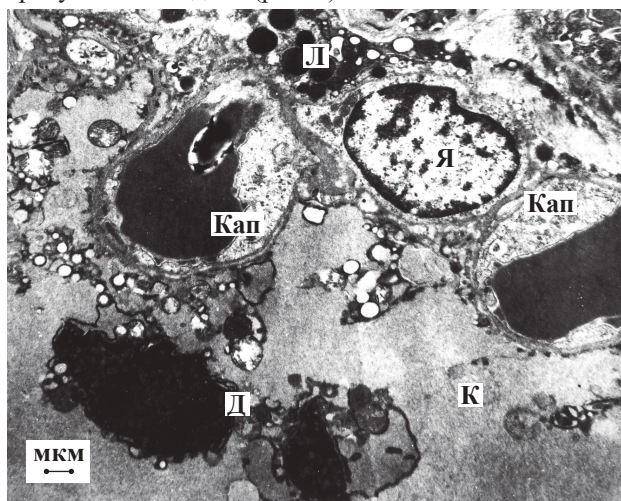


Рис. 3. Зруйнована стінка фолікула, клітинний детрит у колоїді, оголені судини сполучної тканини після опромінення голови. Д — клітинний детрит

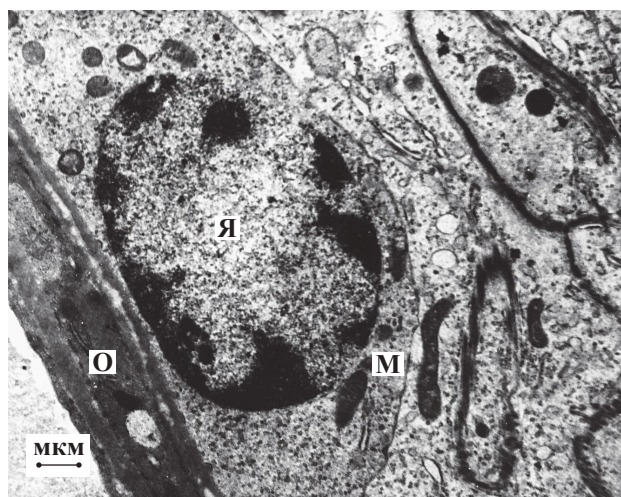


Рис. 4. Базальний відділ каналця сперматогенного епітелію щура групи біологічного контролю, сперматогоній. О — сполучнотканинна оболонка каналця, М — мітохондрія

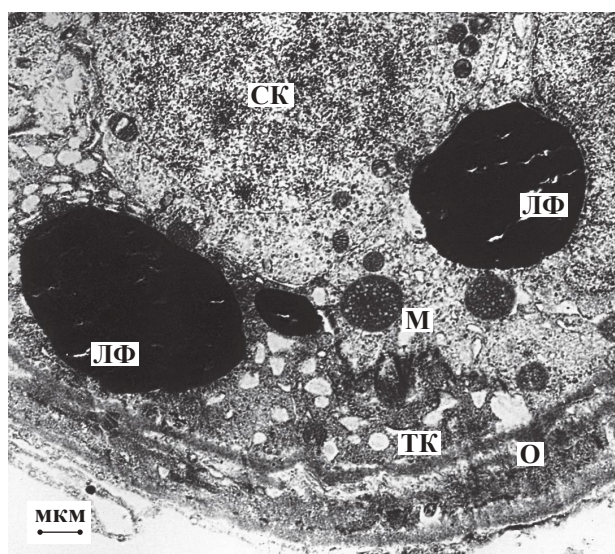


Рис. 5. Ліпофусцинові тільця у світлій та темній клітинах базального відділу сперматогенного епітелію після загального опромінення. ЛФ — ліпофусцинове тільце, ТК — темна клітина, СК — світла клітина

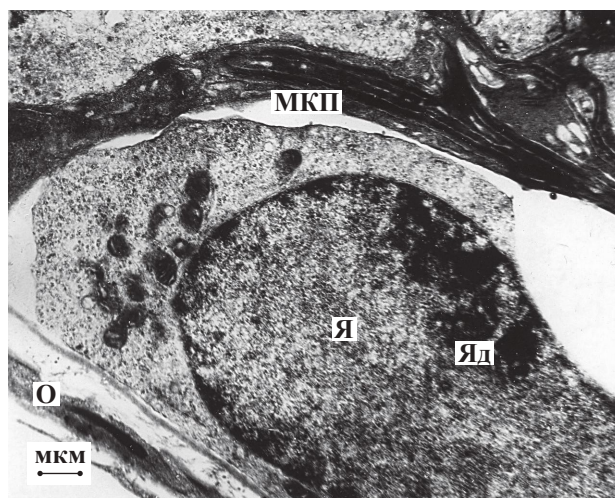


Рис. 6. Розширені міжклітинні просвіткі у базальному відділі сперматогенного епітелію після опромінення голови. МКП — міжклітинний просвіток

Тобто у віддалені терміни після опромінення у дозі 0,75 Гр страждає структура переважно стовбурових клітин, частина з яких стає функціонально неспроможними (темні клітини), а порушення сперматид можуть бути наслідком генетичних уражень у збережених СГ. При дії радіації на тіло не відзначається помітних змін ультраструктурного стану сперматогенного епітелію.

Відомо, що порушення репродуктивної функції внаслідок дії іонізуючої радіації можуть бути як результатом безпосереднього ураження сперматогенного епітелію, так і порушенням центральних регуляторних механізмів [9]. Очевидно, мають місце обидва процеси. Однак у віддалені терміни переважають такі, що пов'язані з гальмуванням діяльності тестикул з боку гіпофіза та гіпоталамуса, на це вказує відсутність змін ультраструктурного стану сперматогенного епітелію при дії радіації на тіло з екрануванням голови.

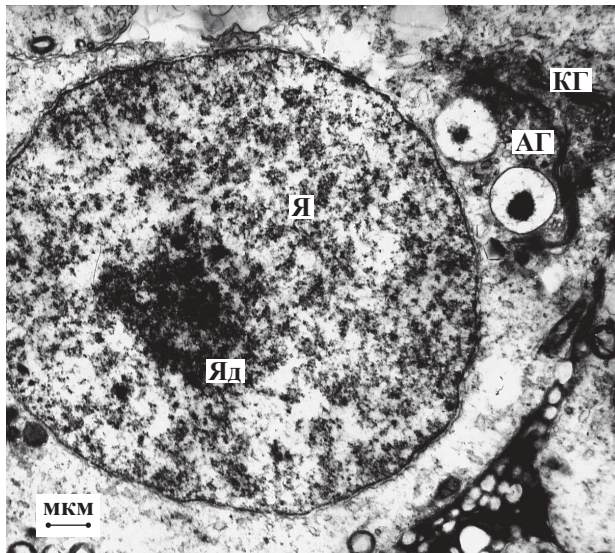


Рис. 7. Сперматид з двома акросомними гранулами після опромінення голови. АГ — акросомна гранула, КГ — комплекс Гольджі

Найбільш характерним для ультраструктури клітин кори надниркових залоз після тотального зовнішнього опромінення та опромінення однієї тільки голови є зменшення у цитоплазмі адренкортикоцитів (АКЦ) кількості ліпідних краплин, де звичайно зберігається попередник глюкокортикоїдів холестерол, а їх місце займають світлі волокнисті тільця, які залишаються внаслідок розсмоктування ліпідів (рис. 8). Поряд із цим зростає чисельність первинних та вторинних лізосом, виявляються великі аутофагосоми, у складі яких можна ідентифікувати ліпідні фрагменти (рис. 9). Популяція мітохондрій в АКЦ стає більш поліморфною з виникненням серед цих органел великих їх форм. Такі ознаки свідчать про процеси значного функціонального навантаження, коли, з одного боку, підвищено використання холестеролу, на що вказують наявність ліпідів у стані розсмоктування і підвищеної кількості лізосом та зміни структурно-функціональних характеристик мітохондрій, які беруть участь у цьому процесі, а з іншого — не тільки не спостерігається ознак поновлення, але й помітним стає зростання кількості темних функціонально неактивних клітин, що є ознакою виснаження функціональної активності АКЦ (рис. 10). При опроміненні одного тільки тіла не спостерігається значних відхилень ультраструктури клітин надниркових залоз від норми (рис. 11).

Деякі дослідники також висловлюють думку про значне виснаження глюкокортикоїдної функції при дії радіації у малих дозах, базуючись як на рівні кортикостероїдів, так і на морфологічних даних [12]. Однакова ультраструктурна картини кори надниркових залоз у групах тварин, у зону опромінення яких входить голова, і відсутність змін при дії радіації тільки на тіло неспростовно вказує, що саме у головному мозку розташовуються структури, ураження яких призводить до напруження функціональної діяльності адренкортикоцитів.

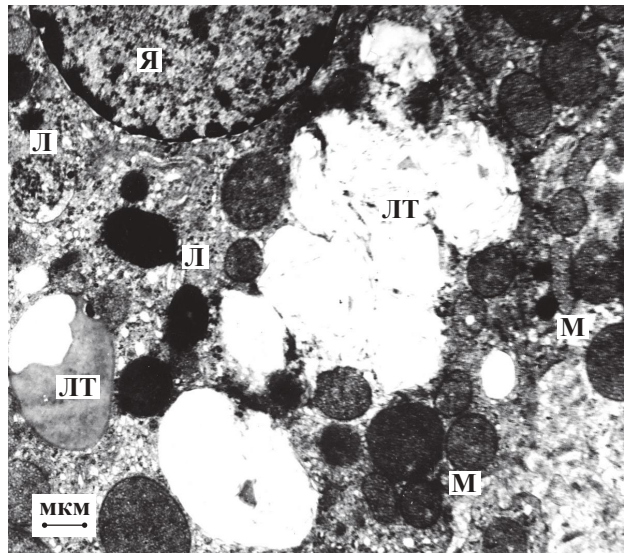


Рис. 8. Група ліпідів, що розсмоктовуються, лізосоми, ліпідні тільця і мітохондрії різного розміру у цитоплазмі адренкортикоцита після загального опромінення. ЛТ — ліпідні тільця

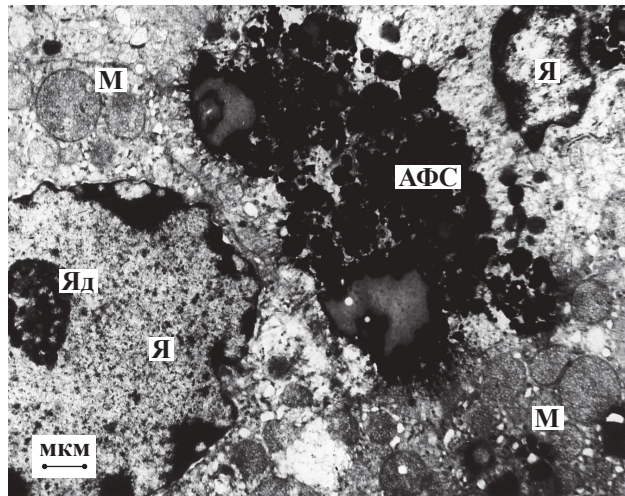


Рис. 9. Велика аутофагосома у цитоплазмі адренкортикоцита після опромінення голови. АФС — аутофагосома

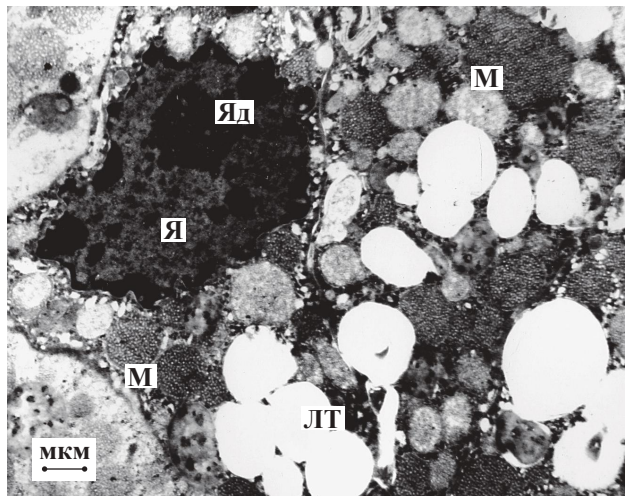


Рис. 10. Темний функціонально неактивний адренкортикоцит після опромінення голови

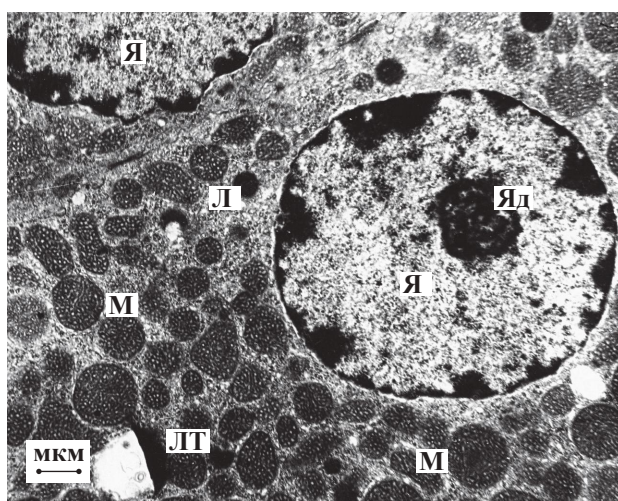


Рис. 11. Адренокортикоцит нормальної будови після опромінення тіла

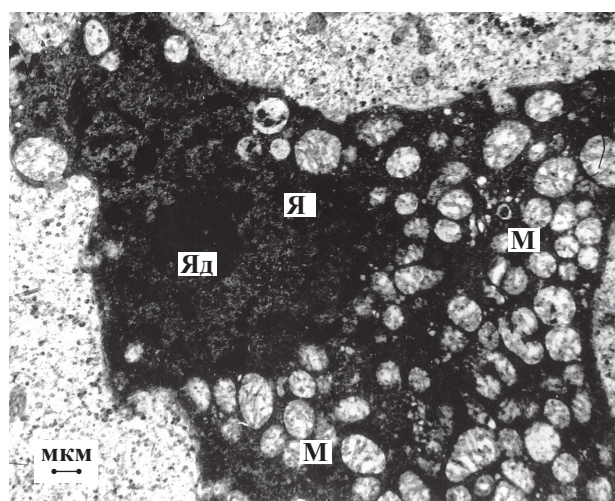


Рис. 13. Темний функціонально неактивний пінеалоцит після опромінення голови

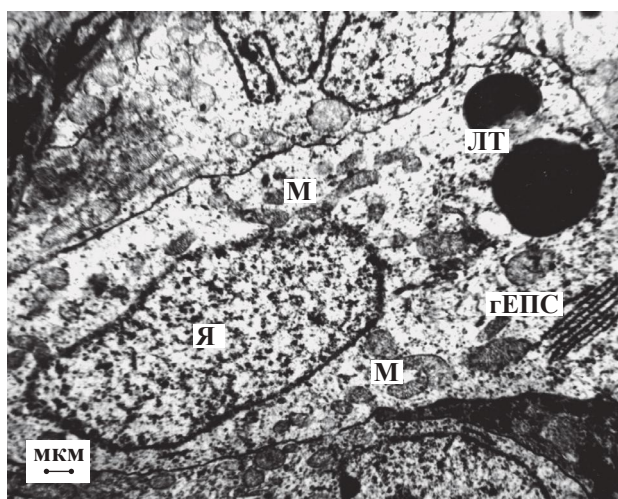


Рис. 12. Пінеалоцит щура групи біологічного контролю

Радіаційні зміни структурно-функціонального стану у віддалений термін після загального опромінення у малій дозі спостерігаються і у клітинах пінеальної залози (епіфіза). Набір цитоплазматичних органел у пінеалоцитах (ПЦ) інтактних тварин: наявність профілів гранулярної ендоплазматичної сітки (ГЕПС), ядра з дисперсним хроматином, чітких мітохондрій свідчить про наявність процесів білкового синтезу, очевидно, ферментів для продукції гормонів епіфіза. Крім того, майже у кожному ПЦ присутні ліпідні тільця, функцією яких може бути забезпечення синтетичних процесів енергією (рис. 12). Після загального опромінення у дозі 0,75 Гр найбільш характерним для ультраструктури епіфіза стає поява значної кількості темних функціонально малоактивних або зовсім неактивних клітин, ядра яких містять конденсований хроматин, а цитоплазма заповнена набряклими мітохондріями з віддавленими на периферію кристами (рис. 13). Іншою особливістю є спотворення форми ядра у більшості пінеалоцитів, зникнення звичайних органел у цитоплазмі, зменшення кількості й розміру ліпідних краплин, деякі з котрих демонструють ознаки розсмоктування свого вмісту (рис. 14).

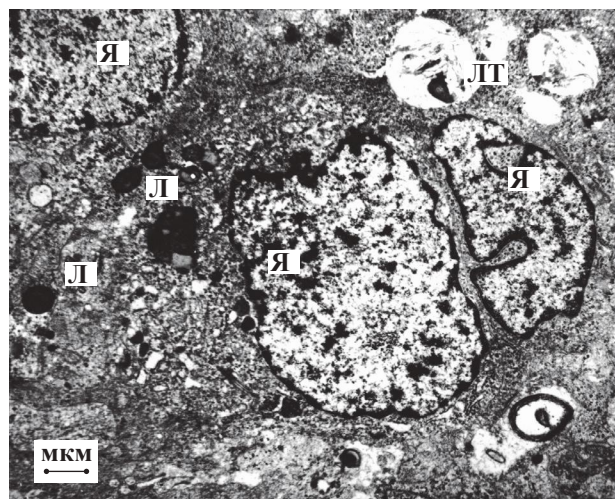


Рис. 14. Двоядерний пінеалоцит з плейоморфними ядрами, ліпідними краплинами у стані розсмоктування, невиразними органелами у цитоплазмі після загального опромінення

Проведене у подібних умовах визначення рівня метаболітів серотоніну та гормону пінеальної залози мелатоніну показало зниження їх концентрації у тканині епіфіза та сироватці крові дослідних тварин та різке зменшення добового виділення мелатоніну із сечею у ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС [10, 18].

У разі опромінення окремо однієї тільки голови експериментальних тварин спостерігається ідентична ультраструктурна картина, тоді як при дії радіації на тіло щурів вона відповідає віковій нормі.

У гіпофізі через 6 місяців як після тотального опромінення, так і після опромінення однієї тільки голови експериментальних тварин відзначаються помітні зміни ультраструктури клітин, особливо виражені у соматотропних, та гонадотропних клітинах. На відміну від інтактних тварин, у популяції соматотропоцитів (СТЦ) більшість клітин має знижену кількість специфічних гранул, а частину цитоплазми заповнюють цистерни ГЕПС. Помітною стає частка темних, функціонально неактивних форм (рис. 15, 16). Це співвідноситься з даними про зниження соматотропної функції гіпофіза у ліквідаторів наслідків чорнобильської катастрофи [5].

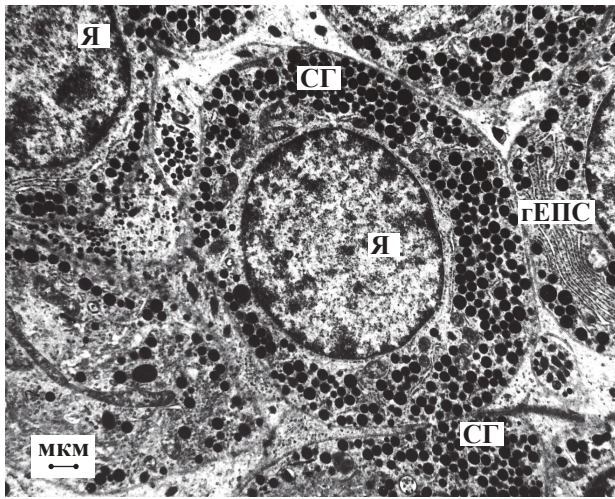


Рис. 15. Соматотропоцит щура групи біологічного контролю. СГ — секреторні гранули

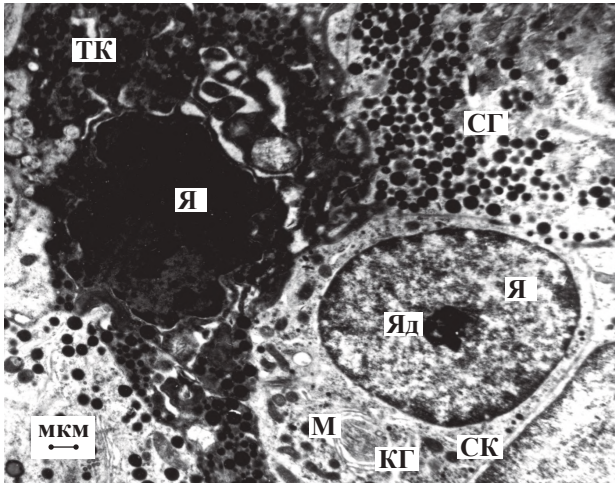


Рис. 16. Темний функціонально неактивний соматотропоцит та світлий соматотропоцит з одиничними гранулами після опромінення голови

Гонадотропоцити (ГТЦ) більш виразно відповідають на опромінення. На відміну від ультраструктури ГТЦ інтактних щурів, з'являються клітини зі зменшеною кількістю секреторних гранул, серед яких майже не виявляються великі їх форми (рис. 17, 18). Багато функціонально неактивних темних клітин. Спостерігається також розширення цистерн гЕПС з накопиченням у них білкової субстанції та присутність великих порожнин, в яких міститься така речовина (рис. 19, 20). ГТЦ у такому стані виявляються у гіпофізі експериментальних тварин після кастрації [19].

Для тиротропоцитів тварин, у зону опромінення яких входить голова, характерне переважно зниження кількості гранул у цитоплазмі порівняно з групами відповідного контролю та впливом радіації на тіло (рис. 21, 22).

Популяція адренотропоцитів (АКТЦ) після загального опромінення набуває помітного поліморфізму, причому поряд із клітинами звичайної будови виявляються як майже спустошені форми, так і КТЦ, зібрані групами і заповнені численними дрібними секреторними гранулами (рис. 23, 24). Схожа реакція на опромінення притаманна цим клітинам і при дії радіації на голову і не спостерігається при опроміненні тіла.

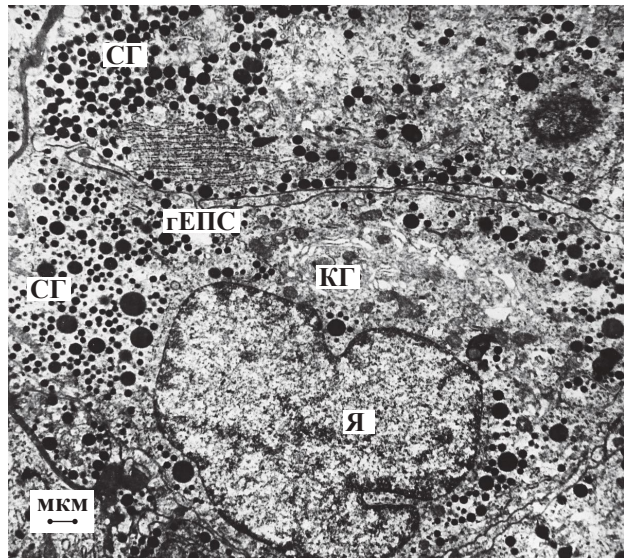


Рис. 17. Гонадотропоцит гіпофіза щура групи біологічного контролю

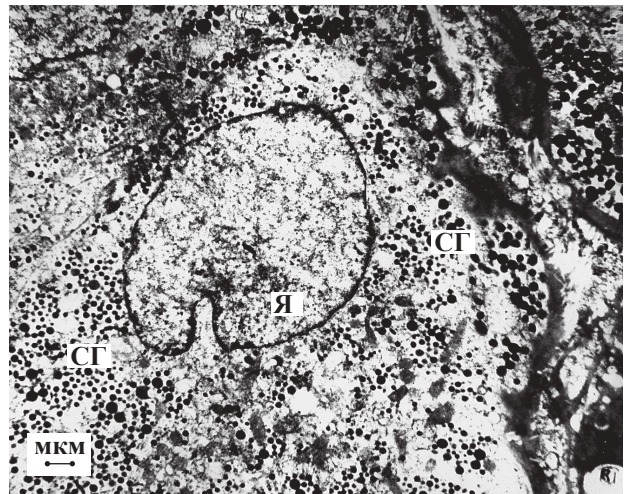


Рис. 18. Гонадотропоцит, який загублює гранули великого розміру, після загального опромінення

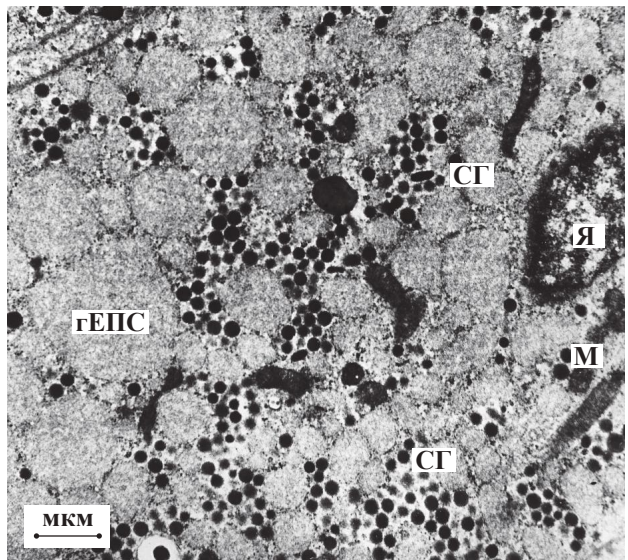


Рис. 19. Розширені цистерни гранулярної ендоплазматичної сітки із серозним вмістом у гонадотропоциті після загального опромінення

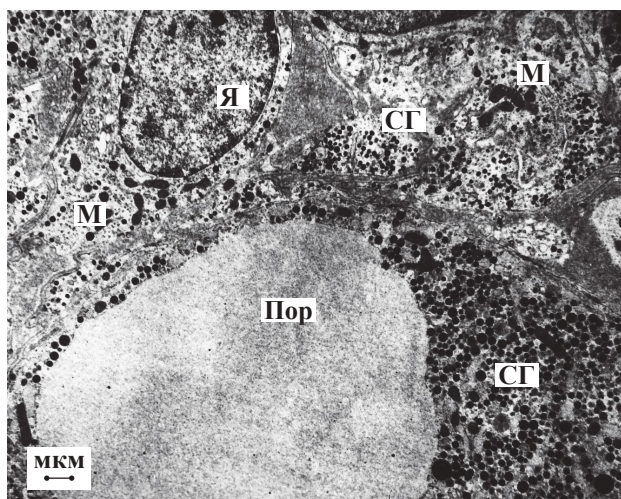


Рис. 20. Велика порожнина із серозним вмістом у гонадотропоциті після загального опромінення. Пор — порожнина

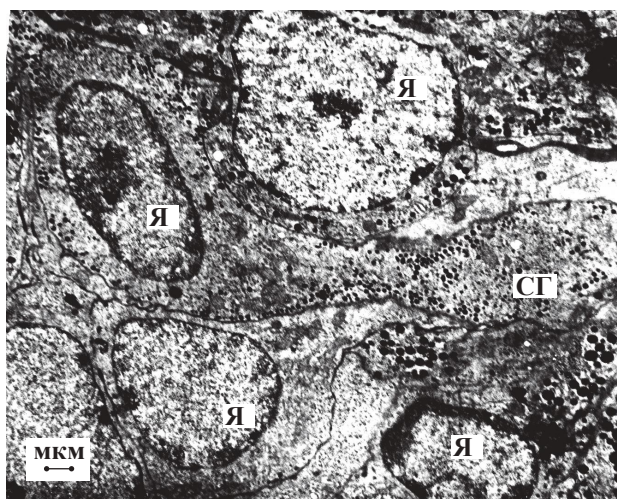


Рис. 23. Типовий адренокортикотропоцит у гіпофізі щура групи біологічного контролю

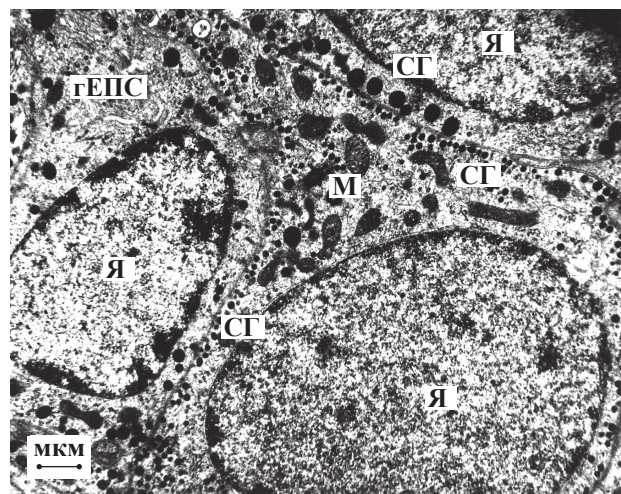


Рис. 21. Секреторні гранули, розташовані вздовж плазматичної мембрани, у типовому тиротропоциті щура групи біологічного контролю

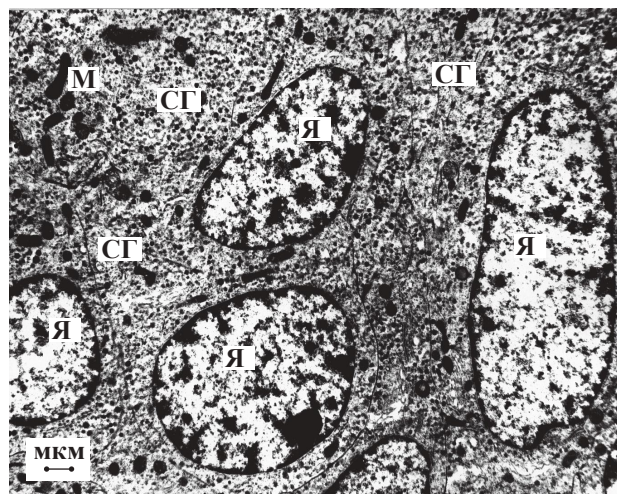


Рис. 24. Група адренокортикоцитів із численними секреторними гранулами після загального опромінення

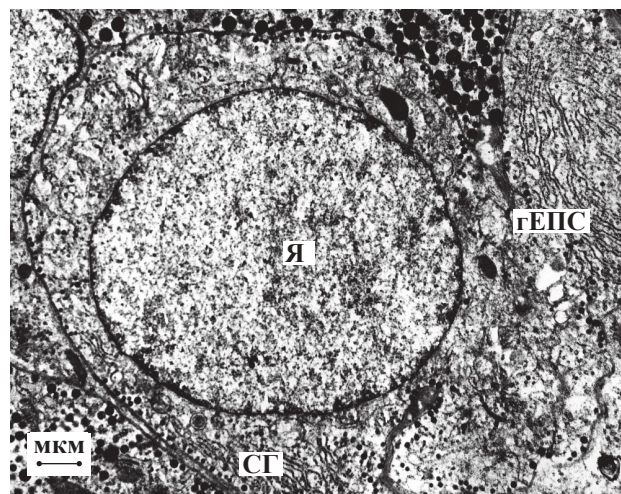


Рис. 22. Тиротропоцит, з одиничними гранулами і розвинутою гранулярною ендоплазматичною сіткою після загального опромінення

Слід зазначити, що гальмування ендокринної функції органів гіпоталамо-гіпофізарної ендокринної системи спостерігається також у віддалені терміни після дії високих доз радіації, внутрішнього опромінення при накопиченні дози близько 1 Гр, внаслідок довготривалого утримання тварин на забруднених радіонуклідами територіях [20–22]. Тобто така реакція є універсальною при дії іонізуючої радіації на організм.

Проведені дослідження дозволяють дійти висновку, що при дії радіації у малих дозах на організм порушення структурно-функціонального стану органів ендокринної системи можуть бути пов'язані з ураженням радіочутливих ділянок у головному мозку, зокрема у гіпоталамусі. Звідки випливає практичний висновок про необхідність екранування голови при перебуванні в зоні дії радіації. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на пошук структур мозку, відповідальних за порушення ендокринної регуляції, розшифровку механізмів їх ураження, яке при дії радіації у малих дозах призводить до довготривалого (можливо, необоротного) зниження функціональної активності органів

гіпоталамо-гіпофізарної ендокринної системи та на вивчення можливості модифікації та корекції пост-радіаційних змін.

ВИСНОВКИ

1. Ультраструктурні порушення клітин органів ендокринної системи експериментальних тварин вказують на зниження їх функціональної активності у віддалені терміни після загального опромінення у малій дозі та виснаження функції.

2. Паралельне гальмування активності органів-мішеней та регуляторних органів ендокринної системи може свідчити про вторинний характер гіпофункції залоз-мішеней за рахунок зниження рівня відповідних тропних гормонів гіпофіза.

3. Опромінення окремо однієї тільки голови експериментальних тварин викликає зміни у клітинах ендокринних залоз, подібні до тих, що спостерігаються при тотальному опроміненні.

4. Опромінення окремо від голови тільки тіла експериментальних тварин не призводить до радіаційних змін у клітинах ендокринних залоз.

5. Проведені дослідження свідчать, що при дії радіації у малих дозах на організм критичним органом є головний мозок, тобто радіочутливі його ділянки, які беруть участь у вищій регуляції ендокринної системи.

6. Під час перебування у зоні дії іонізуючої радіації корисним може бути екранування голови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Богуш Л. Г.* Стан здоров'я населення України, постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС: динаміка, проблеми, перспективи вдосконалення медичного обслуговування / Л. Г. Богуш // Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. — 2009. — Вип. 14. — С. 85–91.
2. *Пірогова О. Я.* Епідеміологічне дослідження стану здоров'я дорослого евакуйованого населення в зв'язку з радіаційним впливом / О. Я. Пірогова // Тез. доп. Віддалені наслідки впливу іонізуючого випромінювання. Міжнародна науково-практична конф., Київ, 23–25 травня 2007 р. — Київ, 2007. — С. 177–178.
3. *Bazyka D.* Epidemiology of late health effects in Chernobyl cleanup workers / D. Bazyka // Abstracts of Global Conference on Radiation Topics — Preparedness, Response, Protection and Research (22nd Nuclear Medical Defense Conference), May 8th–11th 2017, Munich, Germany, 2017, — P. 41.
4. *Холодова Н. Б.* Изменения со стороны нервной системы в отдаленном периоде после облучения в малых дозах (участники ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986–1987 гг.) / Н. Б. Холодова, Л. А. Жаворонкова // Тез. докл. VI съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозология, радиационная безопасность), Москва, 25–28 окт. 2010 г. — М., 2010. — С. 132.
5. *Патофизиология* медицинских последствий у ликвидаторов Чернобыльской АЭС / Л. И. Ляско, Г. Н. Сушкевич, А. Ф. Цыб, Ю. З. Артамонова // Радиобиологичні та радіоекологічні аспекти Чорнобильської катастрофи: тез. доп. міжнар. конференції, Славутич, 11–15 квіт. 2011 р. — Славутич, 2011. — С. 36.
6. *Надольник Л. И.* Исследование эффектов однократного воздействия внешнего ионизирующего излучения на функционально-морфологические характеристики щитовидной железы крыс / Л. И. Надольник, З. В. Нецецкая // Тез. докл. 5-го съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозология, радиационная безопасность), Москва, 10–14 апр. 2006 г. — М., 2006 — С. 35.
7. *Cheban A. K.* Chernobyl disaster non-stochastic effects on thyroid / A. K. Cheban // Междунар. конф. «Чернобыль» 20 лет спустя, стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов». Минск (Беларусь), 19–21 апр. 2006 г. — Минск, 2006 — С.127–128.
8. *Конопля Е. Ф.* Функциональное состояние репродуктивной системы в условиях действия низкоинтенсивного хронического облучения в малых дозах / Е. Ф. Конопля // 4-й съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиозология, радиационная безопасность): тез. докл., Москва, 20–24 нояб. 2001 г. — М., 2001 — С. 294.
9. *Горбов В. Г.* Состояние репродуктивного гомеостаза у участников устранения последствий аварии на Чернобыльской АЭС / В. Г. Горбов // Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС: тез. докл. Украинской научно-практической конф., Киев, 21–23 апр. 1992 г. — Киев, 1992. — С. 56.
10. *Бондаренко Л. О.* Вплив ікс-випромінення в низьких дозах на шляхи біосинтезу і метаболізму індолів у пінеальній залозі / Л. О. Бондаренко // УРЖ — 2001. — № 3. — С. 298–302.
11. *Коваленко А. Н.* Функциональная и типологическая характеристика некоторых регуляторных гормональных систем у участников ликвидации последствий аварии на ЧАЭС с синдромом нейроциркуляторной дистонии / А. Н. Коваленко // Итоги 10 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС: тез. докл. 5-й междунар. научно-технической конф. Чернобыль-96, Зеленый Мыс, 1996 г. — Зеленый Мыс, 1996. — С. 104–105.
12. *Дерев'яно Л. П.* Оцінка стану гіпоталамо-гіпофізарно-надниркової системи за умов впливу малих доз зовнішнього та внутрішнього опромінення / Л. П. Дерев'яно // Радиобіологічні ефекти: ризики, мінімізація, прогноз: матеріали міжнар. конф., Київ, 22–24 берез. 2005 р. — Київ, 2005. — С. 47–48.
13. *Барабой В. А.* Чернобыль: десять лет спустя. Медицинские последствия радиационных катастроф / В. А. Барабой. — Київ: Чернобыльинформ, 1996. — 185 с.
14. *Дедов В. И.* Современные проблемы оценки биологического действия малых доз ионизирующей радиации: реакция и состояние нейроэндокринной системы / В. И. Дедов // Проблемы радиационной медицины. Респ. межвед. сб. — Киев: Здоров'я, 1992. — № 4. — С. 140–143.
15. *Гурин В. Н.* Функция системы гипоталамус – щитовидная железа в отдаленные сроки после облучения и коррекция выявленных нарушений нейротропином / В. Н. Гурин // Бюл. экп. биол. и мед. — 1993. — № 1. — С. 5–7.

16. Дудина Т. В. Сдвиги активности нейромедиаторных процессов и гуморальной регуляции, их роль в патогенезе постлучевых нарушений и коррекция / Т. В. Дудина, Т. С. Кандыбо, А. И. Елкина // Тез. докл. Радиобиологического съезда, Киев 20–25 сент. 1993 г. — Пушино, 1993. — С. 326–327.

17. Harris J. R. Electron Microscopy in Biology. A Practical Approach. / Ed. by J. R. Harris. — Oxford University Press, 1991. — 308 p.

18. Ром-Богуславская Е. С. К вопросу о маркерах реакции организма на воздействие малых доз ионизирующей радиации в отдаленном периоде / Е. С. Ром-Богуславская, Е. В. Сомова, И. В. Комарова // Актуальные проблемы ликвидации медицинских последствий аварии на Чернобыльской АЭС: тез. докл. Украинской научно-практической конф., Киев, 21–23 апр. 1992 г. — Киев, 1992. — С. 193.

19. Гордиенко В. М. Ультраструктура эндокринной системы // В. М. Гордиенко, В. Г. Козырницкий. — Киев: Здоров'я, 1978. — 288 с.

20. Коваленко А. Н. Гипофиз-адреналовая и гипофиз-гонадная системы у лиц, перенесших острую лучевую болезнь в связи с аварией на ЧАЭС (по данным 6-летнего наблюдения) / А. Н. Коваленко // Тез. докл. Радиобиологического съезда, Киев, 20–25 сент. 1993 г. — Пушино, 1993. — С. 458.

21. Деревянко Л. П. Хроническое влияние малых доз внутреннего облучения на гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую и симпато-адреналовую системы крыс / Л. П. Деревянко // Радиобіологічні та радіоекологічні аспекти Чорнобильської катастрофи: тез. доп. міжнар. конференції, Славутич, 11–15 квіт. 2011 р. — Славутич, 2011. — С. 25.

22. Ермакова О. Е. Структурно-функциональные адаптивные реакции эндокринной системы мышевидных грызунов в условиях повышенной радиоактивности среды обитания / О. Е. Ермакова // Радиобіологічні ефекти: ризики, мінімізація, прогноз: матеріали міжнар. конф., Київ, 22–24 берез. 2005 р. — Київ, 2005. — С. 49–50.

Стаття надійшла до редакції 6.12.2018.

О. П. ЛУКАШОВА

ГУ «Институт медицинской радиологии им. С. П. Григорьева НАМН Украины», Харьков

УЛЬТРАСТРУКТУРА КЛЕТОК ЭНДОКРИННЫХ ОРГАНОВ В ОТДАЛЕННЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОБЩЕГО И ЧАСТИЧНОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛОЙ ДОЗЕ

Цель работы. Изучение действия радиации в малых дозах на структурно-функциональное состояние клеток эндокринных органов в отдаленный срок после общего и частичного фракционированного облучения крыс в дозе 0,75 Гр.

Материалы и методы. С помощью стандартных методов электронной микроскопии исследована ультраструктура клеток щитовидной железы, сперматогенного эпителия, коры надпочечников, пинеальной железы и аденогипофиза через 6 месяцев после фракционированного общего рентгеновского облучения, облучения только головы отдельно и облучения тела крыс в суммарной дозе 0,75 Гр.

Результаты. Установлено, что через полгода после общего облучения наблюдаются заметные нарушения ультраструктуры клеток исследуемых желез, которые свидетельствуют о процессах угнетения функциональной деятельности этих органов. Воздействие радиации на голову в тех же условиях приводит к идентичным изменениям, в то время как при облучении только тела структурно-функциональное состояние всех исследуемых органов соответствует возрастному контролю.

Выводы. Ультраструктурные нарушения клеток органов эндокринной системы экспериментальных животных указывают на снижение их функциональной активности в отдаленные сроки после общего облучения в малой дозе и на истощение функции. Параллельное торможение активности органов-мишеней и регуляторных органов эндокринной системы может свидетельствовать о вторичном характере гиподисфункции органов-мишеней за счет снижения уровня соответствующих тропных гормонов гипофиза. Облучение только головы экспериментальных животных вызывает изменения в клетках эндокринных желез, подобные тем, которые наблюдаются при тотальном облучении. Облучение только тела экспериментальных животных не приводит к радиационным изменениям в клетках эндокринных органов. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что при действии радиации в малых дозах на организм критическим органом является головной мозг, то есть его радиочувствительные участки, которые принимают участие в высшей регуляции эндокринной системы. При нахождении в зоне действия ионизирующей радиации полезным может быть экранирование головы.

Ключевые слова: облучение, малые дозы, отдаленные сроки, эндокринные органы, ультраструктура.

O. P. LUKASHOVA

SI «Grigoriev Institute for Medical Radiology of National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv

ULTRASTRUCTURE OF ENDOCRINE ORGAN CELLS IN LONG-TERM PERIOD AFTER TOTAL AND PARTIAL EXPOSURE AT A SMALL DOSE

Purpose. Study of small dose radiation effect on the structural and functional state of endocrine organ cells in the long term after the total and partial fractional irradiation of rats at a dose of 0.75 Gy.

Methods. The ultrastructure of the thyroid gland, spermatogenic epithelium, adrenal cortex, pineal gland and adenohypophysis 6 months after fractional total x-irradiation, individual head irradiation, and individual body irradiation of rats at a total dose of 0.75 Gy were investigated using electron microscopy standard methods.

Outcomes. It has been found that six months after total exposure, there are noticeable disturbances in the ultrastructure of the examined endocrine gland cells, which indicate the processes of inhibition of the functional activity of these organs. The effect of radiation on the head under the same conditions leads to identical changes; in cases when only the body is irradiated, the structural and functional state of all investigated organs corresponds to the age control.

Conclusions. Ultrastructural disturbances of endocrine cells in experimental animals indicate a decrease in their functional activity in the long term after a general dose of radiation and depletion of the function. Parallel inhibition of the activity of the target organs and regulatory organs of the endocrine system may indicate the secondary nature of the hypofunction of the target glands by reducing the level of the corresponding tropical pituitary hormones. The irradiation of only the heads of experimental animals causes changes in the cells of the endocrine glands, similar to those observed with total irradiation. Ultrastructural disturbances of endocrine cells in the experimental animals indicate decreased functional activity in the long term after a general dose radiation and function depletion. Parallel inhibition of the activity of the target organs and endocrine system regulatory organs may indicate a secondary nature of the hypofunction of the target glands by reducing the level of the corresponding tropic pituitary hormones. The irradiation of only the heads of experimental animals causes changes in the cells of the endocrine glands, similar to those observed in total irradiation. The irradiation of only the body of experimental animals does not lead to radiation changes in the cells of the endocrine organs. The study shows that when exposed to radiation in small doses, the brain is the critical organ, that is, radiophysical areas that are involved in the higher regulation of the endocrine system. When being in the zone of ionizing radiation, head shielding may be useful.

Keywords: irradiation, small doses, long terms, endocrine organs, ultrastructure.

Контактна інформація:

Лукашова Ольга Петрівна

канд. біол. наук, провідний науковий співробітник лабораторії радіаційної онкології ДУ «ІМР НАМН України»

вул. Пушкінська, 82, м. Харків, 61024, Україна

тел.: +38 (050) 780-63-90

e-mail: imr@ukr.net