

# AGE PECULIARITIES OF HARMFUL ACTION OF LOW DOSES OF LEAD ON ERYTHROCYTES OF RATS AT THE LONG-TERM EXPOSURE

Lugovskoy S.P.

## ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ШКІДЛИВОЇ ДІЇ МАЛИХ ДОЗ СВИНЦЮ НА ЕРИТРОЦИТИ ЩУРІВ ПРИ ЙОГО ТРИВАЛОМУ ВПЛИВІ НА ОРГАНІЗМ

# В

основу соціальних передумов необхідності урахування віку при гігієнічній оцінці чинників навколишнього середовища закладено аргументи демографічного порядку [12]. За цих умов необхідно забезпечити збереження життя, здоров'я, біологічний і соціальний розвиток дітей, молоді, зберегти високу професійну і загальну працездатність осіб працездатного віку, забезпечити активне, соціально-орієнтоване довголіття осіб старших вікових груп. Для вирішення цього завдання І.М. Трахтенберг і М.М. Коршун вважають за необхідне тісний союз між педіатрами, геронтологами і гігієністами, а також максимальне урахування при гігієнічному нормуванні всіх зовнішньо-середовищних чинників, з якими стикаються особи будь-якого віку [13].

Свинець, який, за даними ВООЗ, є одним з пріоритетних і глобальних забруднювачів навколишнього середовища, має політропний характер токсичної дії [6]. Його присутність постійно реєструється у тій або іншій кількості у різних об'єктах

навколишнього середовища (повітрі, воді, харчових продуктах тощо). За умов прогресування техногенної денатурації довкілля пріоритетним напрямком гігієни є вивчення вікових особливостей дії цього полютанту як одного з провідних етіологічних факторів розвитку екологічно залежних захворювань з позицій особливостей формування адаптації до токсичних впливів [12].

**Метою** цього дослідження було вивчення за морфофізіологічними показниками крові щурів вікових особливостей шкідливої дії малих доз свинцю. У якості об'єкта дослідження були обрані еритроцити (Er) крові молодих і старих щурів. Кров як об'єкт дослідження давно привертає увагу дослідників, що вивчають вплив на організм різних факторів навколишнього середовища, завдяки інформативності параметрів і доступності методів їх визначення в умовах клініки, важких експедиційних умовах та в експерименті [8, 10, 11]. Еритроцити є надто чутливою моделлю, яка дозволяє вивчати глибокі фізіологічні, біохімічні і біофізичні процеси, що відбуваються в організмі у нормі та під впливом різних факторів навколишнього середовища, та розкриває інтимні механізми процесів пошкодження і адаптації [2, 10, 11].

**Матеріали та методи дослідження.** В експерименті було використано 24 статево-зрілих конвенційних рендомбредних аутбредних самців білих щурів віком 3-3,5 та 23-24 місяці, які утримувалися у стандартних умовах віварію на стандартному харчовому і питному режимі, згідно з рекомендаціями [7]. Протягом 30 днів (5 днів на тиждень) піддослідні щури (по 6 тварин у кожній віковій групі) зазнавали впливу свинцю. Метал у ви-

**ЛУГОВСЬКИЙ С.П.**

ДП «Український  
НДІ промислової медицини  
МОЗ України»,  
м. Кривий Ріг

УДК 616-092.4-  
053:546.825+611-018.51.

**ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВРЕДНОГО ДЕЙСТВИЯ МАЛЫХ ДОЗ СВИНЦА НА ЭРИТРОЦИТЫ КРЫС ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ОРГАНИЗМ**

**Луговской С.П.**

*При субхроническом воздействии ацетата свинца на организм молодых и старых крыс в дозе 5 мг/кг возрастные особенности его вредного действия характеризовались изменением морфофизиологических показателей эритроцитов, обусловленных нарушением синтеза порфиринов, дистрофией и деструкцией цитоплазмы клеток вследствие накопления металла в виде мелкогранулярных, электронно-плотных цитоплазматических включений, а также деструкции клеточных мембран. Возрастные особенности эффектов связывали с развитием в онтогенезе адаптированности системы красной крови к внешним воздействиям у старых крыс и высокой пластичностью адаптационно-приспособительных реакций у молодых животных, что необходимо учитывать при гигиеническом нормировании, обосновании и разработке профилактических мероприятий.*

© **Луговський С.П. СТАТТЯ, 2010.**

17 **ENVIRONMENT & HEALTH** № 4 2010

гляді водного розчину ацетату свинцю вводили щурам до черевної порожнини з розрахунку 5 мг/кг, контрольні щури (по 6 тварин у кожній віковій групі) отримували ін'єкції 1,0 мл фізіологічного розчину. Всі маніпуляції з тваринами проводили згідно з вимогами Європейської конвенції щодо гуманного поводження з лабораторними хребетними тваринами [14]. Для досліджень використовували кров, яку одержували з надрізу кінчика хвоста щурів після їх наркотизації гексеналом (20 мг/кг). У крові визначали вміст гемоглобіну, гематокритне число, загальну кількість Ер і ретикулоцитів за уніфікованими методами [3]. Також досліджували морфологію Ер, визначали їхній діаметр та форму, поділяючи всі клітини на мікроцити, нормоцити і макроцити, а також дискоцити і трансформовані форми, серед яких розрізняли акантоцити, стоматоцити тощо [1-3]. Окремо виявляли поліхроматофільні Ер та клітини з базофільною пунктуацією. Використовуючи люмінесцентний мікроскоп ЛЮМАМ Р-8, у крові виявляли флюоресцити (Ер з червоною люмінесценцією цитоплазми) [9]. На основі отриманих даних розраховували індекси Ер: МСН — середнього вмісту гемоглобіну в Ер (пг); МСНС — середньої концентрації гемоглобіну в Ер (%); МСV — середнього об'єму Ер (мкм<sup>3</sup>) та СДЕ — середнього діаметру Ер (мкм) [3]. За допомогою трансмісійного електронного мікроскопа (ТЕМ) ПЕМ 125К на ультратонких зрізах, контрастованих за мето-

дом Рейнолдса, вивчали ультраструктуру Ер [5]. Всі отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з визначенням вірогідності змін за критеріями Ст'юдента, а також кутового перетворення Фішера [4].

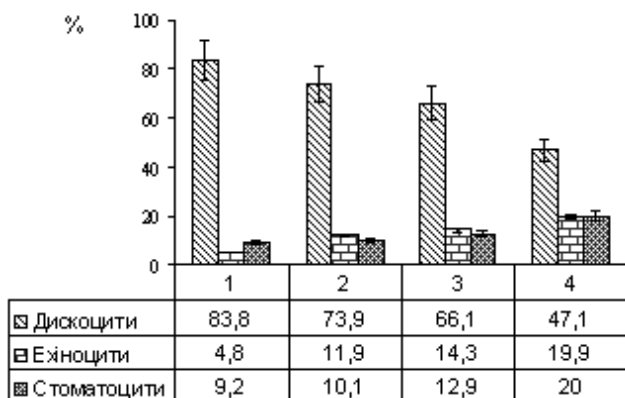
**Результати досліджень та їх обговорення.** Результати досліджень морфологічних показників крові молодих і старих щурів показали, що у контрольних тварин морфологічна картина червоної крові була представлена Ер-дискоцитами та окремими трансформованими Ер (переважно ехіноцитами і стоматоцитами). При цьому взаємовідношення дискоцитів і трансформованих Ер надавали морфологічній картині червоної крові певних вікових відмінностей (рис. 1). Так, було встановлено, що у крові молодих тварин переважно більшість Ер (близько 80%) складала клітини, які мали звичайну двовігнуту дископодібну форму з рівномірним еозинофільним забарвленням цитоплазми. Інші Ер були представлені трансформованими формами. Морфометричні дослідження виявили, що переважно більшість клітин становили нормоцити, лише незначна їх кількість однаковою мірою була представлена мікро- і макроцитами (рис. 2). Середній вміст гемоглобіну в Ер крові молодих щурів та його середня концентрація перебували у межах фізіологічної норми [10] (табл.). Про високу пластичність і високий адаптаційний потенціал гемопоетичної системи (еритропоезу) у мо-

лодих тварин, порівняно зі старими, свідчив високий показник вмісту в їхній крові ретикулоцитів, який у молодих щурів на 33% був вищим, ніж у старих (p<0,05; табл.).

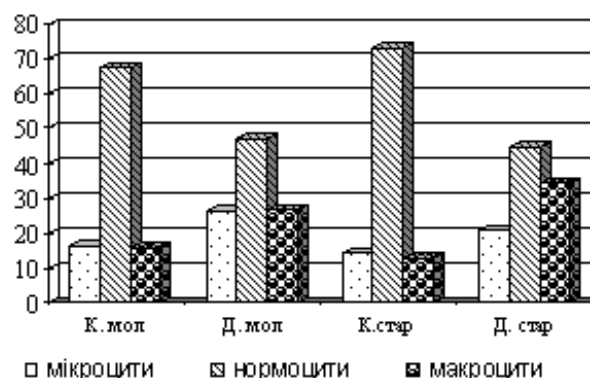
Морфофункціональний стан червоної крові у старих щурів контрольної групи відрізнявся від молодих незначною (у межах фізіологічної норми) гіперритроцитемією і пойкилоцитозом та вірогідним зменшенням на 10% кількості у крові Ер-дискоцитів (86,0±0,46% у молодих тварин та 77,9±0,51% — у старих, відповідно; p<0,001). За таких умов у крові старих щурів відзначали збільшення майже вдвічі кількості трансформованих Ер (рис. 1) та у 2,5 рази — кількості поліхроматофільних Ер (p<0,05; табл.). Індексні показники Ер МСН, МСНС, МСV і СДЕ при цьому вірогідних вікових відмінностей не виявляли.

Під впливом свинцю зміни показників червоної крові у молодих і старих щурів виявляли однакову їх направленість і визначали розвиток у тварин помірно вираженої анемії. Такий патологічний стан у щурів характеризувався недостатнім зменшенням, порівняно з контролем гематокритної величини (на 8,7% у молодих і 7,6% у старих тварин відповідно; p>0,05) та загальної кількості Ер у крові (до 3% у молодих і 7,2% у старих відповідно; p>0,05), що може пояснюватися розвитком процесів прискореної загибелі Ер. На такий хід подій у системі еритрону вказували показники, які характеризують виключно ушкодження Ер. Це показник відносної кількості Ер з базофільною пункту-

**Рисунок 1**  
Порівняльна характеристика відносної кількості трансформованих Ер у крові щурів молодого (1), старого віку (2) і після впливу свинцю (відповідно 3 і 4)



**Рисунок 2**  
Розподіл еритроцитів у крові щурів різного віку за розмірами клітин (К — контроль, Д — дослід, мол. — молоді щури, стар. — старі щури)



**AGE PECULIARITIES OF HARMFUL ACTION OF LOW DOSES OF LEAD ON ERYTHROCYTES OF RATS AT THE LONG-TERM EXPOSURE**

**Lugovskoy S.P.**

Age peculiarities of young and old rats at sub-chronic effect of lead acetate in a dose of 5 mg/kg are characterized by the alterations in morphofunctional indices of erythrocytes caused by porphyrin synthesis disturbances, dystrophy and destruction of cell cytoplasm due to

accumulation of metal as microgranular, electron-dense cytoplasmic inclusions, as well as destructions of cellular membranes. The age peculiarities of effects were connected with the adaptability of red blood system to external influences in old rats developed in ontogenesis and high plasticity of adaptation reactions in young animals that should to be considered at the hygienic control, foundation and prevention measures elaboration.

ацією (рис. 3 а, б), а також Ер, в яких при люмінесцентній мікроскопії виявляли нестійку яскраво-червону люмінесценцію цитоплазми (флюороцити). Найвність таких клітин у кровоносному руслі щурів не була характерною для контролю. Появу флюороцитів у крові під-

свідченням фізико-хімічних змін, що відбувалися під впливом свинцю у структурі молекули гемоглобіну та відповідно у структурі плазматичної мембрани Ер. Під впливом металу у молодих щурів так само, як і у старих кількість трансформованих Ер у загальній популяції

клітин збільшувалася порівняно з контролем майже в 1,9 і 1,7 рази відповідно ( $p < 0,05$ ; рис. 1). При цьому у молодих тварин кількість ехіноцитів збільшувалася порівняно з контролем у 2,9 рази, а стоматоцитів — на 40% ( $p < 0,05$ ). У старих тварин під впливом свинцю

Таблиця

**Вікові особливості морфофізіологічних показників червоної крові щурів під впливом на організм свинцю**

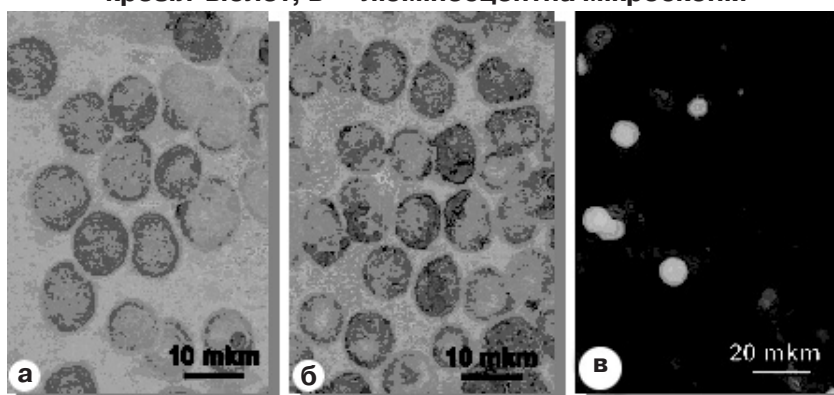
Показник	Група, вік			
	Контроль		Дослід	
	молоді	старі	молоді	старі
Гемоглобін, г/л	136,20±1,46 $\sigma=4,37$	127,80±1,56 $\sigma=4,76$	126,20±2,30 $\sigma=6,89$	122,50±1,48 $\sigma=4,43$
Гематокрит, %	57,40±0,72 $\sigma=2,17$	58,90±0,84 $\sigma=2,51$	52,40±1,00 $\sigma=2,99$	54,40±1,09 $\sigma=3,27$
Еритроцити, $10^{12}/л$	7,19±0,10 $\sigma=0,31$	7,07±0,08 $\sigma=0,24$	7,00±0,09 $\sigma=0,28$	6,56±0,14 $\sigma=0,41$
Ретикулоцити, %	27,80±1,81 $\sigma=5,45$	20,80±1,38# $\sigma=4,13$	39,20±0,95* $\sigma=2,86$	32,60±1,45#* $\sigma=4,35$
Базофільно-зернисті Ер, %	1,20	1,50	19,80±2,09* $\sigma=6,27$	26,10±2,90* $\sigma=8,69$
Флюороцити, %	0,40	0,40	13,20±2,82* $\sigma=8,46$	17,80±3,20* $\sigma=9,61$
Поліхроматофільні Ер, %	5,60±0,12 $\sigma=0,36$	14,20±1,95* $\sigma=5,85$	16,90±2,06* $\sigma=6,17$	24,50±1,99#* $\sigma=5,97$
МСН, пг	18,93±0,36 $\sigma=1,07$	18,05±0,24 $\sigma=0,72$	18,01±0,24 $\sigma=0,71$	18,68±0,32 $\sigma=0,95$
МСНС, %	23,09±0,79 $\sigma=2,36$	21,87±0,37 $\sigma=1,10$	24,12±0,57 $\sigma=1,71$	22,53±0,49 $\sigma=1,47$
МСV, мкм <sup>3</sup>	79,92±1,52 $\sigma=4,57$	83,31±1,72 $\sigma=5,16$	74,96±1,90 $\sigma=5,70$	83,12±2,23 $\sigma=6,70$
СДЕ, мкм	7,52±0,06 $\sigma=0,17$	7,50±0,03 $\sigma=0,08$	7,50±0,03 $\sigma=0,09$	7,64±0,06# $\sigma=0,17$

Примітки: # — вірогідно щодо вікових груп у контролі ( $p < 0,05$ ); \* — вірогідно щодо контролю ( $p < 0,05$ ).

дослідних тварин пов'язували з ензимопатичним характером дії свинцю на ферменти, що регулюють синтез гемоглобіну і обмін порфіринів [9]. Внаслідок цього у цитоплазмі Ер накопичується протопорфірин, здатний до флюоресценції в ультрафіолетовому спектрі (рис. 3 в).

Вірогідне збільшення у крові піддослідних щурів обох вікових груп порівняно з контролем відносної кількості поліхроматофільних Ер (втричі у молодих щурів та в 1,7 рази у старих відповідно,  $p < 0,05$ ) так само, як і трансформованих клітин було

**Рисунок 3**  
**Морфологічна характеристика Ер молодих контрольних (а) і піддослідних (б) щурів: а, б — світлова мікроскопія, крезіл-віолет, в — люмінесцентна мікроскопія**





вану свинцем, вказував показник відносної кількості ретикулоцитів, який у молодих тварин збільшувався порівняно з контролем на 41%, а у старих тварин — на 56,7% відповідно ( $p < 0,05$ ; табл.).

Ультраструктурні зміни Ер у щурів різних вікових груп під впливом малих доз свинцю, як правило, мали однотипний характер і часто характеризувалися трансформацією Ер, дистрофією цитоплазми та пошкодженням їхньої плазматичної мембрани. У молодих щурів так само, як і у старих під впливом свинцю виявляли поліморфізм Ер, що було зумовлено збільшенням у крові кількості мікро- і макроцитів, а також трансформованих Ер. У молодих тварин у крові серед трансформованих Ер переважали клітини, що мали еліпсоїдну або вигнуту у вигляді півмісяця форму, а також сидлоподібні і двох'ямокві Ер (рис. 4 а). Разом

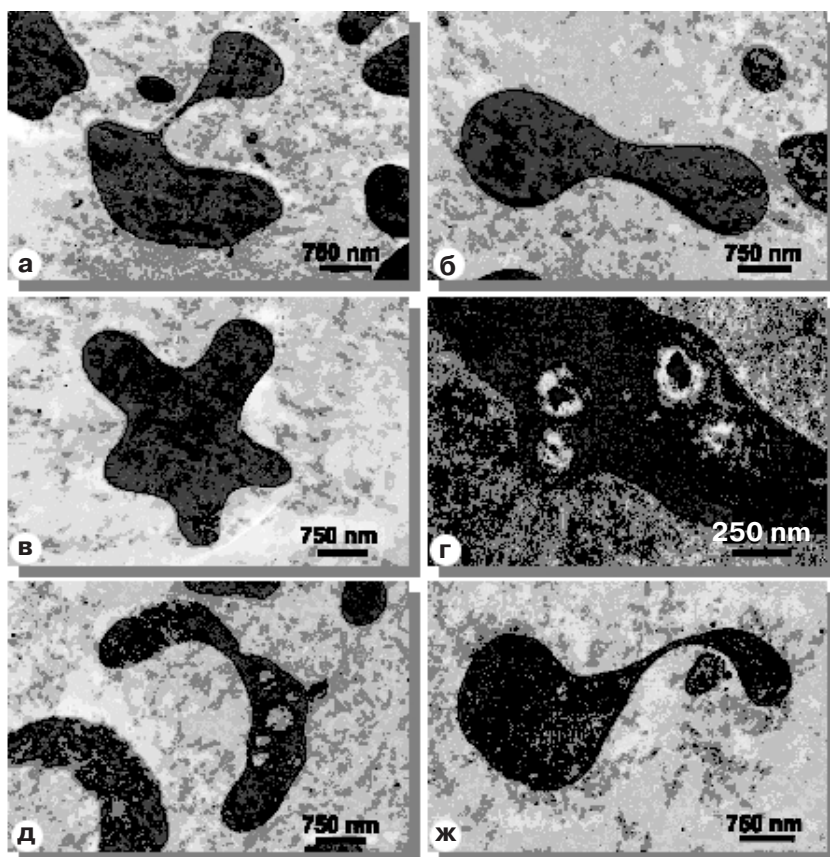
кількість ехіноцитів збільшувалася порівняно з контролем на 50% ( $p < 0,05$ ), а стоматоцитів — в 1,9 рази ( $p < 0,05$ ), що було свідченням вікових особливостей токсичної дії металу на структуру плазматичної мембрани Ер, яка, імовірно при старінні, зазнавала змін.

Про вікові особливості компенсаторних реакцій, направлених на відновлення популяції Ер у крові у відповідь на їх прискорену загибель, ініційо-

з Ер сидлоподібна форма була притаманна і ретикулоцитам, в яких визначали зниження електронної щільності цитоплазми і наявність поодиноких з набряклим і просвітленим матриксом мітохондрій, рибосом та фрагментів ядер (рис. 4 д, ж). У мітохондріях визначалися електронно-щільні гранули (1-10 нм), що може свідчити про порушення їхнього функціонального стану, можливо, ще до моменту виходу клітин у кровоносне русло, тобто ще на етапі еритропоезу у кістковому мозку. У старих щурів серед усіх трансформованих форм Ер найчастіше зустрічалися акантоцити (ехіноцити зірчатої форми), що свідчить про ушкодження свинцем структури плазматичної мембрани (рис. 4 в). Такі зміни, як відомо, можуть бути зумовленими фізико-хімічними процесами, які відбуваються у структурі ліпідів плазматичної мембрани [6].

Рисунок 4

#### Ультраструктурна характеристика Ер крові щурів після впливу свинцю



Примітка: молоді (а, д) і старі (б, в, г, ж) щури: а — двох'ямоквий Ер; б — нормоцит дискоцит; в — ехіноцит; г — Ер з дрібногранулярною цитоплазмою і вогнищами деструкції цитоплазми з дрібногранулярним матеріалом і цитоплазматичними включеннями; д — ретикулоцит з деструкцією плазматичної мембрани; ж — ретикулоцит з дрібногранулярною цитоплазмою. TEM.

Для Ер крові щурів всіх вікових груп характерною ознакою дії металу були порушення структури цитоплазми у вигляді її неоднорідної електронної щільності, що, ймовірно, зумовлено фізико-хімічними змінами структури гемоглобіну і ліпопротеїдів строми Ер (рис. 4 а, б, в, г). Частота появи Ер з ознаками порушення структури їхньої цитоплазми у молодих щурів дорівнювала 24%, а у старих — 15,3%. Аналіз цих частотних показників за допомогою метода кутового перетворення Фішера довів вірогідність цих змін ( $u_p = 1,90$ ;  $p = 0,029$ ), що свідчить про високий ступінь ураження Ер молодих тварин порівняно зі старими. Крім того, у цитоплазмі Ер виявлялися дрібні (від 1 нм до 15 нм) електронно-щільні гранули, які майже рівномірно розподілялися по всій її площі або в окремих її зонах, наближених до периферії клітин (рис. 4 г). Такі ультраструктурні зміни можуть свідчити про накопичення свинцю, який внаслідок взаємодії з внутрішньоклітинним кальцієм і фосфором утворює з ними важкорозчинні електронно-щільні комплексні сполуки (свинцеві кальцій-фосфатні комплекси). При цьому у молодих тварин частота появи Ер з наявністю у цитоплазмі таких гранул у загальній популяції клітин була вірогідно вищою, ніж у старих

(28,6% у молодих і 11,3% у старих;  $u_p=3,83$ ;  $p<0,001$ ), що може бути пояснено віковими відмінностями в інтенсивності метаболічних процесів, які впливають на накопичення свинцю у клітинах та його елімінацію з клітин.

Ультраструктурні зміни плазмалеми Ер під впливом свинцю проявлялися у вигляді відшарування, потовщення, фрагментації і сферуляції мембран, що найчастіше виявляли у старих тварин порівняно з молодими. Так, частота появи Ер з ознаками деструкції плазмалеми у старих тварин дорівнювала 24,6%, а у молодих — 13,3%. Це визначало високу вірогідність таких вікових змін в Ер, що виникали у відповідь на вплив свинцю ( $u_p=2,52$ ;  $p=0,005$ ).

Отримані факти свідчать про однотипний характер ультраструктурних змін Ер під впливом свинцю і у молодих, і у старих щурів, однак інтенсивність і частота виявлення змін може бути зумовленою віком тварин, відповідно і різним станом їхніх адаптаційних і пристосувальних реакцій, що знаходить відображення у тривалості життя клітин, інтенсивності еритроклазії, елімінації нежиттєздатних Ер з кровообігу та реактивності і пластичності кісткового мозку у відповідь на вплив металу.

Підсумовуючи результати проведених досліджень, необхідно зазначити, що в умовах тривалого впливу малих доз свинцю на організм щурів різних вікових груп у системі червоної крові виникали порушення, які характеризуються деструктивними змінами Ер у вигляді збільшення кількості їхніх трансформованих і деструктивних форм, а також клітин з вираженими ознаками дистрофії цитоплазми, які, імовірно, розвиваються внаслідок фізико-хімічних змін у структурі гемоглобіну, накопичення у цитоплазмі свинцю у вигляді електронно-щільних гранул і проміжних продуктів синтезу порфіринів, а також деструктивних змін плазматичної мембрани Ер. При цьому за рахунок активації у системі червоної крові адаптаційно-пристосувальних реакцій, направлених на компенсацію частково втрачених функцій, основні гематологічні показники червоної крові (загальна кількість Ер, гематокрит

та кількість гемоглобіну) вірогідно не змінювалися порівняно з відповідними контролями. Було встановлено, що ці реакції у щурів різних вікових груп мають свої особливості. Так, інтенсивність еритропоезу, яка оцінювалася за кількістю ретикулоцитів у крові, під впливом свинцю збільшувалася на 20% у молодих щурів порівняно зі старими, що свідчило про високу «пластичність» пристосувальних реакцій у молодих щурів, направлених на відновлення Ер в умовах скорочення їхньої життєздатності. У старих щурів під впливом свинцю у системі еритропоезу відбувалося виснаження окремих ланок у ланцюгу компенсаторно-пристосувальних реакцій, які визначали ураження свинцем цитоплазми Ер і їхніх плазматичних мембран. Внаслідок цього у старих тварин порівняно з молодими збільшувалася на 29% кількість трансформованих Ер у крові, а на 17,3% — частота появи у крові еритроцитів з ушкодженою цитоплазмою. Отримані результати вказують на те, що деструктивно змінені Ер у старих тварин здатні довше затримуватися у кровоносному руслі, ніж у молодих щурів. За таких обставин слід припустити, що зменшення у кровоносному руслі молодих щурів ушкоджених свинцем Ер визначає їхню більш швидку деструкцію, яка супроводжується вивільненням свинцю з клітин і його кумуляцією у тканинних депо.

Отримані результати визначають перспективи подальших досліджень, які мають бути спрямованими на визначення вікових особливостей кінетики ушкоджених свинцем Ер та токсикокінетики металу в організмі для обґрунтування і розробки заходів, способів і методів індивідуальної та колективної профілактики захворювань, зумовлених шкідливим впливом свинцю на організм.

#### Висновки

1. Шкідлива дія малих доз свинцю за його тривалого впливу на організм щурів визначається за морфо-фізіологічними показниками червоної крові, які характеризують порушення синтезу порфіринів, дистрофічні і деструктивні зміни цитоплазми і плазматичних мембран Ер. Такі зміни визначаються морфологічним дослідженням клітин методами

еритрометрії, люмінесцентної та електронної мікроскопії, що необхідно враховувати при гігієнічному нормуванні.

2. Морфологічними характеристиками шкідливої дії малих доз свинцю на систему червоної крові щурів є макроцитоз Ер, їхня поліхроматофілія, поява у крові разом з базофільно-зернистими Ер флюороцитів, виражена трансформація Ер, а також накопичення свинцю у цитоплазмі клітин у вигляді дрібних електронно-щільних гранул, нерівномірне ущільнення цитоплазми і утворення у ній вогнищ парціальних некрозів з відкладенням дрібногранулярного щільного матеріалу, а також відшарування, потовщення, фрагментації і сферуляція плазматичної мембрани Ер.

3. Надбана в онтогенезі адаптованість системи червоної крові старих щурів та висока «пластичність» у ній пристосувальних реакцій у молодих тварин, які можуть бути пов'язаними з віковими особливостями метаболічних процесів, що відбуваються в організмі, зумовлюють вікові відмінності ефектів шкідливої дії малих доз свинцю у системі червоної крові під час тривалого його впливу на організм. Такі вікові особливості необхідно враховувати при гігієнічному нормуванні та обґрунтуванні і розробці заходів, методів і способів індивідуальної і колективної профілактики.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов М.Г. Гематологический атлас. — 2-е изд. / М.Г. Абрамов. — М.: Медицина, 1985. — 344 с.
2. Исследование морфоэритрограммы в определении характера патологического процесса / В.А. Одинокова, Н.Н. Квитко, Мороз Л.А. и др. — М.: Медицина, 1987. — 187 с.
3. Лабораторные методы исследования в клинике: справоч-

ник / Под ред. В.В. Меньшикова. — М.: Медицина, 1987. — 368 с.

4. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. — К.: Морион, 2000. — 320 с.

5. Микроскопическая техника: руководство / Под ред. Д.С. Саркисова, Ю.Л. Перова. — М.: Медицина, 1996. — 544 с.

6. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.

7. Научно-практичные рекомендации з утримання лабораторних тварин та роботи з ними / Ю.М. Кожем'якін, О.С. Хромов, М.А. Філоненко, Г.А. Сайфетдінова. — К.: Авіценна, 2002. — 156 с.

8. Патология человека на Севере / Авцын А.П., Жаворонков А.А., Марачев А.Г. и др. — М.: Медицина, 1985. — 416 с.

9. Порфирии / И.П. Кузнецова, Б.С. Панков, А.С. Чубарова и др. — М.: Медицина, 1981. — 192 с.

10. Проблема нормы в токсикологии (современные представления и методические подходы, основные параметры и константы) / И.М. Трахтенберг, Р.Е. Сова, В.О. Шефтель и др. [Под ред. И.М. Трахтенберга]. — М.: Медицина, 1991. — 208 с.

11. Самойлов М.В. Трансформированные и патологические эритроциты при эндогенной интоксикации и экстракорпоральной детоксикации / М.В. Самойлов, О.Д. Мишнев, Ю.В. Кудрявцев // Арх. патологии. — 2000. — № 5. — С. 36-40.

12. Трахтенберг И.М. Общие и частные предпосылки становления возрастной токсикологии / И.М. Трахтенберг, М.Н. Коршун // Очерки возрастной токсикологии. — Пер. с укр. / Под ред. И.М. Трахтенберга. — К.: Авиценна, 2006. — С. 21-33.

13. Трахтенберг И.М. Особенности формирования адаптации до токсичных влияний у зв'язку з віком / И.М. Трахтенберг, М.М. Коршун, О.О. Вербілов // Нариси вікової токсикології / [За ред. И.М. Трахтенберга] — К.: Авиценна, 2005. — С. 27-36.

14. European convention for the protection of vertebrate animal used for experimental and other scientific purposes / Council of Europe. — Strasburg, 1986. — 53 p.

Надійшла до редакції 17.02.2010.

## DISTINCTIONS OF CHLOROFORM DISTRIBUTION IN WATER OF DOMESTIC-AND-DRINKING WATER PIPELINES

Dmitrenko O.A.

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ХЛОРОФОРМУ У ВОДІ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНИХ ВОДОГОНІВ



**ДМИТРЕНКО О.А.**

Донецький національний  
медичний університет  
ім. М. Горького

УДК 614.777:628.1+546.121

### ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОФОРМА В ВОДЕ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВЫХ ВОДОПРОВОДОВ Дмитренко Е.А.

*Проведены исследования воды поверхностных источников, смешанной воды (артезианская : поверхностная = 60 : 40) и подземных источников по этапам ее транспортировки от водозаборов до распределительных сетей населенных пунктов. Установлены значительные колебания интенсивности загрязнения проб хлороформом по точкам отбора проб. Содержание побочных продуктов хлорирования в водопроводе поверхностных водоемов в 2 раза выше, нежели в смешанной воде. В воде артезианских скважин хлороформ не определялся.*

© **Дмитренко О.А.**  
**СТАТТЯ, 2010.**

дним з інтегральних критеріїв, що визначають якість життя нації, є безпека умов навколишнього середовища, особливо доброякісність питної води [1]. Тому підготовка питної води для споживання населенням надалі стає життєво необхідним національним стратегічним напрямом будь-якої країни [2].

Найважливішим етапом водопідготовки визнане знезараження, зокрема хлорування. Проте значна біоцидна дія хлору, що забезпечує його високу ефективність щодо практично всіх мікробіологічних об'єктів, компрометується утворенням побічних продуктів хлорування з віддаленими небезпечними ефектами [3, 4]. Домінуюче значення серед хлорвмісних похідних процесу дезінфекції води належить тризаміщеним галоїдам — тригалометанам (ТГМ), маркером наявності яких через його найбільшу питому вагу є хлороформ (ХФ) [5]. У воді відкритих водоймищ вміст ХФ та інших ТГМ може бути зумовленим забрудненням стічними водами підприємств целюлозно-паперової промисловості, органічного синтезу, коксохімічних і фармацевтичних заводів, лакофарбувальних виробництв [6], а також використанням хлорвмісних пестицидів і розчинників. У процесі хлорування води утворення ТГМ відбувається у результаті реакції заміщення атомів водню гумусних кислот, що містяться у воді поверхневих вододжерел, на атоми галогенів [3, 5].

Транспортування води від водопровідних станцій до водорозбірних пристроїв споживачів супроводжується змінами вмісту ТГМ. Поетапне дослідження води на маршруті її доставки від водозабору до

