

Ю. П. Гриневич, А. І. Липська, І. П. Дрозд, С. В. Телецька

*Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ***ДИНАМІКА ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У КРОВІ ЩУРІВ
ЗА УМОВ ЧАСТКОВОГО БЛОКУВАННЯ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ СТАБІЛЬНИМ ЙОДОМ**

Досліджено вільнорадикальні процеси у крові щурів-самців лінії Вістар методом індукованої H_2O_2 хемілюмінесценції за умов разового перорального надходження до організму ^{131}I активністю 65,9 кБк/тварину та за часткового блокування щитоподібної залози стабільним йодом. Установлено, що введення радіоактивного ^{131}I і часткове блокування щитоподібної залози стабільним йодом (^{127}I) призводять до незначних змін прооксидантно-антиоксидантного співвідношення та перебігу вільнорадикальних процесів у периферичній крові за основними показниками хемілюмінесцентної реакції (світлосумою світіння, максимальною інтенсивністю світіння першого спалаху, прикінцевою інтенсивністю світіння, швидкістю утворення вільних радикалів, часом досягнення максимальних значень). Не виявлено істотних відхилень активності каталази у крові дослідних щурів від показників щурів контрольної групи.

Ключові слова: йод радіоактивний, йод стабільний, внутрішнє опромінення, хемілюмінесценція, кров, вільнорадикальні процеси, щури лінії Вістар.

Вступ

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 їхнього 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. Прикладом таких аварій є аварії на ядерних енергоблоках ЧАЕС та Фукусіми.

Основними дозоутворюючими радіонуклідами у районах, що були забруднені внаслідок аварії на ЧАЕС, є радіоізотопи цезію, стронцію, а в ранній післяаварійний період – йоду. Серед радіоізоотопів йоду найнебезпечнішим для довкілля і людини є ^{131}I . Унаслідок аварії на ЧАЕС в атмосферу потрапило близько 7 - 10 МКі цього радіоізоотопу [1]. ^{131}I – це бета-гамма-випромінювач із періодом напіврозпаду 8,04 д (д - доба). Його радіоактивні ізотопи можуть потрапляти в організм з їжею (головним чином з молочними продуктами) через органи травлення, дихання, ранові і опікові поверхні шкіри. За умов надмірного і неконтрольованого надходження особливої небезпеку становлять ізотопи ^{131}I , ^{134}I , ^{135}I . Поглинання розчинних сполук йоду в умовах надходження вказаними шляхами до організму може досягати 100 %. Найбільш небезпечним є інгаляційне та пероральне надходження. Незалежно від шляху надходження ізотопи йоду швидко переходять у кров'яне русло, всмоктуються у кров і лімфу, і вже через одну добу до 40 % активності ізотопу реєструється у щитоподібній залозі (ЩЗ) [2].

Близько 30 % йоду, що надходить до організму, накопичується у ЩЗ та виводиться з неї з біологічним періодом напіввиведення 120 д. Решта поглинається іншими органами та тканинами й виводиться з них із біологічним періодом напіввиведення 12 д. За надходження до організму людини радіоактивного йоду до досягнення поглинутої дози 30 Гр спостерігається підвищення функціональної активності ЩЗ, надалі – її стійке зниження. Транспортування радіонуклідів до органів та його дифузія у тканини здійснюється головним чином завдяки циркуляції крові, ураження якої зумовлює розвиток не тільки гематологічних патологій, а й інших системних захворювань організму. Для захисту ЩЗ від накопичення радіоактивних ізотопів йоду застосовують препарати стабільного йоду (^{127}I). Йодна блокада ЩЗ є ефективним заходом у період ранньої фази аварії на ядерних об'єктах, коли фіксуються значні викиди в довкілля радіоізоотопів йоду і впродовж якої існує загроза їхнього надходження до організму людини інгаляційно та з продуктами харчування. Окрім того, йодна профілактика – ефективний ранній захід запобігання виникнення детерміністичних та мінімізації стохастичних ефектів у населення, особливо у дітей [3].

За дії на організм іонізуючого випромінювання в його органах і тканинах спостерігається гіперпродукція вільних радикалів (ВР), токсичних продуктів їхнього перетворення (ендогенні радіотоксини) і, зокрема, пероксиду водню, у нейтралізації якого важливу роль відіграє каталаза – фермент, що вважається одним із найбільш ефективних компонентів системи антиоксидантного захисту. У біологічних об'єктах утворення та рекомбінація ВР супроводжується хемілюмінес-

© Ю. П. Гриневич, А. І. Липська, І. П. Дрозд, С. В. Телецька, 2016

ценцією (ХЛ), що дозволяє об'єктивно характеризувати окисний метаболізм [4, 5]. Будь-які екзо- та ендogenous впливи на організм викликають кількісні та якісні фізико-хімічні зміни в крові - одній із найважливіших систем організму, що підтримує його гомеостаз [6]. Завдяки своїй реактивності, система крові відіграє основну роль у забезпеченні резистентності й формуванні адаптації за умов впливу на організм як зовнішніх подразників, так і змін його внутрішнього середовища [7]. Тому дослідження не тільки якісних та кількісних характеристик периферичної крові, а й її фізико-хімічних властивостей дають змогу поглибити наші знання про вплив стрес-агентів, до яких відноситься також і радіація, як на систему крові, так і на організм у цілому, зокрема й на його окисний гомеостаз.

У науковій літературі практично відсутні дані щодо інтенсивності та перебігу вільнорадикальних процесів (ВРП) в організмі людини та тварин за надходження до організму ^{131}I , зокрема й за умови блокування функціональної активності ЩЗ.

Метою роботи було дослідження впливу часткового блокування ЩЗ щурів стабільним йодом на перебіг ВРП у крові за умов подальшого разового надходження радіоактивного йоду (^{131}I).

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводили на статевозрілих щурах-самцях лінії Вістар масою 200 ± 20 г, яких утримували в умовах віварію на стандартному харчовому раціоні. Першій групі тварин після відбору крові з каудальної вени (0,1 мл) хвосту занурювали на 30 с у 5 %-ний спиртовий розчин стабільного йоду (^{127}I). Через 1 год тваринам вводили перорально через зонд по 65,9 кБк розчину натрію йодиду (Na^{131}I) у дистильованій воді. Другій групі тварин вводили лише розчин радіоактивного йоду такої ж радіоактивності. Контролем слугували інтактні тварини. Дослідження проводили на 0,125 д (3-ю годину), 1-у, 3-ю, 6-у та 8-у доби (по 5 зразків на кожну точку) із дотриманням вимог ст. 26 Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження». Інтенсивність переокисних процесів у гемолізатах вивчали за методом кінетичних хемілюмінесцентних характеристик (ХЛ-тест) [4] на хемілюмінометрі Lum-5773 з автоматичною обробкою кінетичних параметрів ХЛ-реакції. Кінетику світіння фіксували у вигляді хемілюмінограм. Визначали амплітуду швидкого спалаху (I_{max}); інтенсивність світіння через 300 с ($I_{\text{кінц}}$); час індукції швидкого спалаху (τ_{max}), с; загальну світлосуму ХЛ гемолізату за 300 с (Σ_{300}). Реакцію ініціювали введенням у кювету 0,5 мл 3 %-ного

пероксиду водню. Обробку та аналіз даних здійснювали за допомогою ПК із використанням програмного забезпечення "Power Graph", як описано нами раніше [8]. Активність каталази визначали за методом [9]. Експериментальні результати оцінювали із співвідношення дослід/контроль.

Вміст ^{131}I в органах і тканинах вимірювали гамма-спектрометричним методом із використанням Ge (Li) детектора ДГДК-60. Статистичну обробку експериментальних даних виконували стандартними методами з використанням прикладного програмного пакета MS Excel 2007.

Результати та обговорення

Особливості формування поглинутої дози та кінетика розподілу ^{131}I в основних органах і тканинах щурів за умов часткового блокування ЩЗ стабільним йодом детально описані в роботі [10]. За результатами роботи встановлено, що за вказаних умов блокування ЩЗ до цього органа надходить 28 % радіонукліда порівняно з групою тварин, ЩЗ яких не була заблокована. Тобто ступінь блокування надходження ізотопу ^{131}I за максимального його накопичення в ЩЗ становив 72 %. Окрім того, у тварин із частково заблокованою ЩЗ вміст ^{131}I у крові, починаючи з 2-ї доби після надходження до організму, стає приблизно вдвічі меншим, ніж у тварин із незаблокованою ЩЗ, і залишається на цьому рівні до завершення спостереження [10]. Динаміка розвитку вільнорадикальних процесів у гемолізатах, що визначаються за кінетичними показниками ХЛ-реакції з частковим блокуванням ЩЗ стабільним йодом та без такого представлена на рис. 1 - 5. Типові хемілюмінограми гемолізатів тварин наведено в роботі [11]. Вони характеризуються одним максимумом і не мають індукційного періоду. У ранні терміни спостереження (через 3 год від початку введення ізотопу) як за умов часткового блокування ЩЗ стабільним йодом, так і без такого в гемолізатах фіксували зменшення: світлосуми світіння в 1,3 раза порівняно з контролем (Σ_{300} , рис. 1); у 1,7 раза максимальної інтенсивності світіння (I_{max} , рис. 2); удвічі антиоксидантів ($I_{\text{кінц}}$, рис. 3); в 1,2 раза швидкості утворення ВР (рис. 5) та збільшення майже у 2,0 рази вмісту про- та антиоксидантів (τ_{max} , рис. 4).

Це свідчить про активацію антиоксидантних систем захисту організму у відповідь на надходження ^{131}I у периферичну кров.

Аналіз динаміки кінетичних параметрів ХЛ-реакції, а саме Σ_{300} , τ_{max} , $I_{\text{кінц}}$, I_{max} та швидкості утворення ВР, через 3 год від початку введення ^{131}I дає змогу припустити, що на ранньому етапі впливу ^{131}I на організм тварин як за часткового блокування ЩЗ, так і без фізико-хімічна ре-

гуляція ХЛ-реакції здійснюється переважно за рахунок прооксидантної (антиоксидантної) ланки каскаду складних біохімічних перетворень, що задіяні в реакціях утворення та деградації ВР.

Перша доба від початку введення ^{131}I характеризувалась зменшенням сумарної кількості ВР,

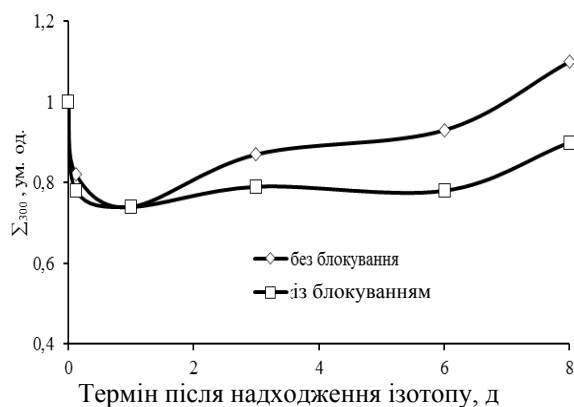


Рис. 1. Світлосума світіння (Σ_{300}) гемолізатів за умов надходження до організму ^{131}I без блокування та з частковим блокуванням ЩЗ стабільним йодом.

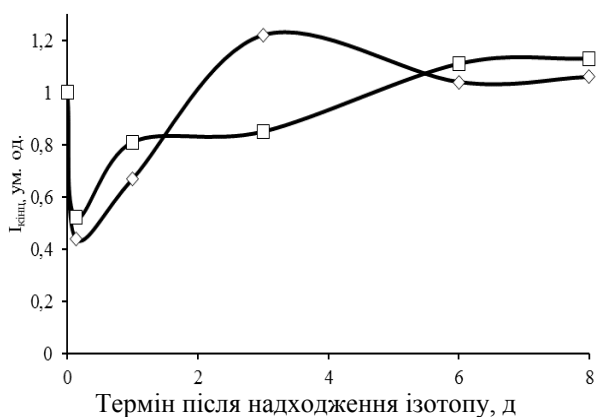


Рис. 3. Динаміка прикінцевої інтенсивності світіння гемолізатів ($I_{\text{кінц}}$) за умов часткового блокування ЩЗ стабільним йодом і без блокування (позначення на кривих такі ж, як на рис. 1).

Якщо на 3-ю годину рестрували однакову масштабність змін для всіх показників ХЛ-реакції у тварин із частково заблокованою і незаблокованою ЩЗ, то на 1-у добу така залежність була виявлена лише для Σ_{300} , I_{max} та τ_{max} (див. рис. 1, 2 і 4). Така динаміка змін ВРП може свідчити про формування радіогенних змін окисного гомеостазу на цьому етапі (1-а доба) дії ^{131}I на організм тварин в основному за рахунок підвищеного напруження антиоксидантів.

Варто зазначити, що саме в цей період (1-а доба) фіксували протилежно спрямовані зміни у швидкості утворення ВР (див. рис. 5) у дослідних групах тварин. Так, якщо за часткового блокування ЩЗ вона зростала майже в 1,2 раза, то без блокування зменшувалась в 1,6 раза порівняно з показниками контрольних тварин.

утворених за час ХЛ-реакції (див. рис. 1), часом виходу ХЛ на максимальні значення як за умов часткового блокування ЩЗ, так і без нього (див. рис. 4). Одночасно зростала максимальна інтенсивність світіння (див. рис. 2), посилювався викид у кров'яне русло антиоксидантів (див. рис. 3).

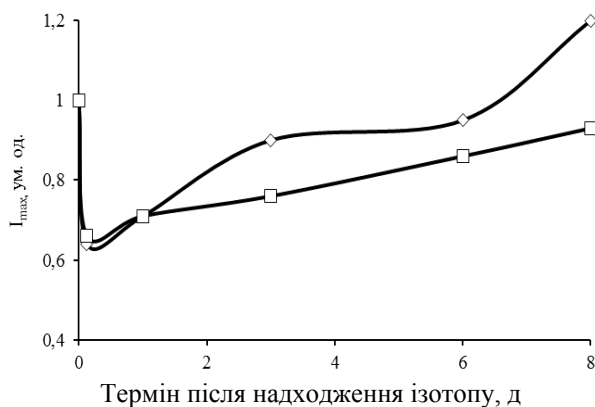


Рис. 2. Динаміка максимальної інтенсивності світіння (I_{max}) гемолізатів за умов часткового блокування ЩЗ стабільним йодом і без блокування (позначення на кривих такі ж, як на рис. 1).

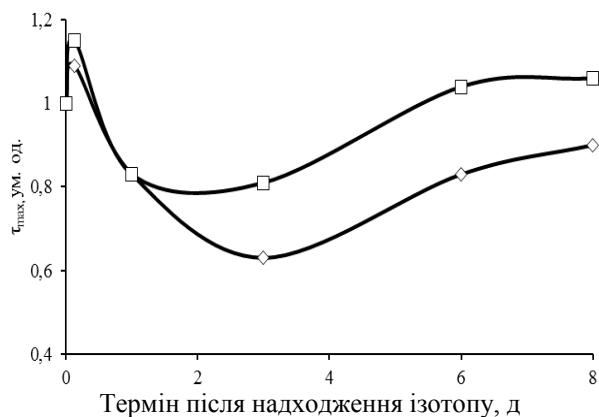


Рис. 4. Час виходу ХЛ гемолізатів на максимальні значення (τ_{max}) за умов часткового блокування ЩЗ стабільним йодом і без блокування (позначення на кривих такі ж, як на рис. 1).



Рис. 5. Швидкість утворення вільних радикалів у гемолізатах за часткового блокування та без нього ЩЗ стабільним йодом (позначення на кривих такі ж, як на рис. 1).

Надалі (від 1-ї і до 3-ї доби) відбувалось монотонне збільшення Σ_{300} , I_{\max} , $I_{\text{кінц}}$ та швидкості утворення ВР, причому у тварин із незаблокованою ЩЗ швидкість зростання була більшою. У цей період фіксували суттєве уповільнення часу виходу ХЛ на максимальні значення (τ_{\max}) у групі тварин, ЩЗ яких була не заблокована. Останнє вказує на те, що часткове блокування ЩЗ стабільним йодом збільшує співвідношення про- і антиоксидантів (τ_{\max}).

Від 3-ї до 6-ї доби започатковується поступове відновлення окисного гомеостазу, про що свідчить монотонне наближення ХЛ-показників гемолізатів дослідних тварин до значень контролю. Швидкість відновлення окисного гомеостазу у крові щурів за основними параметрами ХЛ-реакції, яким вводили ^{131}I без часткового блокування ЩЗ та з частково заблокованою стабільним йодом ЩЗ, відбувалась не однаково: Σ_{300} та I_{\max} відновлюються дещо швидше у групі щурів, ЩЗ яких не була частково заблокована. На 6-у добу всі досліджувані показники наближались до контрольних значень і залишались незмінними до 8-ї доби. Водночас амплітуда змін Σ_{300} та I_{\max} за умов блокування ЩЗ була дещо меншою.

Прикінцева інтенсивність світіння та швидкість утворення ВР у крові тварин на 8-у добу експерименту за умов часткового блокування ЩЗ і без нього були в межах контрольних значень. Час виходу ХЛ на максимальні значення (τ_{\max}) у тварин без часткового блокування ЩЗ був повільніший і на 8-у добу його показники були нижчі від контрольних, тоді як значення I_{\max} перевищує їх.

Одним із важливих процесів пригнічення ВРП є активація антиоксидантої ферментної системи захисту організму, до складу якої входить каталаза. Дослідження її активності у крові тварин показали, що через 3 год (0,125 д) після введення ^{131}I фіксували її зростання майже в 1,4 раза з досягненням максимальних значень на 1-у добу в обох дослідних групах тварин. У подальшому відбувалось монотонне зменшення активності каталази і на час завершення експерименту (8-а доба) її значення на 10 % перевищували показники контрольних тварин. Отже, не було виявлено суттєвих відмінностей активності каталази між групами експериментальних тварин. Необхі-

дно зазначити, що динаміка активності каталази у крові та інтенсивність перекисних процесів у цих двох групах тварин були протилежно спрямовані.

Низька компенсаторна ефективність каталази, виявлена нами, може бути обумовлена особливостями її функціонування в біологічних середовищах із різною концентрацією перексиду водню. Так, дослідження активності низки ферментів антиоксидантного захисту, серед яких є і каталаза, у цільній крові, еритроцитах та суспензії клітин кісткового мозку за умов щоденного тривалого (упродовж 30 д) низькоінтенсивного рентгенівського опромінення показали, що цей фермент тривалий час може зберігати підвищену активність, але у випадку високих концентрацій перексиду водню та за умов стресу його активність може знижуватися [12]. Автори припускають клітинно-специфічну відповідь ферменту, що може бути пов'язана, передусім, з його активацією, яка корелює із зменшенням спорідненості до мембранних структур і переходом у розчинний стан під дією надлишкових кількостей субстрату, а у більш віддалені терміни – синтезом активніших ізоформ [12].

Таким чином, у результаті проведених експериментальних досліджень виявлено незначні зміни ВРП у гемолізатах крові щурів як за блокування ЩЗ стабільним йодом (^{127}I), так і без блокування.

Показано, що динаміка ВРП як за часткового блокування ЩЗ, так і без такого була односпрямованою впродовж усього терміну спостереження.

Виявлена подібність у дії радіоактивного і стабільного йоду на ВРП у крові є доказом того, що ВРП, які відбуваються в організмі тварин за їхньої участі, схожі на «якісному» рівні. Можна припустити, що однією з причин такої подібності може бути висока фізико-хімічна активність, властива ^{127}I , що призводить до посиленої генерації активних форм кисню і розвитку окисного стресу і реалізується як у резистентних, так і чутливих до окисного стресу клітинах.

У механізмі радіогенних ланцюгових вільнорадикальних реакцій, індукованих радіоактивним йодом, значна роль належить і стабільному йоду, на що вказує незначний вклад ^{131}I у зміну основних показників ХЛ-реакції (світлосума та максимальна інтенсивність світіння).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Барьяхтар В.Г. Оценка масштабов катастрофы // Чернобыльская катастрофа: монография / под ред. В. Г. Барьяхтара. - К.: Наук. думка, 1995. - С. 24.
2. Лягинская А.М., Осипов В.А. Короткоживучие изотопы йода ($^{131-135}\text{I}$) в условиях радиационной аварии: особенности формирования и распределения поглощенных доз в щитовидной железе, биологические эффекты // Мед. радиология и радиационная безопасность. - 2005. - Т. 15, № 2. - С.18 - 26.
3. Лось І.П., Тарасюк О.Є., Шабуніна Н.Д. та ін.

- Аналіз вимог щодо порядку здійснення невідкладних заходів у разі виникнення радіаційних аварій та проведення йодної профілактики // Довкілля і здоров'я. - 2013. - № 1. - С. 20 - 25.
4. Серкиз Я.И., Дружина Н.А., Хриенко А.П. Хемилюминесценция крови при радиационном воздействии. - К.: Наук. думка, 1989. - 176 с.
 5. Поливода Б.И., Конев В.В., Попов Г.А. Биофизические аспекты радиационного поражения биомембран. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 160 с.
 6. Гжегоцький М.П., Заячківська В.П. Система крові: фізіологічні та клінічні основи. - Львів: Світ, 2001. - 385 с.
 7. Горизонтов П.Д. Система крови как основа резистентности и адаптации организма // Патол. физиол. и эксперим. терапия. - 1981. - № 2. - С. 323 - 325.
 8. Гриневич Ю.П., Липська А.І., Дрозд І.П. та ін. Інтегральна оцінка системи окисного метаболізму за тривалого внутрішнього надходження до організму щурів ^{131}I // Ядерна фізика та енергетика. - 2015. - Т. 16, № 3. - С. 273 - 276.
 9. Королюк М.А., Иванова Л.И., Майорова И.Г. и др. Метод определения активности каталазы // Лаб. дело. - 1988. - № 1. - С. 16 - 18.
 10. Дрозд І.П., Сова О.А., Шитюк В.А. Дозоутворення у лабораторних щурів за перорального надходження ^{131}I з блокуванням та без блокування щитоподібної залози стабільним йодом // Наук. праці Чорноморського держ. ун-ту ім. Петра Могили. - Вип. 198. - Техногенна безпека. - Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. - С. 23 - 30.
 11. Гриневич Ю.П., Липська А.І., Дрозд І.П. та ін. Перекисні процеси у крові щурів за разового введення різних активностей ^{131}I // Ядерна фізика та енергетика. - 2015. - Т. 16, № 4. - С. 353 - 358.
 12. Старикович Л., Виговська Т., Паук Г., Клевета Г. Вплив 30-добового низькоінтенсивного рентгєнівського випромінювання та ефект післядії на активність ферментів антиоксидантної системи еритрона // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. - 2003. - Вип. 32. - С. 56 - 63.

Ю. П. Гриневич, А. И. Липская, И. П. Дрозд, С. В. Телецкая

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ДИНАМИКА СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КРОВИ КРЫС ПРИ ЧАСТИЧНОМ БЛОКИРОВАНИИ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ СТАБИЛЬНЫМ ЙОДОМ

Исследовали свободнорадикальные процессы в крови крыс-самцов линии Вистар методом индуцированной H_2O_2 хемилюминесценции при разовом пероральном поступлении в организм ^{131}I радиоактивностью 65,9 кБк/животное в условиях частичного блокирования щитовидной железы стабильным йодом ^{127}I . Введенная радиоактивность ^{131}I и частичное блокирование щитовидной железы стабильным йодом оказывают незначительное влияние на изменение прооксидантно-антиоксидантного соотношения окислительного гомеостаза и течение перекисных процессов в крови по показателям хемилюминесцентной реакции (светосуммой свечения, максимальной интенсивностью свечения первой вспышки, конечной интенсивностью свечения, скоростью образования свободных радикалов, временем достижения максимальных значений интенсивности свечения). Не выявлено существенных изменений активности каталазы в крови опытных крыс от показателей крыс контрольной группы.

Ключевые слова: йод радиоактивный, йод стабильный, внутреннее облучение, хемилюминесценция, кровь, свободнорадикальные процессы, крысы линии Вистар.

Yu. P. Grynevych, A. I. Lypska, I. P. Drozd, S. V. Teletka

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

DYNAMICS OF FREE RADICALS PROCESSES IN RAT BLOOD WITH PARTIALLY BLOCKED THYROID GLAND BY STABLE IODINE

Free radicals processes in rat blood male Wistar by H_2O_2 - induced chemiluminescence single oral ingestion of ^{131}I in organism ^{131}I activate 65,9 kBq per animal conditions in partially blocked thyroid gland with ^{127}I , were studied. The introduction of radioactivity iodine, as well as partially blocking thyroid gland by iodine, do not influence significantly. Changing prooxidant- antioxidant homeostasis and oxidative correlation lipid peroxidation in blood for chemiluminescence reaction (sum light emission, the final intensity of the light emission, maximum intensity of the first flash light emission, velocity formation of free radicals, time to reach maximum values intensity of the first flash light emission). There were no significant changes in catalase activities in the experimental rat blood from the indices if the control group rats.

Keywords: radioactive iodine, stable iodine, internal exposure, free radicals processes, chemiluminescence, blood, Wistar rats.

REFERENCE

1. *Bar'yakhtar V.G.* Chernobyl catastrophe: monograph / ed. by V. G. Bar'yakhtar. - Kyiv: Naukova dumka, 1995. - P. 24. (Rus)
2. *Lyaguinska A.M., Osipov V.A.* // *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost'*. - 2005. - Vol. 15, No. 2. - P. 18 - 26. (Rus)
3. *Los' I.P., Tarasiuk O.Ye., Shabunina N.D. et al.* // *Dovkillya i zdorov'ya*. - 2013. - No. 1. - P. 20 - 25. (Ukr)
4. *Serkiz Ya.I., Druzhina N.A., Khrienko A.P.* Chemiluminescence of blood in radiation impact. - Kyiv: Naukova dumka, 1989. - 176 p. (Rus.)
5. *Polivoda B.I., Konev V.V., Popov G.A.* Biophysical aspects of radiation damage to biological membranes. - Moskva: Energoatomizdat, 1990. - 160 p. (Rus)
6. *Gzhegotsky M.P., Zayachkivska V.P.* The system of blood: physiological and clinical basis. - Lviv: Svit, 2001. - 385 p. (Ukr)
7. *Gorizontov P.D.* The system of blood as a basis for resistance and adaptation for organism // *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*. - 1981. - No. 2. - P. 323 - 325 (Rus)
8. *Grynevych Yu. P., Lypaska A.I., Drozd I.P. et al.* // *Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2015. - Vol. 16, No. 3. - P. 273 - 276. (Ukr)
9. *Korolyuk M.A., Ivanova L.I., Mayorova I.G. et al.* // *Laboratornoe delo*. - 1988. - No. 1. - P. 16 - 18. (Rus)
10. *Drozd I.P., Sova E.A., Shytiuk V.A.* // *Naukovi pratsi Chornomors'kogo derzhavnogo universytetu imeni Petra Mogyly*. - Iss. 198. - *Tekhnogenna bezpeka*. - Mykolayiv: Vydavnytstvo ChDU im. Petra Mogyly, 2013. - P. 23 - 30. (Ukr)
11. *Grynevych Yu.P., Lypaska A.I., Drozd I.P. et al.* // *Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)*. - 2015. - Vol. 16, No. 4. - P. 353 - 358. (Ukr)
12. *Starikov L., Vigovska T., Pauk G., Kleveta G.* // *Visnyk L'vivs'kogo universytetu. Seriya biologichna*. - 2003. - Iss. 32. - P. 56 - 63. (Ukr)

Надійшла 22.06.2016
Received 22.06.2016