

СПОНТАННІ РІВНІ АБЕРАЦІЙ ХРОМОСОМ У ЖИТЕЛІВ МІСТА КИЇВ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ

В 2000-2011 рр. проведено цитогенетичне обстеження 51 клінічно здорового жителя міста Києв (щільність забруднення території $^{137}\text{Cs} < 37 \text{ кБк/м}^2$), які не мали свідомих контактів із іонізуючим випромінюванням та іншими мутагенними чинниками. Показано, що спонтанна частота хромосомних аберацій у киян через 15-25 років після Чорнобильської аварії імовірна вища, ніж у жителів європейської частини Росії в доаварійний і післяаварійний періоди. У жителів Києва (18-50 років) інтенсивність хромосомного мутагенезу не залежить від віку.

Ключові слова: аберації хромосом, лімфоцити людини, іонізуюче опромінення, Чорнобильська аварія.

В 2000-2011 гг. проведено цитогенетическое обследование 51 клинически здорового жителя города Киева (плотность загрязнения территории $^{137}\text{Cs} < 37 \text{ кБк/м}^2$), которые не имели сознательных контактов с ионизирующим излучением и другими мутагенными факторами. Показано, что спонтанная частота хромосомных абераций у киевлян через 15-25 лет после Чернобыльской аварии достоверно выше, чем у жителей европейской части России в доаварийный и послеаварийный периоды. У жителей Киева (18-50 лет) интенсивность хромосомного мутагенеза не зависит от возраста.

Ключевые слова: аберации хромосом, лимфоциты человека, ионизирующая радиация, Чернобыльская авария.

In 2000-2011 cytogenetic examination of 51 clinically healthy Kyiv residents was performed (the contamination density of territory is $^{137}\text{Cs} < 37 \text{ kBq/m}^2$). This cohort had no conscious contact with ionizing exposure and other mutagenic factors. It is shown that Kyiv residents' spontaneous frequency of chromosome aberrations 15-25 years after Chernobyl accident is significantly higher than European Russia inhabitants' in pre-accident and post-accident periods. The chromosome mutagenesis intensity of Kyiv citizens (18-50 years old) does not depend of age.

Key words: chromosomal aberrations, lymphocytes, ionizing radiation, Chernobyl accident.

Унаслідок розвитку і розширення використання ядерних технологій в народному господарстві, періодичного виникнення техногенних аварійних ситуацій збільшується техногенне навантаження на довкілля. Чорнобильська катастрофа призвела до погіршення радіоекологічних умов майже на всій території України. Індикатором екологічного стану довкілля є спонтанні рівні аберацій хромосом у клітинах біологічних організмів. До того ж хромосомні аберації в клітинах людини є джерелом виникнення захворювань із генетичною компонентою (спадкових, вроджених вад розвитку та онкологічної патології). У зв'язку з цим у післячорнобильський період активно проводили цитогенетичні обстеження населення територій віднесених до зон радіоактивного забруднення [1-3]. Жителі територій зі щільністю випадіння $^{137}\text{Cs} < 37 \text{ кБк/м}^2$ лишалися поза увагою.

Метою дослідження було вивчення спонтанного рівня мутагенезу у лімфоцитах крові клінічно здорових

жителів міста Києва (офіційно не віднесеного до зони радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС) у віддалений період після Чорнобильської аварії.

Суб'єкти обстеження та методи дослідження. У період із 2000 по 2011 рр. обстежено 51 клінічно здорового жителя Києва віком 18 – 63 років (33 чоловіка і 18 жінок), які не мали свідомих контактів із іонізуючим випромінюванням (крім медикодіагностичних процедур, остання з яких була не пізніше, ніж за 6 місяців) та іншими мутагенними чинниками. Усі особи були залучені до обстеження за умов поінформованої згоди, що супроводжувалося опитуванням за спеціальною анкетой. Забір зразків венозної крові проводився на базі міської станції переливання крові та медичного пункту Інституту ядерних досліджень НАН України.

Культивування клітин крові та приготування цитогенетичних препаратів проводили згідно з [4] із деякими модифікаціями. Тривалість культивування

складала 48 годин. Цитогенетичний аналіз лімфоцитів крові проводили класичним методом із груповим каріотипуванням. Усього проаналізовано 15 195 метафазних пластинок, що відповідали стандартним вимогам [4]. Враховували структурні аберації – хроматидного типу (поодинокі фрагменти та обміни) і хромосомного типу (ацентрики – вільні парні, точкові парні фрагменти, ацентричні кільця; дицентричні та кільцеві хромосоми; атипові моноцентрики). Ізохроматидні фрагменти враховували як парні. Пробіли не враховували. Визначали частоту абераційних клітин і аберацій хромосом із розрахунку на 100 проаналізованих клітин.

При розрахунках використовували комп'ютерні програми Microsoft Office Excel 2007 та Statistika 7.

Статистична обробка отриманих результатів проведена за точним критерієм Фішера.

Результати дослідження та їх обговорення. У базі даних із хромосомного мутагенезу в клітинах людності України, що поступово формується співробітниками лабораторії радіаційної цитогенетики ІЯД в процесі обстеження різних груп осіб, виходячи з місць їхнього проживання та професійної діяльності, зібрані результати з вивчення спонтанної частоти хромосомних аберацій у культурі лімфоцитів крові 51 жителя міста Києва, які входять у групу базового контролю. Усереднені результати їх обстеження представлені в табл.1.

Таблиця 1

Спонтанна частота цитогенетичних пошкоджень у культурі лімфоцитів периферійної крові людей (на 100 клітин, М±m)

Регіон проживання, (п), роки обстеження	Вік, (роки)	Кількість проаналізованих метафаз	Метафаз зі структурними абераціями	Структурних аберацій хромосом								
				усіх разом	хроматидного типу	хромосомного типу			атипові моноцентрики	всього		
						ацентрики	дицентрики + центричні кільця з фрагментами	без фрагментів			всього	
м. Київ (51) 2000-2011 рр.	18-63	15 195	*3,32±0,15	*3,47±0,16	*2,20±0,12	*1,00±0,08	0,04±0,02	*	**0,11±0,03	*	*	1,27±0,09
європейська частина Росії (205) до 1974 р. [5]	20-50	22 000	0,97±0,07	1,04	0,74±0,16	0,29	-	-	0,0091	0,0045		0,30±0,04
європейська частина Росії (181) 1967-71 рр. [6]	0 – >60	28 386	1,19±0,06	1,20	0,60	0,52	-	-	0,067	0,03		0,60
європейська частина Росії (70), 1987-92 рр. [7]	19-60	14 986	1,56±0,10	1,63±0,10	1,10±0,08	0,43±0,05	-	-	0,10±0,04			0,53±0,06
європейська частина Росії (289) 1971-99 рр. [8]	0-84	86 700	2,13±0,08	2,21±0,09	1,46±0,08	0,68±0,06	0,03±0,01	0,03±0,01	0,06±0,01	0,01±0,004		0,75±0,06

Примітка: вірогідність відмінності між групами м. Київ та європейської частини Росії, * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,1$; точний критерій Фішера.

У доступних нам джерелах ми не виявили даних із вивчення спонтанного рівня мутагенезу у населення міст України до Чорнобильської аварії. Тому для порівняння в таблиці 1 наведені дані досліджень частоти хромосомних аберацій в доаварійний і післяаварійний періоди в населення європейської частини Росії [5-8]. Із наведеного видно, що інтенсивність спонтанного мутагенезу в обстежених нами через 15-25 років після Чорнобильської аварії жителів Києва, високо вірогідно перевищує не тільки доаварійні рівні мутаційного процесу, а й відповідні рівні після аварії, визначені для жителів європейської частини Росії. Слід вказати, що аберації хроматидного типу свідчать про загальну нестабільність геному, а аберації хромосомного типу характерні для дії радіаційного чинника. Міжхромосомні обміни, і нестабільні (дицентрики + центричні кільця), і стабільні (атипові моноцентрики), є специ-

фічними маркерами опромінення. Нестабільні маркери опромінення або супроводжуються парними фрагментами, що розглядається як свідчення відносно недавнього опромінення клітин, або виявляються без них, що трактується як маркер опромінення в минулому. У жителів Києва нами виявлено вірогідно більшу, порівняно з населенням європейської частини Росії (у період 1971 – 1999 рр.), частоту атипових моноцентриків і дицентриків + центричних кілець без супровідних фрагментів (останніх $0,08 \pm 0,02\%$ проти $0,03 \pm 0,01\%$). Частота нестабільних обмінів із супровідними фрагментами не відрізнялася. Тобто, у післячорнобильській період умовно здорові мешканці Києва, які не мали свідомих контактів із випромінюванням, отримали значно більше мутагенне навантаження, ніж популяція таких людей в європейській частині Росії. При чому

радіаційний вплив був суттєво більший в перші роки після аварії.

За даними [9], мешканці Києва отримали ефективні дози опромінення зовнішнього 0,48 мЗв, внутрішнього 0,28 мЗв у 1986 р. і зовнішнього 0,96 мЗв, внутрішнього 0,13 мЗв у 1987-2011 рр., тобто сумарно 1,85 мЗв. Можливо, виявлені відносно високі рівні цитогенетичних пошкоджень у клітинах умовно здорових жителів Києва є наслідком не включення внутрішньоклітинних систем репарації у відповідь на дуже малі дози і потужності доз випромінювання.

Із метою вивчення залежності інтенсивності

спонтанного мутагенезу від віку, обстежені жителі Києва були розділені на 3 вікові групи відповідно до міжнародної класифікації вікової періодизації життєвого циклу людини, прийнятої в сучасній геронтології [10]: 18-25 років (16 осіб) – рання зрілість, 26-50 років (31 особа) – зрілість та 50-63 роки (4 особи) – пізня зрілість. Оскільки старша вікова група на даному етапі нашого дослідження є малочисельною, її не включали в порівняльний аналіз. Як видно з представленого в табл. 2, спонтанна частота всіх цитогенетичних пошкоджень у лімфоцитах крові осіб двох вікових груп (рання зрілість і зрілість) не відрізняється.

Таблиця 2

Вікова залежність спонтанної частоти цитогенетичних пошкоджень у культурі лімфоцитів крові жителів Київ

Вік, роки, (n)	Кількість проаналізованих метафаз	Частота на 100 клітин (M±m)						
		метафаз зі структурними аберраціями	структурних аберрацій хромосом					
			усіх разом	хроматидного типу	хромосомного типу			
ацентрики	дицентрики + центричні кільця	атипові моноцентрики						
18-25 (16)	4 367	3,34±0,27	3,57±0,29	2,06±0,22	1,19±0,16	0,14±0,05	0,18±0,06	1,51±0,18
26-50 (31)	8 916	3,30±0,19	3,42±0,20	2,23±0,16	0,93±0,10	0,11±0,03	0,15±0,04	1,19±0,12

У достатньо великій кількості публікацій із вивчення залежності рівня аберрацій хромосом від віку наведені неоднозначні результати. Частково це можна пояснити різним загальним віковим діапазоном обстежених осіб, різним підходом при формуванні вікових груп та різними критеріями оцінки хромосомних аберрацій. Але в більшості робіт наводяться дані про збільшення або тенденцію до збільшення частоти хромосомних аберрацій (або хроматидних, або ацентричних фрагментів, міжхромосомних обмінів) у старшому віці, при можливій реєстрації плато в середні роки [5, 11-15]. У той же час у ряді публікацій показано, що вік обстежених не є фактором модифікації спонтан-

ної частоти цитогенетичних пошкоджень [6; 8; 16; 17]. Враховуючи вищевикладене, ми продовжуємо дослідження зі встановлення спонтанної частоти хромосомних пошкоджень у мешканців Києва, старших за 50 років.

Висновки

1. У жителів міста Києва у період через 15-25 років після Чорнобильської аварії спонтанна частота хромосомного мутагенезу в лімфоцитах периферійної крові вірогідно вища, ніж у жителів європейської частини Росії в доаварійний і в післяаварійний періоди.

2. У жителів Києва інтенсивність спонтанного мутагенезу не залежить від віку обстежених осіб у діапазоні 18-50 років.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бочков Н. П. Цитогенетическое обследование населения через 3 года и более после аварии на ЧАЭС / Н. П. Бочков, Л. Д. Катосова, В. И. Платонова [и др.] // Доклады Академии Наук. – 1995. – Т. 345, № 6. – С. 843–844.
2. Пилинская М. А. Результаты 14-летнего цитогенетического мониторинга приоритетного наблюдения, пострадавших от действия факторов аварии на Чернобыльской АЭС / М. А. Пилинская, А. М. Шеметун., С. С. Дыбский [и др.] // Вестник РАМН. – 2001. – № 10. – С. 80–84.
3. Пилинская М. А. Частота хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови детей, проживающих в районах с различной радиологической обстановкой / М. А. Пилинская, С. С. Дыбский // Цитол. и генетика. – 1992. – Т. 26, № 2. – С. 11–16.
4. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment: a manual. – Vienna: International Atomic Energy Agency. – 2001. – Technical reports series. № 405. – 127 p.
5. Севанькаев А. В. Частота спонтанных хромосомных аберраций в культуре лейкоцитов человека / А. В. Севанькаев, В. М. Козлов, В. М. Гузев, Н. Н. Измайлова // Генетика. – 1974. – Т. 10, № 6. – С. 114–119.
6. Бочков Н. П. Анализ спонтанных хромосомных аберраций в культуре лейкоцитов человека / Н. П. Бочков, Н. П. Кулешов, В. С. Журков // Цитология. – 1972. – Т. 14. – № 10. – С. 1267–1273.
7. Бочков Н. П. Неоднородность контрольных выборок как причина дополнительных вариаций спонтанного уровня хромосомных аберраций в культуре лимфоцитов человека / Н. П. Бочков, Л. Д. Катосова, В. И. Платонова [и др.] // Генетика. – 1994. – Т. 30, № 4. – С. 463–466.
8. Бочков Н. П. База данных для анализа количественных характеристик частоты хромосомных аберраций в культуре лимфоцитов периферической крови человека / Н. П. Бочков, А. Н. Чеботарев, Л. Д. Катосова, В. И. Платонова // Генетика. – 2001. – Т. 37, № 4. – С. 549–557.
9. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. – К.: КІМ. – 2011. – 356 с.
10. Оленникова М. В. Возрастная психология. Конспект лекций / М. В. Оленникова. – Санкт-Петербург. – 2000. – 81 с.
11. Талан О. О. Цитогенетичні показники при спонтанному та радіаційно-індукованому соматичному хромосомному мутагенезі в осіб різного віку / О. О. Талан // Автореф. дис. канд. біол. наук. – Київ. – 2012. – 20 с.
12. Кузнецов А. И. Возрастно-половая зависимость спонтанной частоты хромосомных аберраций в лимфоцитах периферической крови человека. Сообщение 1. Возрастная динамика спонтанной частоты хромосомных аберраций и аберрантных клеток в лимфоцитах периферической крови // А. И. Кузнецов, А. И. Кружалов, В. Г. Илющенко [и др.] // Генетика. – 1980. – Т. 16, № 7. – С. 549–557.

13. Tucker James D. The Importance of Age and Smoking in Evaluating Adverse Cytogenetic Effects of Exposure to Environmental Agents / James D. Tucker and II Dan H. Moore // Environmental Health Perspectives. – 1996. – Vol. 104. – Sup. 3. – P. 489–492.
14. Stephan G., Pressl S. Chromosomal aberrations in peripheral lymphocytes from healthy subjects as detected in first cell division / G. Stephan, S. Pressl // Mutat. Res. – 1999. – V.446. – P. 231–237.
15. Любимова Н. Е. Влияние возраста и низкодозового облучения на частоту хромосомных aberrаций в лимфоцитах человека / Н. Е. Любимова, И. Е. Воробцова // Рад. биол. Радиоэкол. – 2007. – Т. 47. – № 1. – С. 80–85.
16. Bender M. A. Current status of cytogenetic procedures to detect and quantify previous exposures to radiation / M. A. Bender, A. A. Awa, A. L. Brooks [et al.] // Mutat. Res. – 1988. – V.196. – P. 103–159.
17. Дружинин В. Г. Количественные характеристики частоты хромосомных aberrаций в группе жителей крупного промышленного региона западной Сибири // Генетика. – 2003. – Том 39. – № 10. – С. 1373–1380.

Рецензенти: **Кутлахмедов Ю. О.**, д.б.н., професор Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАН України (м. Київ);
Петрук В. Г., д.х.н., професор Вінницького національного технічного університету (м. Вінниця).

© Тарасенко Л. В., Бездробна Л. К., Циганок Т. В.,
Носач Ю. О., Мельник Т. В., 2013

Дата надходження статті до редколегії 10.04.2013 р.

ТАРАСЕНКО Лариса Василівна – м.н.с. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділ радіоекології та радіобіології, Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіаційна біологія, цитогенетика людини.

БЕЗДРОБНА Лариса Костянтинівна – к.б.н., ст.н.с., зав. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділ радіоекології та радіобіології, Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ.

Коло наукових інтересів: радіаційна цитогенетика людини, дія малих доз випромінювання.

ЦИГАНОК Тетяна Василівна – м.н.с. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділ радіоекології та радіобіології, Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіаційна біологія, цитогенетика людини.

НОСАЧ Юлія Олександрівна – пров. інж. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділ радіоекології та радіобіології, Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіаційна цитогенетика людини.

МЕЛЬНИК Тамара Василівна – пров. інж. лабораторії радіаційної цитогенетики та випробування радіофармпрепаратів, відділ радіоекології та радіобіології, Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ.
Коло наукових інтересів: радіаційна цитогенетика людини.