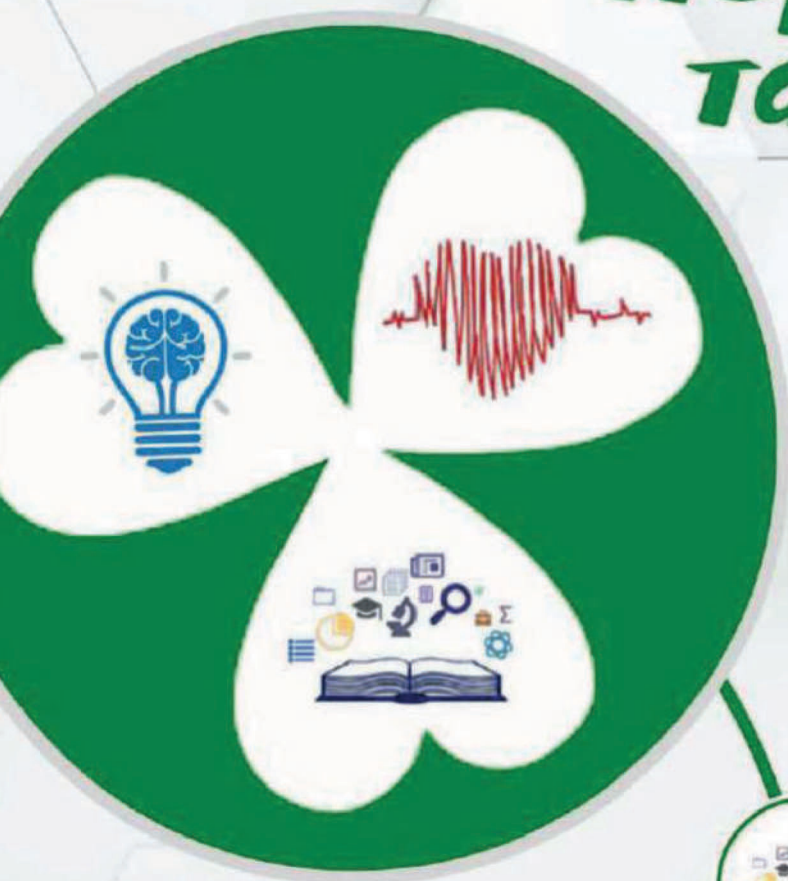




Наукові перспективи
Видавнича група

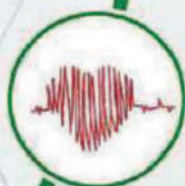
Перспективи та інновації науки



СЕРІЯ "ПЕДАГОГІКА"



СЕРІЯ "ПСИХОЛОГІЯ"



СЕРІЯ "МЕДИЦИНА"



№(2)48 2025

Ханюков О.О., Калашникова О.С., Сапожниченко Л.В., Смольянова О.В., Яловенко М.І. 2264

ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АНТИАРИТМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМБІНОВАНОГО ПРЕПАРАТУ СОЛЕЙ КАЛІЮ ТА МАГНІЮ В КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ХВОРИХ З ІШЕМІЧНОЮ ХВОРОБОЮ СЕРЦЯ, ПОРУШЕННЯМИ РИТМУ СЕРЦЯ ТА ХРОНІЧНОЮ СЕРЦЕВОЮ НЕДОСТАТНІСТЮ

Чорна В.В., Драчук В.А., Юрченко С.Т., Коцур Л.Д., Поляруш В.В., Тимчук Є.В. 2274

ІНФАРКТ МІОКАРДА – ГОЛОВНИЙ ТЯГАР У ХХІ СТОЛІТТІ

Шаравара Л.П., Дмитруха Н.М. 2286

МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ У ВНУТРІШНІХ ОРГАНАХ ЩУРІВ ЗА ВПЛИВУ ЗАВИСЛИХ УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК, ЯКІ УТВОРЮЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛУ

Шокало І.В., Біла Н.В., Карнаух Е.В., Коломицева І.М., Моспанюк В.В. 2299

ЗАСТОСУВАННЯ АНТИКОАГУЛЯНТІВ У ХВОРИХ З ФІБРИЛЯЦІЄЮ ПЕРЕДСЕРДЬ ТА СУПУТНЬОЮ ХРОНІЧНОЮ ХВОРОБОЮ ПЕЧІНКИ НА ПРИКЛАДІ КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ

Ярошевська Т.В., Маковійчук О.А., Самсоненко С.В. 2317

КЛІНІКО-ЛАБОРАТОРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІТЕЙ З ЮВЕНІЛЬНИМ ІДІОПАТИЧНИМ АРТРИТОМ

УДК: 613.632.4:621.791-051:[616.36+616.411+616.61]-099-092.9

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-2\(48\)-2286-2298](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2025-2(48)-2286-2298)

Шаравара Лариса Павлівна доцент, к.мед.н., доцент кафедри загальної гігієни, медичної екології та профілактичної медицини, Запорізький державний медико-фармацевтичний університет, <https://orcid.org/0000-0001-9102-3686>

Дмитруха Наталія Миколаївна с.н.с., д.б.н., т.в.о. завідувача лабораторією промислової токсикології і гігієни праці при використанні хімічних речовин імені академіка НАМН України Трахтенберга Ісаака Михайловича, Державна установа «Інститут медицини праці імені Ю.І. Кундієва Національної академії медичних наук України», <https://orcid.org/0000-0001-9161-3889>

МОРФОЛОГІЧНІ ЗМІНИ У ВНУТРІШНІХ ОРГАНАХ ЩУРІВ ЗА ВПЛИВУ ЗАВИСЛИХ УЛЬТРАДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК, ЯКІ УТВОРЮЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛУ

Анотація. Присутність на робочому місці зварювальника завислих частинок ультрадисперсного діапазону і недостатнє розуміння їх взаємодії з біологічними системами потребує вдосконалення методів контролю та оцінки ризику їх впливу на стан здоров'я працюючих для застосування комплексних профілактичних заходів. Вивчення особливостей токсичної дії завислих ультрадисперсних частинок різного хімічного складу на організм працюючих, які утворюються при технологічних процесах зварювання металів, на сьогодні є актуальним питанням.

Мета: Оцінити морфологічні зміни у внутрішніх органах щурів за впливу завислих ультрадисперсних частинок, які утворюються під час зварювання металу.

Матеріали та методи: Для оцінки токсичної дії завислих ультрадисперсних частинок, що утворюються під час зварювання металу, використовували модель субхронічної інтоксикації на щурах лінії Wistar. Дослідним тваринам вводили ультрадисперсні частинки з повітря робочої зони, що відібрані за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 з використанням поглинача Зайцева, у деіонізовану воду. Отриманий колоїдний розчин пропускали через шприц з мембранним дисковим фільтром з розміром пор 100 нм для відокремлення завислих частинок більше ніж 100 нм. Колоїдний розчин ультрадисперсних частинок вводили тваринам внутрішньоочеревинно 1 мл на 100 г маси тіла протягом 6 тижнів 5 разів на тиждень. Кількісні зміни у структурі внутрішніх органів досліджували за допомогою програми морфометрії Відеотест - Морфологія 5.2.0.158.ось із використанням мікроскопу Axio Scope A1 «Carl Zeiss» (Німеччина) з камерою Jenoptik Progres gryphax® серії SUBRA (Німеччина).

Результат: Встановлено, що під час зварювання у повітря робочої зони зварювальника виділяються завислі частинки комбінованого складу: залізо, мідь, нікель, молібден, вольфрам, кремній, титан та ванадій в різних концентраціях.

Морфологічні зміни у печінці, селезінці та нирках через 6 тижнів від початку експерименту не відрізнялися від контрольних спостережень, а вже через 12 тижнів - патологічні зміни спостерігалися у всіх досліджуваних органах. У тварин дослідної групи відмічалися деструктивні зміни у структурі печінки, а саме спостерігалася вакуолізація гепатоцитів, об'єм їх збільшувався, цитоплазма ставала оптично прозорою, відмічалось повнокрів'я синусоїдів на тлі зменшення їх просвітів.

У структурі селезінки відзначалося зменшення площі периартеріальних Т-залежних зон, зменшувалася загальна клітинність білої пульпи, що призводило до зменшення співвідношення білої та червоної пульпи. Була збільшена кількість деструктивно змінених клітин в периартеріальних лімфоїдних муфтах і лімфоїдних вузликах. В червоній пульпі збільшувалося повнокрів'я. Поміж повнокровних судин, з'являлася велика кількість молодих, та бластних форм клітин лімфоїдного ряду, збільшувалася кількість ретикулярних клітин, які надавали стромі селезінки сітчатий малюнок

Клубочковий апарат нирок дослідних тварин зазнавав поступових прогресуючих дегенеративних і склеротичних змін. У 40% тварин на фоні збільшення обсягу капілярного клубочка, відбувалась проліферація ендотеліальних і мезангіальних клітин, які формували вогнищеві проліферати з 4-6 клітин.

Висновки: При проведенні експерименту з моделювання субхронічної інтоксикації завислими частинками зварювального аерозолі патоморфологічні зміни у печінці, селезінці та нирках були відсутні на 6 тижнів експерименту, проте значно вираженими на 12 тижнів експерименту. У структурі внутрішніх органів були виявлені значні патоморфологічні порушення, які характеризувалися дистрофічними, дисциркуляторними, запальними та склеротичними змінами.

Ключові слова: завислі ультрадисперсні частинки, зварювальний аерозоль, патоморфологічні зміни внутрішніх органів.

Sharavara Larisa Pavlovna Associate Professor, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General Hygiene, Medical Ecology, and Preventive Medicine, Zaporizhzhia State Medical and Pharmaceutical University, <https://orcid.org/0000-0001-9102-3686>

Dmytrukha Nataliia Mykolayivna Senior Research Officer, Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Industrial Toxicology and Occupational Health in the Use of Chemical Substances named after Academician of NAMS of Ukraine Isaak Mykhailovych Trakhtenberg, State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, <https://orcid.org/0000-0001-9161-3889>

MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE INTERNAL ORGANS OF RATS UNDER THE INFLUENCE OF SUSPENDED ULTRAFINE PARTICLES FORMED DURING METAL WELDING

Abstract. The presence of suspended ultrafine particles in the welder's workplace and insufficient understanding of their interaction with biological systems requires improvement of control methods and risk assessment of their impact on the workers' health for the application of comprehensive preventive measures. Studying the features of the toxic effect of suspended ultrafine particles of various chemical composition on the workers' body, which are formed during technological processes of welding metals, is a topical issue today.

The aim: To assess morphological changes in the internal organs of rats exposed to suspended ultrafine particles formed during metal welding.

Materials and methods: To assess the toxic effects of suspended ultrafine particles formed during metal welding, a subchronic intoxication model was used on the rats of Wistar line. The experimental animals were injected with ultrafine particles from the air of the working area, which were collected using a TYPHOON R-20-2 sampler using a Zaitsev absorber in deionized water. The resulting colloidal solution was passed through a syringe with a membrane disk filter with 100 nm pore size to separate suspended particles more than 100 nm. The colloidal solution of ultrafine particles was injected intraperitoneally into the animals at a dose of 1 ml per 100 g of body weight for 6 weeks 5 times a week. Quantitative changes in the structure of internal organs were studied using the morphometry program Videotest - Morphology 5.2.0.158.axis using an Axio Scope A1 microscope "Carl Zeiss" (Germany) with a Jenoptik Progres gryphax® SUBRA series camera (Germany).

Result: It was established, that during welding, suspended particles of a combined composition are released into the air of the welder's work area: iron, copper, nickel, molybdenum, tungsten, silicon, titanium, and vanadium in various concentrations.

Morphological changes in the liver, spleen and kidneys after 6 weeks from the beginning of the experiment did not differ from the control observations, and after 12 weeks - pathological changes were observed in all the studied organs. In the animals of the experimental group, destructive changes in the structure of the liver were noted, namely, vacuolization of hepatocytes was observed, their volume increased, the cytoplasm became optically transparent, and sinusoids were full of blood against the background of a decrease in their lumens.

In the structure of the spleen, there was a decrease in the area of periarterial T-dependent zones, the total cellularity of the white pulp was decreased, which led to a decrease in the ratio of white and red pulp. The number of destructively changed cells in periarterial lymphoid couplings and lymphoid nodules was increased. The red pulp had increased blood volume. Between full-blood vessels, a large number of young and blast forms of lymphoid cells were appeared, the number of reticular cells was increased, giving the spleen stroma a mesh pattern.

The glomerular apparatus of the experimental animals' kidneys underwent gradual progressive degenerative and sclerotic changes. In 40% of the animals, at the background of an increase in the volume of the capillary glomerulus, there was proliferation of endothelial and mesangial cells, which formed focal proliferates of 4-6 cells.

Conclusions: When conducting an experiment to simulate subchronic intoxication with suspended particles of welding aerosol, pathomorphological changes in the liver, spleen and kidneys were absent at the 6th week of the experiment, but they were significantly pronounced at the 12th week of the experiment. Significant pathomorphological disorders were found in the structure of internal organs, which were characterized by dystrophic, dyscirculatory, inflammatory and sclerotic changes.

Keywords: suspended ultrafine particles, welding aerosol, pathomorphological changes in internal organs.

Постановка проблеми. За останні півстоліття занепокоєння у науковців гігієністів, токсикологів викликають завислі частинки, присутні у атмосферному повітрі та на робочих місцях при виконанні окремих технологічних операцій [1]. Отриманні дані досліджень повітря робочої зони працівників на підприємствах металургійної та машинобудівної галузі підтверджують наявність завислих частинок (ЗЧ) ультрадисперсного діапазону у різних кількісних концентраціях при технологічних процесах плавлення та зварювання металів [2, 3].

На сьогодні відомо, що ультрадисперсні завислі частинки здатні проникати в глибокі відділи дихальної системи та з током крові надходити до внутрішніх органів.

Недостатнє розуміння взаємодії частинок ультрадисперсного діапазону промислового аерозолі з біологічними системами потребує вдосконалення методів контролю та оцінки ризику їх впливу на стан здоров'я працюючих для застосування комплексних профілактичних заходів. Тому, безумовно вивчення особливостей токсичної дії завислих ультрадисперсних частинок (УДЧ) різного хімічного складу на організм працюючих, які утворюються при технологічних процесах зварювання металів, на сьогодні є важливим завданням для фахівців медицини праці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В літературних джерелах зустрічаються роботи, які підтверджують токсичну дію синтезованих наночастинок різного хімічного складу на органи та тканини дослідних тварин. Зокрема, наночастинок оксиду цинку та оксиду міді здатні викликати зміни в печінці та нирках [4], наночастинок заліза оксиду та кремнію викликають токсичні ефекти в печінці, легенях, нирках та селезінці [5, 6], наночастинок діоксиду титану чинили токсичну дію на клітини печінки [7], оксиду ванадію впливали на клітини нирок [8].

Дані досліджень N.S. Al-Hamadany et al. [9] та Яворовського О.П. та ін. [10] підтверджують наявність патологічних змін в печінці у вигляді вакуолізації цитоплазми гепатоцитів, збільшенні їх в об'ємі, наявності повнокрів'я синусоїдів.

Науковці біохімічної лабораторії Індійського інституту токсикологічних досліджень [10] при пероральному введенні наночастинок оксиду цинку розміром від 16 до 199 нм експериментальним тваринам виявили процеси запалення та некрозу в тканинах нирок. У роботах Zhou X. et al. [11], Wen H. et al. [12] та Yuqi L. et al. [13]. встановлено патологічні зміни у селезінці, які характеризувалися загибеллю лімфоцитів і зменшенням їх кількості в білій пульпі, збільшенням кількості макрофагів в красній пульпі.

Досліджено токсичну дію наночастинок оксиду заліза на структуру легень, серця, печінки, нирок. Встановлено, що тривале введення в черевну порожнину щурів наночастинок Fe_2O_3 19 нм супроводжувалося накопиченням у цитоплазмі кардіоміоцитів, гепатоцитів і клітин нефротелію дрібних кристалоподібних включень, дистрофічними і некробіотичними процесами у клітинах. Кардіовазотоксична дія проявлялась порушенням кровообігу в системі мікроциркуляторного русла. Ураження печінки протікали з порушенням антитоксичної та метаболічної функцій та обмінних процесів. Вплив на нирки дослідних щурів супроводжувався повнокров'ям капілярів ниркових клубочків, розширенням просвітів капсули ниркового тільця та зернистою дистрофією клітин проксимального епітелію, що свідчить про порушення процесів клубочкової фільтрації та канальцевої реабсорбції. [14].

Причина токсичності наночастинок може пояснюватись їх специфічними характеристиками, такими як велика площі поверхні у порівнянні з масовою концентрацією, хімічним складом, розміром та дозуванням, накопиченням в організмі, імуногенністю, токсичністю для окремих органів, розпадом та виведенням їх з організму. Отримані дослідження підтверджують важливість детального дослідження впливу завислих УДЧ нанорозмірного діапазону промислового аерозолі через їх потенційну токсичність за рахунок особливих фізико-хімічних властивостей, обумовлених розміром, кількісною концентрацією, площею поверхні, розчинністю у рідинах, зарядом тощо.

Важливо зазначити, що зазначені експериментальні дослідження токсичності проводилися з штучно синтезованими наночастинами. У той же час визначення токсичності завислих УДЧ, що утворюються безпосередньо на робочому місці працівників при різних технологічних процесах не проводились. Тому дослідження вмісту, хімічного складу та токсичності завислих УДЧ, що надходять у повітря робочої зони працівників за особливих технологічних процесів є актуальним.

Мета статті - оцінити морфологічні зміни у внутрішніх органах щурів за впливу завислих УДЧ, які утворюються під час зварювання металу.

Матеріали та методи дослідження: Завислі УДЧ аерозолі відбирали під час зварювання металу на робочому місці зварювальника за допомогою пробовідбірника ТАЙФУН Р-20-2 у деіонізовану воду в об'ємі 10 мл. Проби повітря для експерименту відбирали на початку робочого тижня (протягом 6

тижнів). УДЧ (≤ 100 нм) відокремлювали шляхом фільтрування отриманого колоїдного розчину за допомогою шприца з приєднаним фільтротримачем з мембранним дисковим фільтром «Domnick Hunter» (Англія) з розміром пор 100 нм. Оцінку хімічного складу УДЧ, які входили до зварювального аерозолі, визначали методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ОЕС-ІЗП) за допомогою приладу «Optima 2100 DV» («PerkinElmer», США). Отримані результати хімічного складу ЗЧ аналізувалися за допомогою програмного забезпечення приладу ОЕС-ІЗП WinLab32 в операційній системі Windows XP prof.

Моделювання хронічної інтоксикації УДЧ проводили на статевозрілих щурах-самцях лінії Wistar масою 220-335 гр, які були поділені на 2 групи (дослідна та контрольна, по 6 тварин в кожній). При роботі з тваринами дотримувалися положеннями Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються в експериментальних або інших наукових цілях (Страсбург, 18.03.1986).

Щурам дослідної групи колоїдний розчин з УДЧ вводили внутрішньо-очеревинно 1 мл (182460 частинок/см³) на 100 г маси тіла тварини щоденно протягом 5 днів, моделюючи робочий тиждень працівника. Контрольній групі тварин у той же спосіб вводили 1 мл деіонізованої води.

Оцінку патоморфологічних змін у структурі внутрішніх органів (печінка, селезінка та нирки) проводили через 6 тижнів від початку експерименту та через 6 тижнів після припинення (через 12 тижнів від початку експерименту).

Дослідних тварин виводили з експерименту шляхом декапітації під тіопенталовим наркозом (5 мг/1мл фіз. розчину). Внутрішні органи тварин для гістологічного дослідження фіксували 10 % розчином нейтрального формаліну протягом 24-48 годин, зневоднювали і заливали в парафін. Серійні зрізи печінки, селезінки та нирок товщиною 5 мкм виготовляли на прецизійному ротаційному мікротомі HM 3600 (фірми «MICROM Laborgerete GmbH», Німеччина) з подальшим фарбуванням гематоксиліном і еозином. Оцінку кількісних показників структурних елементів внутрішніх органів проводили за допомогою програми морфометрії Відеотест - Морфологія 5.2.0.158.ось із використанням мікроскопу Axio Scope A1 «Carl Zeiss» (Німеччина) з камерою Jenoptik Progres gryphax® сериї SUBRA (Німеччина).

Статичну обробку отриманих даних виконано за допомогою пакета програм Statistica® for Windows 13.0. Статистичний аналіз кількісних показників проводили з розрахунком медіани (Me), нижнього та верхнього квартилей (Q_1 ; Q_3). Статистично значущими вважалися відмінності між порівнювальними значеннями на рівні 95 % ($p \leq 0,05$).

Виклад основного матеріалу. За результатами дослідження хімічного складу проб повітря, відібраних на робочому місці зварювальника, можемо констатувати, що УДЧ містили залізо, мідь, нікель, молібден, вольфрам, кремній, титан та ванадій. Присутність цих елементів у повітрі робочої зони зварювальника обумовлена особливостями технологічного процесу зварю-

вання металів з різних сплавів та використанням різних видів електродів для зварювання.

При гістологічному дослідженні печінки тварин контрольної групи чітко простежувалася балкова будова з наявністю характерних трабекул з гепатоцитів між якими проходять синусоїди. Ядра гепатоцитів мали округлу форму з площею поперечного перетину: $37,74 \text{ мкм}^2$ (33,54; 42,33).

На 6 тиждень експерименту в дослідній групі щурів гістологічна будова печінкової часточки не відрізнялася від тварин контрольної групи. Через 12 тижнів у тварин дослідної групи відмічалися деструктивні зміни, такі як вакуолізація гепатоцитів, їх збільшений об'єм, оптично прозора цитоплазма, повнокрів'я синусоїдів на тлі зменшення їх просвітів. Повнокрів'я і стаз крові в окремих судинах мікроциркуляторного русла свідчив про порушення реологічних властивостей крові. В окремих ділянках навпаки реєструвалося суттєве розширення синусоїдів при збереженні помірної вакуолізації гепатоцитів. У цитоплазмі гепатоцитів з'явилася різного ступеня виразності зернистість, що можна розцінювати як прояв початкових стадій білкової дистрофії, або як прояв посиленого функціонування гепатоцитів в умовах несприятливого впливу токсичних речовин. Зернистість в цитоплазмі гепатоцитів набувала особливої виразності, що можна обґрунтувати саме дією УДЧ, які призводили до перебудови та розпаду ліпо- та глікопротеїдних комплексів. Цитоплазма гепатоцитів при цьому була неоднорідна, сітчаста, дрібно- або великозерниста. Білкові структури зазвичай різної форми та величини, ядра в таких гепатоцитах були незначно збільшені, з частковою вакуолізацією, яка охоплювала певні, незначні ділянки каріоплазми, хроматин ядер був згрупований в окремі глибки (рис. 1).

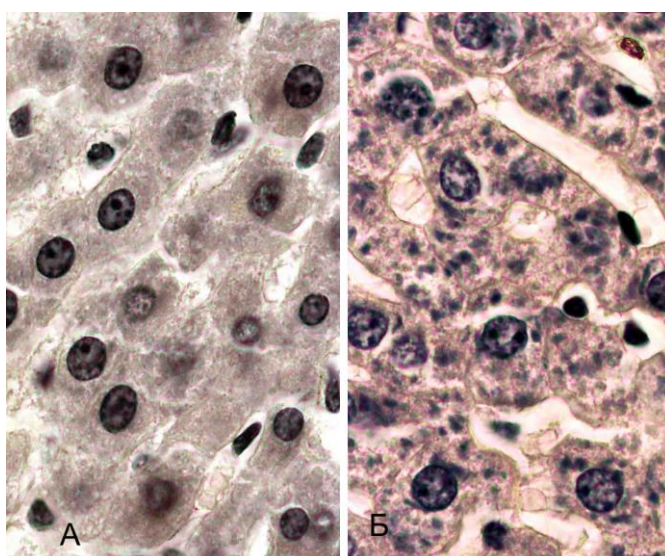


Рис. 1. А – гепатоцити печінки щурів контрольної групи. Б – гепатоцити з вираженою зернистістю у щурів дослідної групи. Забарвлення Н&Е. $36. \times 1000$.

Незважаючи на можливий зворотній характер таких змін, тривалий несприятливий вплив УДЧ призводить до прогресування таких змін. В 30 % спостережень в печінці зустрічалися досить значні ділянки некробіотичних змін – вакуолізація цитоплазми, набряк ядра, периферична конденсація хроматину, каріопікноз. Просвіт центральної вени та прилеглих ділянок синусоїдів розширений, нерідко значне повнокрів'я центральних вен, що спостерігалось нами в 20 % спостережень у тварин дослідної групи.

Кількісні показники гепатоцитів змінювалися по групам неоднорідно. В експериментальній групі площа ядер гепатоцитів становила 45,3 мкм² (42,44; 49,34), що перевищувало контрольні показники в 1,2 рази і мала статистично значимі відмінності ($p \leq 0,01$). В дослідній групі площа гепатоцитів була значно більшою у порівнянні з контрольною групою і склала відповідно $280,12 \pm 67,93$ та $172,95 \pm 13,18$ мкм².

Значне збільшення обсягу гепатоцитів у щурів, яким вводили УДЧ, відбувалося за рахунок вакуолізації цитоплазми, що наочно реєструвалося при великому збільшенні мікроскопу. При цьому, незважаючи на збільшення площі ядер, ядерно-цитоплазматичний індекс (ЯЦІ) суттєво зменшувався. Так, в групі контролю ЯЦІ становив 0,2, тоді як в дослідній групі – 0,16. Запальної інфільтрації в досліджуваній групі не спостерігалось.

Через 6 тижнів експерименту у щурів дослідної групи структура селезінки мало відрізнялася від контрольних даних. Через 12 тижнів у селезінці дослідної групи щурів відзначалося зменшення площі периартеріальних Т-залежних зон та загальної клітинності білої пульпи переважно за рахунок лімфоцитів, як переважаючої клітинної популяції. Відповідно, такі зміни призводили до зменшення співвідношення білої та червоної пульпи. Треба зауважити, що різні несприятливі фактори зовнішнього або внутрішнього середовища можуть призводити до загибелі лімфоцитів і зменшення їх кількості в білій пульпі. Також визначено збільшення кількості деструктивно змінених клітин в периартеріальних лімфоїдних муфтах і лімфоїдних вузликах. В останніх не відбувалося збільшення плазматичних клітин. Однак, поряд з деструктивними змінами, постійно відбувається приплив до селезінки ДНК- синтезуючих лімфоцитів, відбувається бласттрансформація великої їх кількості, що спостерігалось нами в дослідній групі. В червоній пульпі спостерігали підвищене повнокрів'я. Поміж повнокровних судин, поряд з малими лімфоцитами, які становили переважну більшість клітинної популяції, з'являлася велика кількість молодих, та бластних форм клітин лімфоїдного ряду, збільшувалася кількість ретикулярних клітин, які надавали стромі селезінки сітчатий малюнок (рис. 2).

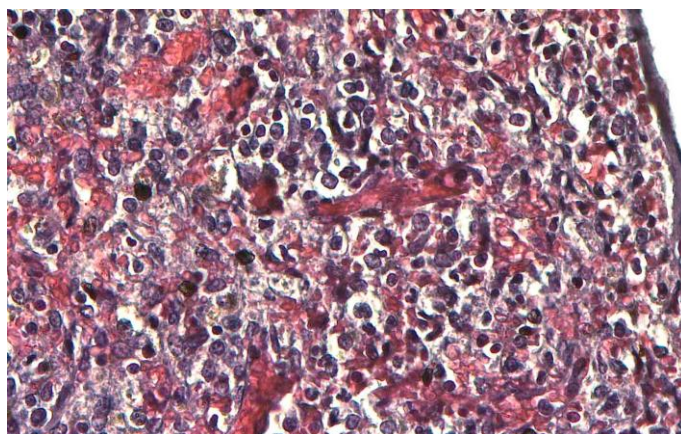


Рис. 2. Поліморфний клітинний склад на фоні повнокрів'я судин і синусів червоної пульпи селезінки у дослідних щурів. Забарвлення Н&Е. Зб. $\times 200$.

У білій пульпі, на фоні застійних явищ в судинному руслі з'явилися поліморфноядерні лейкоцити, які формували дрібні скупчення з 2-4 клітин, що свідчило про наявність розвитку запальної реакції. В субкапсулярних зонах суттєво збільшилася кількість макрофагів, що може свідчити про посилення фагоцитарної активності клітин селезінки по відношенню до УДЧ. Макрофаги становили досить поліморфну популяцію клітин. Вони мали досить різні розміри і форму, однак частіше мали великі ядра з ядерцем, хроматин у незначній кількості був конденсований біля ядерної оболонки. Характерною ознакою була поява в селезінці дослідних щурів великої кількості гігантських багатоядерних макрофагів, які практично не зустрічалися в контрольній групі. Останнє опосередковано може свідчити про їх формування зокрема, у присутності екзогенних частинок. В розширених лімфатичних колекторах червоної пульпи було відмічено накопичення дрібних гранул чорного кольору, які мали подвійне світлозаломлення при проведенні поляризаційної мікроскопії (рис. 3).

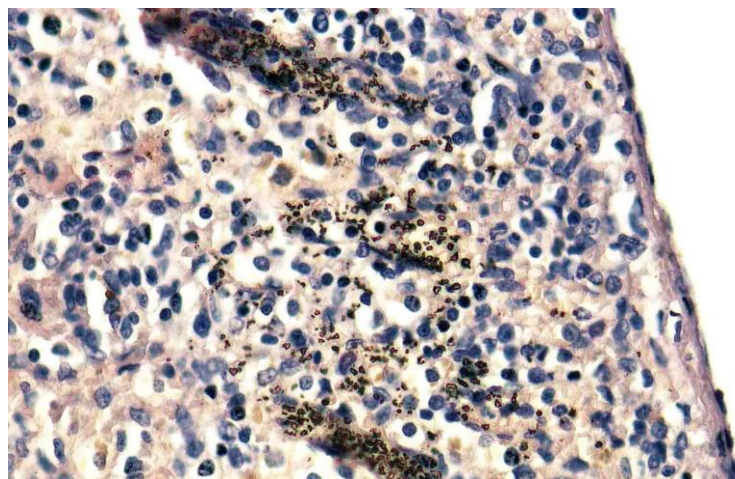


Рис. 3. Накопичення екзогенного матеріалу в лімфатичних судинах червоної пульпи у щурів дослідної групи. Забарвлення Н&Е. Зб. $\times 200$.

В деяких ділянках селезінки знаходились гранули гемосидерину, однак вони не мали чітких кордонів і формували більш значні конгломерати коричневого забарвлення. Поряд з такими ділянками зростала кількість одноподібних макрофагів. Збільшення ділянок гемосидерозу свідчило про посилений гемоліз еритроцитів в синусах красної пульпи, що може бути слідством дії шкідливих речовин.

Гістологічна будова нирок через 6 тижнів експерименту у щурів дослідної групи не відрізнялася від контрольних спостережень. На 12 тижень експерименту в дослідній групі тварин клубочковий апарат зазнавав поступових прогресуючих дегенеративних і склеротичних змін. У 40% тварин на фоні збільшення обсягу капілярного клубочка, відбувалась проліферація ендотеліальних і мезангіальних клітин, які формували вогнищеві проліферати з 4-6 клітин. Відзначалися спайки між капілярними петлями і внутрішньою поверхнею капсули. Також в мезангіальному просторі з'являлись дрібні пілоподібні гранули і клітини запалення, переважно лімфоцити, просвіт капілярів був не визначеним (рис. 4).

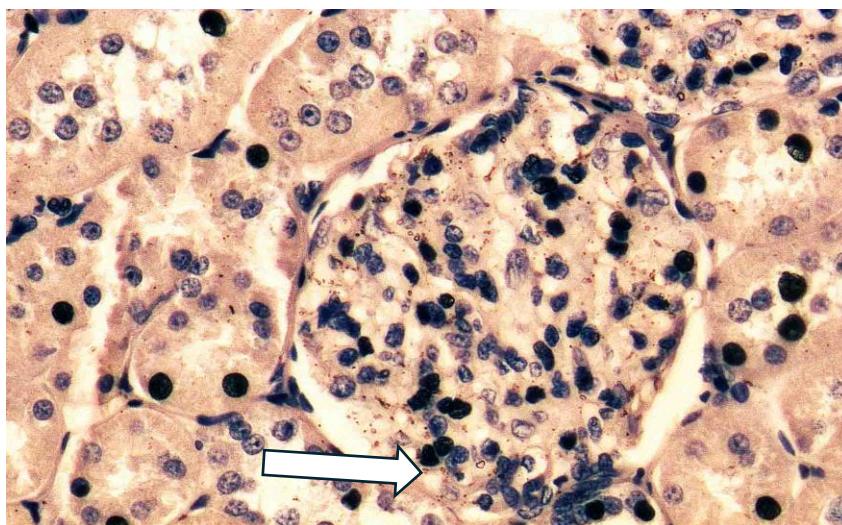


Рис. 4. Збільшення обсягу капілярного клубочка щурів дослідної групи. Накопичення пілоподібних гранул в мезангіальному просторі. Стрілкою показано спайки капілярних петель з внутрішньою поверхнею капсули. Забарвлення Н&Е. Зб. $\times 200$.

В епітелії звивистих каналців прогресували дистрофічні зміни з набряком, руйнуванням і десквамацією окремих клітин. Базальні мембрани каналців загалом були збережені. В окремих ділянках мозкового шару відбувалося значне розширення і повнокрів'я судин, відмічалися стази крові, проте такі зміни не набували значного розповсюдження і обмежувалися незначними ділянками ниркової паренхіми. В 8% спостережень в нирках дослідних щурів відзначалися склеротичні зміни в клубочках.

Висновки:

1. Встановлено, що під час зварювання металів в повітрі робочої зони зварювальника утворюється промисловий аерозоль комбінованого складу, який містить УДЧ розміром менше 100 нм що, є потенційною загрозою для здоров'я працюючих.

2. При проведенні експерименту з моделювання субхронічній інтоксикації УДЧ зварювального аерозолі патоморфологічні зміни у печінці, селезінці та нирках були відсутні на 6 тижднів експерименту та значно вираженими на 12 тижднів експерименту. У структурі внутрішніх органів були виявлені значні морфо-функціональні порушення, які характеризувалися дистрофічними, дисциркуляторними, запальними та склеротичними змінами.

3. Отримані данні дають підставу для подальшого вивчення особливостей впливу завислих УДЧ промислового аерозолі на організм працюючих, розробки та застосування ефективних заходів профілактики їх несприятливої дії.

Література:

1. Najahi-Missaoui W., Arnold, R. D., & Cummings, B. S. Safe Nanoparticles: Are We There Yet? *International journal of molecular sciences*. 2020. 22 (1). 385. <https://doi.org/10.3390/ijms22010385>
2. Sharavara, L. P. Ultrafine industrial aerosol as an occupational risk factor for sintering industry workers / L.P. Sharavara, N. M. Dmytrukha, I. M. Andrusyshyna // *Modern medical technology*. – 2024. – № 3. – С. 303-309. DOI: 10.14739/mmt.2024.4.311754.
3. Marcias G., Fostinelli J., Catalani S., Uras M., Sanna A. M., Avataneo G. et al. Composition of Metallic Elements and Size Distribution of Fine and Ultrafine Particles in a Steelmaking Factory. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2018. Vol. 15 (6). 1192. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061192>
4. Abouzeinab N. S., Kahil N., Fakhruddin N., Awad R., & Khalil M. I. Intraperitoneal hepato-renal toxicity of zinc oxide and nickel oxide nanoparticles in male rats: biochemical, hematological and histopathological studies. *EXCLI journal*. 2023. 22. 619–644. <https://doi.org/10.17179/excli2023-6237>
5. Vakili-Ghartavol R., Momtazi-Borojeni A. A., Vakili-Ghartavol Z., Aiyelabegan H. T., Jaafari M. R., Rezayat S. M. et al. Toxicity assessment of superparamagnetic iron oxide nanoparticles in different tissues. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*. 2020. 48 (1). 443–451. <https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1709855>
6. Huang Y., Li P., Zhao R., Zhao L., Liu J., Peng S. et al. Silica nanoparticles: Biomedical applications and toxicity. *Biomedecine & pharmacotherapie*. 2022. 151. 113053. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113053>
7. Яворовський О. П. Токсикологічні та морфологічні аспекти прояву гострої дії нано-TiO₂ и нано-TiO₂-Ag на печінку лабораторних мишей. / О. П. Яворовський, С. І. Савосько, В. М. Рябовол, Т. О. Зінченко // *Патологія*. – 2023. – Том 20. № 2 (58). – С. 162-169. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2023.2.277852>
8. Li J. B., Li D., Liu Y. Y., Cao A., & Wang H. Cytotoxicity of vanadium dioxide nanoparticles to human embryonic kidney cell line: Compared with vanadium(IV/V) ions. *Environmental toxicology and pharmacology*. 2024. 106. 104378. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104378>

9. Abawy N. A., & Alzubaidy M. H. Evaluating the toxic oral doses of iron oxide nanoparticles in mice. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2023. 37(4). P. 801-811. doi: 10.33899/ijvs.2023.138368.2796

10. Srivastav A.K., Kumar M., Ansari N.G. et al. A comprehensive toxicity study of zinc oxide nanoparticles versus their bulk in Wistar rats: Toxicity study of zinc oxide nanoparticles. *Human & Experimental Toxicology*. 2016. 35 (12). P. 1286-1304. doi:10.1177/0960327116629530

11. Zhou X., Zhao L., Luo J., Tang H., Xu M., Wang Y. et al. The Toxic Effects and Mechanisms of Nano-Cu on the Spleen of Rats. *International journal of molecular sciences*. 2019. Vol. 20 (6). P. 1469. <https://doi.org/10.3390/ijms20061469>

12. Wen H., Dan M., Yang Y., Lyu J., Shao A., Cheng X. et al. Acute toxicity and genotoxicity of silver nanoparticle in rats. *PloS ONE*. 2017. 12 (9). e0185554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185554>

13. Yuqi L., Mingkai X., Zhichun Z., Gulinare H., Yongqiang L., Yansheng L. et al. In vitro study on the toxicity of nanoplastics with different charges to murine splenic lymphocytes. *Journal of Hazardous Materials*. 2022. Vol. 424. 127508. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127508>

14. Луговський С. П., Дмитруха Н. М., Діденко М. М., Бакало Л. В., Лагута О. С., Мельник Н. А. Морфофункціональні зміни внутрішніх органів щурів за тривалого введення в черевну порожнину наночастинок оксиду заліза (Fe₂O₃) // Український журнал з проблем медицини праці. - 2019. - 15 (3). – С. 228–239. doi.org/10.33573/ujoh2019.03.228

References:

1. Najahi-Missaoui, W., Arnold, R. D., & Cummings, B. S. (2020). Safe Nanoparticles: Are We There Yet? *International journal of molecular sciences*, 22 (1), 385. <https://doi.org/10.3390/ijms22010385>

2. Sharavara, L. P., Dmytrukha, N. M., Andrusyshyna, I. M. (2024). Ultrafine industrial aerosol as an occupational risk factor for sintering industry workers. *Modern medical technology*. 3, 303-309. DOI: 10.14739/mmt.2024.4.311754. [in Ukrainian].

3. Marcias, G, Fostinelli, J, Catalani, S, Uras, M, Sanna, AM, Avataneo, G. et al. (2018). Composition of Metallic Elements and Size Distribution of Fine and Ultrafine Particles in a Steelmaking Factory. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15(6), 1192. <https://doi.org/10.3390/ijerph15061192>

4. Abouzeinab, N. S., Kahil, N., Fakhruddin, N., Awad, R., & Khalil, M. I. (2023). Intraperitoneal hepato-renal toxicity of zinc oxide and nickel oxide nanoparticles in male rats: biochemical, hematological and histopathological studies. *EXCLI journal*, 22, 619–644. <https://doi.org/10.17179/excli2023-6237>

5. Vakili-Ghartavol, R., Momtazi-Borojeni, A. A., Vakili-Ghartavol, Z., Aiyelabegan, H. T., Jaafari, M. R., Rezayat, S. M. et al. (2020). Toxicity assessment of superparamagnetic iron oxide nanoparticles in different tissues. *Artificial cells, nanomedicine, and biotechnology*, 48 (1), 443–451. <https://doi.org/10.1080/21691401.2019.1709855>

6. Huang, Y., Li, P., Zhao, R., Zhao, L., Liu, J., Peng, S. et al. (2022). Silica nanoparticles: Biomedical applications and toxicity. *Biomedecine & pharmacotherapie*, 151, 113053. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113053>

7. Yavorovsky, O. P., Savosko, S. I., Ryabovol, V. M., Zinchenko, T. O. (2023). Toksykologichni ta morfolohichni aspekty proyavu hostroyi diyi nano-TiO₂ y nano-TiO₂-Ag na pechinku laboratornykh myshey [Toxicological and morphological aspects of the acute effects of nano-TiO₂ and nano-TiO₂-Ag on the liver of laboratory mice]. *Patolohiya – Pathology*, 20, 2 (58), 162-169. [in Ukrainian].

<https://doi.org/10.14739/2310-1237.2023.2.277852>

8. Li, J. B., Li, D., Liu, Y. Y., Cao, A., & Wang, H. (2024). Cytotoxicity of vanadium dioxide nanoparticles to human embryonic kidney cell line: Compared with vanadium(IV/V) ions. *Environmental toxicology and pharmacology*. 106, 104378. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104378>
9. Abawy, N. A., & Alzubaidy, M. H. (2023). Evaluating the toxic oral doses of iron oxide nanoparticles in mice. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 37(4), 801-811. doi: 10.33899/ijvs.2023.138368.2796DOI: 10.33899/ijvs.2023.138368.2796
10. Srivastav, A.K., Kumar, M., Ansari, N.G. et al. (2016). A comprehensive toxicity study of zinc oxide nanoparticles versus their bulk in Wistar rats: Toxicity study of zinc oxide nanoparticles. *Human & Experimental Toxicology*, 35 (12), 1286-1304. doi:10.1177/0960327116629530
11. Zhou, X., Zhao, L., Luo, J., Tang, H., Xu, M., Wang, Y. et al. (2019). The Toxic Effects and Mechanisms of Nano-Cu on the Spleen of Rats. *International journal of molecular sciences*, 20 (6), 1469. <https://doi.org/10.3390/ijms20061469>
12. Wen, H., Dan, M., Yang, Y., Lyu, J., Shao, A., Cheng, X. et al. (2017). Acute toxicity and genotoxicity of silver nanoparticle in rats. *PloS ONE*, 12 (9), e0185554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185554>
13. Yuqi, L., Mingkai, X., Zhichun, Z., Gulinare, H., Yongqiang, L., Yansheng, L. et al. (2022). In vitro study on the toxicity of nanoplastics with different charges to murine splenic lymphocytes. *Journal of Hazardous Materials*, 424, 127508. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127508>
14. Lugovskyi, S.P., Dmitruha, N.N., Didenko, M.N., Bakalo, L.V., Lagutina, O.S, Melnik, N.A. (2019). Morpho-functional changes in internal organs of rats in long-term administration of iron oxide nanoparticles into abdominal cavity. *Ukrainian journal of occupational health*, 15(3), 228–239. [in Ukrainian].doi.org/10.33573/ujoh2019.03.228