

**О.С.Погорєлова**

Сумський державний  
університет

**Ключові слова:** серце,  
масометрія, морфометрія,  
солі важких металів, хімі-  
чний склад.

Надійшла: 22.02.2008

Прийнята: 14.03.2008

УДК 611.12-053:613.632

## **СТРУКТУРНО-МЕТАБОЛІЧНІ ЗМІНИ СЕРЦЯ ЩУРІВ РІЗНОГО ВІКУ В НОРМІ ТА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТОЗІВ**

*Дослідження проведено у рамках науково-дослідної роботи "Морфофункціональні особливості перебудови скелета та внутрішніх органів в умовах порушеного гомеостазу" (номер державної реєстрації 0107U001287).*

**Резюме.** Мета роботи – вивчення динаміки змін масометричних, гістоморфометричних показників та хімічного складу серця щурів різних вікових груп в нормі та в умовах затравки солями важких металів. В дослідженні було використано 72 білих щура-самця 3-х вікових груп (молоді, зрілі, старечого віку), яких було розділено на чотири серії. У I-III серіях, що містили по 18 щурів в кожній, протягом 3-х місяців моделювали екологічну ситуацію північних регіонів Сумської області, IV серію склали контрольні тварини. Концентрації металів, якими затравлювали тварин, були наступні: цинку - 50,0 мг/л, міді - 20,0 мг/л, заліза - 20,0 мг/л; хрому - 10,0 мг/л, свинцю - 3,0 мг/л; марганцю - 5,0 мг/л. В роботі досліджували зміни масометричних, морфометричних показників та хімічного складу сердець щурів трьох вікових груп за умов 3-х місячної затравки різними комбінаціями солей важких металів. Морфометрію гістологічних препаратів проводили за допомогою "крапкового" підрахунку та програми "Видео Розмер 5,0", визначення хімічного складу - на полуміневому спектрофотометрі C115-M1. Виявлено розвиток структурної перебудови міокарда, що полягає в зменшенні всіх масометричних показників серця, дилатації порожнин шлуночків. При морфометричному дослідженні спостерігалось зменшення діаметру кардіоміоцитів, їхніх ядер, відносного об'єму кардіоміоцитів та судин міокарда, збільшення відносного об'єму сполучної тканини. Встановлено накопичення екзоплютантів в серці тварин та дисбаланс ендогенних іонів. Найбільш виражені структурно-метаболичні зміни спостерігаються через 3 місяці експерименту у тварин старечого віку за умов затравки солями міді, марганцю та свинцю, найменш виражені - у тварин зрілого віку за умов затравки солями міді, цинку та заліза.

**Морфологія.**- 2008.- Т.ІІ, №2.- С.47-55.

© О.С.Погорєлова, 2008

**Pogorelova O.S. Structural and metabolic changes in normal rat's heart and under the thecnogenic microelementosis.**

**Summary.** The object of this article - is studies the masometric, hystomorphometric chages and chemical compound in normal rat's heart and under the influence of the heavy metal salts in age aspect. We used 72 white rats of defferent age (young, adult and old), who was separate at the 4 series. We modeling ecological situation of the northern part of Sumy region fo the rats of 1-st, 2-nd and 3-d series; 4-th series - was control (intact) rats. We used following dozes of the heavy metal salts: zinc - 50 mg/l, copper - 20 mg/l, iron - 20 mg/l, chrome - 10 mg/l, lead - 3 mg/l, manganese - 5 mg/l. In article has been studied changes of the morphometric parameters and chemical compound of the defferent age rat's heart under influence of diffient combination of the heavy metal salts during 3 month. We use program "Video Test 5,0" for the morphometric measurement and apparatus C115-M1 for the spectroscopy. Masometric shown that mass of the heart and its part are decrease but chambers of the heart are dilate. We observe structural chnges that distinguished diameter of cardiomiocyte and its nucleus, level of vessels are decrease but the level of connective tissue is increase. The accumulation of the metals was detected into the myocardium. The level of accumulation was depend on the period which we gave this salts. The highest changes we can see in old rats under the influence of copper, manganese and lead, smollest - in young rats under the influence of copper, zinc and iron.

**Key words:** heart, masometria, morphometria, heavy metal salts, chemical compound.

### **Вступ**

Урбанізація суспільства, ріст хімічної та електроенергетичної галузей виробництва, використання мінеральних добрив, металомістких пестицидів, викиди у навколишнє середовище відходів виробництва та вихлопів автомобільно-

го транспорта, аварії на промислових підприємствах за останні десятиріччя створюють безперервний вплив на живі істоти (Боев В.М., 2002; Зербіно, Соломенчук, 2002; Сердюк А.М., 2007). Причому в деяких регіонах виникають асоціації елементів, що не є природними, а характерні для

техногенних аномалій (Трахтенберг І.М., Тычинин В.А., 2003). Пристосовуючись до нових умов існування, в організмі вмикаються захисні механізми, які протягом певного терміну здатні нівелювати пошкоджувальний вплив небезпечних чинників (Агаджанян Н.А., Северин А.Е., 1999). Але в подальшому, в міру виснаження резервів, відбувається зрив адаптації і пристосувальні механізми перетворюються на патологічні, які виявляються спочатку на клітинному та біохімічному рівнях, а, з часом, призводять до морфологічних змін на органічному рівні.

Для північних районів Сумської області характерним є збільшення концентрації солей міді, марганцю, цинку, хрому, свинцю та заліза в різних комбінаціях. В літературі є вичерпні дані щодо впливу на організм окремих елементів, в той час як зміни за умов їх комбінації майже не вивчалися. Остеронь залишається також проблема стану серцево-судинної системи та міокарда за умов мікроелементозів.

#### **Мета дослідження**

Вивчити динаміку змін масометричних, гістоморфометричних показників та хімічного складу серця щурів різних вікових груп в нормі та в умовах затравки солями важких металів.

#### **Матеріали та методи**

В дослідженні було використано 72 білих щура-самця 3-х вікових груп (молоді, зрілі, старечого віку), яких було розділено на чотири серії.

У I серії (18 щурів) протягом 3-х місяців моделювали екологічну ситуацію Ямпільського району, для якої характерне збільшення вмісту міді, цинку та заліза у водоймах та ґрунтах, а саме: солей цинку - 50 мг/л, міді - 20,0 мг/л та заліза - 20 мг/л. У II серії (18 щурів) - екологічні умови Шосткинського району: протягом 3-х місяців до питної води додавали солі цинку (50 мг/л), хрому (10,0 мг/л) та свинцю (3,0 мг/л). У III серії (18 щурів) створювались екологічні умови Середино-Будського району: протягом 3-х місяців до питної води додавали солі міді (20 мг/л), марганцю (5,0 мг/л) та свинцю (3,0 мг/л). IV серія (18 щурів) - контрольна, в яку увійшли інтактні щурі 4-х, 7-ми, 20-ти місячного віку, що дозволило провести коректний порівняльний аналіз з експериментальними серіями тварин.

Група експериментальних та контрольних тварин забивалась під ефірним наркозом шляхом декапітації через 3 місяці експерименту. На дослідження забирались серця щурів. Серце розтинали за методикою Г.Г.Аванділова (1990), розділяючи його на 4 частини: лівий та правий шлуночок, міжшлуночкову перегородку та передсердя. Окремо зважували частини серця, використовували непрямі планіметрію ендокардіальних поверхонь шлуночків серця. Шматочки міокарду вирізали з передніх і бічних стінок лівого та правого шлуночків, міжшлуночкової перего-

родки. Препарати фіксували в 10 % розчині нейтрального формаліну й після відповідної проводки заливали в парафін. Готували гістологічні зрізи товщиною 10-15 мкм та забарвлювали їх гематоксилином-еозином, за Ван-Гізоном та залізним гематоксилином Гейденгайна. За допомогою комп'ютерної програми «Відео Розмер 5,0» вираховувались основні морфометричні параметри міокарду піддослідних тварин.

Зважене серце від даної групи закривали в сушильній шафі при температурі 105°C і висушували до постійної ваги. За різницею у вазі вологого і сухого серця визначали його вологість. Потім висушену тканину спалювали в парцелянових тиглях у муфельній печі при температурі 450°C протягом 48 годин. Шляхом зважування попелу визначалася загальна кількість мінеральних речовин на сухий залишок. Отриманий попіл розчиняли в 10% соляній та азотній кислотах і доводили бідистильованою водою до 25 мл. На атомному абсорбційному спектрофотометрі С-115М1 за загальноприйнятою методикою визначали кількість цинку (довжина хвилі 213,9 нм), міді (довжина хвилі 324,7 нм), свинцю (довжина хвилі 283,3 нм), марганцю (довжина хвилі 279,5 нм), хрому (довжина хвилі 357,9 нм), та заліза (довжина хвилі 248,3 нм), кальцію (довжина хвилі 422,7 нм), магнію (довжина хвилі 285,4 нм). Концентрацію натрію та калію визначали методом емісії.

Отримані дані оброблялись статистично на персональному комп'ютері з використанням пакета прикладних програм. Достовірність розходження експериментальних і контрольних даних оцінювали з використанням критерію Ст'юдента, достатньою вважали ймовірність помилки менше 5% ( $p \leq 0,05$ ).

#### **Результати та їх обговорення**

При вивченні хімічного складу серця інтактних щурів трьох вікових груп виявлено (табл.1), що серед неорганічних речовин найбільший вміст належить калію, натрію, цинку та залізу, найменший - міді та свинцю. З віком, при порівнянні молодих та щурів старечого віку, відбувається зниження вмісту цинку, заліза, магнію, міді та хрому на 19,37% ( $p \leq 0,05$ ), 26,74% ( $p \leq 0,05$ ), 12,30% ( $p \leq 0,05$ ), 50,45% ( $p \leq 0,05$ ), 15,47% ( $p \leq 0,05$ ) та 54,52% ( $p \leq 0,05$ ) відповідно. Зворотня тенденція спостерігається при визначенні вмісту кальцію, марганцю та свинцю - концентрації збільшуються відповідно на 16,43% ( $p \leq 0,05$ ), 20,70% ( $p \leq 0,05$ ) та 37,06% ( $p \leq 0,05$ ). Для вмісту натрію характерним є те, що він вищий у зрілих в порівнянні з молодими тваринами, але різниця недостовірна, та нижчий у тварин старечого віку на 11,01% ( $p \leq 0,05$ ) в порівнянні з тваринами молодого віку. Зміни вмісту калію з віком недостовірні.

Як видно з таблиці 2, з віком, при порівнянні тварин молодого і старечого віку, відбувається

ріст майже всіх морфометричних характеристик, а саме: діаметру кардіоміоцитів (ДКМ) та діаметру ядер кардіоміоцитів (ДЯКМ) шлуночків: на 22, 27% ( $p \leq 0,05$ ) та 15,91% ( $p \leq 0,05$ ) лівого шлуночка, на 25,44% ( $p \leq 0,05$ ) та 15,54% ( $p \leq 0,05$ ) - правого шлуночка; відносного об'єму сполучної тканини (ВОСТ) в правому (ПШ) та лівому шлу-

ночках (ЛШ) на 27,66% ( $p \leq 0,05$ ) та 24,89% ( $p \leq 0,05$ ) відповідно. Характерним є зниження відносного об'єму судин (ВОС) в обох шлуночках на 28,05% ( $p \leq 0,05$ ) та 24,78% ( $p \leq 0,05$ ) відповідно. Відносний об'єм кардіоміоцитів (ВОКМ) змінюється з віком недостовірно.

Таблиця 1

Хімічний склад серця інтактних щурів різного віку (мг%/золу)  $M \pm m$

Хімічний елемент	4 місяці	7 місяців	20 місяців
Цинк	33,54 $\pm$ 0,27	30,36 $\pm$ 0,15	27,04 $\pm$ 0,32
Залізо	28,87 $\pm$ 0,19	25,15 $\pm$ 0,09	21,15 $\pm$ 0,15
Калій	60,07 $\pm$ 0,38	63,8 $\pm$ 0,34	62,15 $\pm$ 0,52
Натрій	45,32 $\pm$ 0,27	46,0 $\pm$ 0,28	40,33 $\pm$ 0,37
Кальцій	11,02 $\pm$ 0,13	10,68 $\pm$ 0,05	12,78 $\pm$ 0,08
Магній	17,56 $\pm$ 0,06	15,07 $\pm$ 0,07	13,70 $\pm$ 0,06
Мідь	0,698 $\pm$ 0,030	0,680 $\pm$ 0,010	0,590 $\pm$ 0,030
Хром	4,64 $\pm$ 0,08	3,99 $\pm$ 0,04	2,11 $\pm$ 0,05
Марганець	2,26 $\pm$ 0,03	2,56 $\pm$ 0,01	2,85 $\pm$ 0,03
Свинець	0,287 $\pm$ 0,010	0,400 $\pm$ 0,010	0,456 $\pm$ 0,010

Таблиця 2

Морфометричні показники міокарда інтактних щурів різного віку, ( $M \pm m$ )

Показник	4 місяці	7 місяців	20 місяців
ДКМЛШ, мкм	10,71 $\pm$ 0,06	11,90 $\pm$ 0,04	13,78 $\pm$ 0,07
ДЯКМЛШ, мкм	4,28 $\pm$ 0,02	4,52 $\pm$ 0,04	5,09 $\pm$ 0,03
ДКМПШ, мкм	10,53 $\pm$ 0,08	10,08 $\pm$ 0,03	13,52 $\pm$ 0,05
ДЯКМПШ, мкм	4,13 $\pm$ 0,01	4,43 $\pm$ 0,02	4,89 $\pm$ 0,03
ВОКМЛШ, %	84,19 $\pm$ 0,12	84,12 $\pm$ 0,17	83,00 $\pm$ 0,15
ВОСЛШ, %	7,20 $\pm$ 0,03	5,93 $\pm$ 0,07	5,18 $\pm$ 0,05
ВОСТЛШ, %	8,55 $\pm$ 0,06	9,71 $\pm$ 0,09	11,82 $\pm$ 0,08
ВОКМПШ, %	84,17 $\pm$ 0,29	84,15 $\pm$ 0,12	82,99 $\pm$ 0,18
ВОСПШ, %	7,02 $\pm$ 0,02	5,71 $\pm$ 0,04	5,28 $\pm$ 0,07
ВОСТПШ, %	8,81 $\pm$ 0,07	10,14 $\pm$ 0,06	11,73 $\pm$ 0,10

При вивченні масо- та планіметричних характеристик сердець щурів всіх вікових груп після 3 місяців затравки солями міді, цинку та заліза (І серія), виявлений розвиток структурної перебудови міокарда, що проявлялася в зниженні масометричних показників, а саме чистої маси серця (ЧМС) на 6,21% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих тварин, на 9,41% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого та на 13,28% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку в основному за рахунок лівого шлуночка, його маса (МЛШ) знижується від 9,41% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 15,47% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Про дилатацію порожнини серця, свідчило збільшення площ ендокардіальних поверхонь обох шлуночків (ПСЛШ та ПСПШ). ПСЛШ перевищувала контроль від 8,11% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого до 15,82% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. ПСПШ від 6,99% у молодих і до 12,03% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Збільшення ПСПШ у тварин зрілого віку не є достовірним.

Гістологічно відмічається розшарування

м'язових волокон, збільшення кількості морфологічно змінених КМЦ. Ядра КМЦ відрізняються поліморфізмом, зустрічаються пікнотично змінені. Контури клітин та їхніх ядер нечіткі, цитоплазма забарвлена нерівномірно, зерниста, поперечна посмугованість місцями нечітко виражена. Відмічаються судинні розлади: стромальний та периваскулярний набряки, спостерігається розростання сполучної тканини між м'язовими волокнами та в стінці судин (рис. 1).

У тварин І серії морфометричне дослідження гістопрепаратів виявило достовірне зменшення ДКМ в ЛШ від 8,25% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку, до 9,83% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, в ПШ – на 5,63% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих щурів та на 7,11% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Діаметр їхніх ядер менший у порівнянні з контролем відповідно на 5,89% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку та 9,15% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, що вказує на морфологічні зміни в клітинах. Достовірно зросло стромально-

кардіоміоцитарне відношення (СТКМВ) ЛПШ на 5,68% ( $p \leq 0,05$ ), ППШ – на 5,99% ( $p \leq 0,05$ ) - у молодих тварин та на 9,01% ( $p \leq 0,05$ ) в обох шлуночках у тварин старечого віку, що є наслідком збільшення сполучної речовини відповідно на 8,54% ( $p \leq 0,05$ ) та 7,33% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого віку та на 9,74% ( $p \leq 0,05$ ) і на 7,51% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. У тварин зрілого віку стромально-паренхіматозні відношення обох шлуночків достовірно не змінилися.

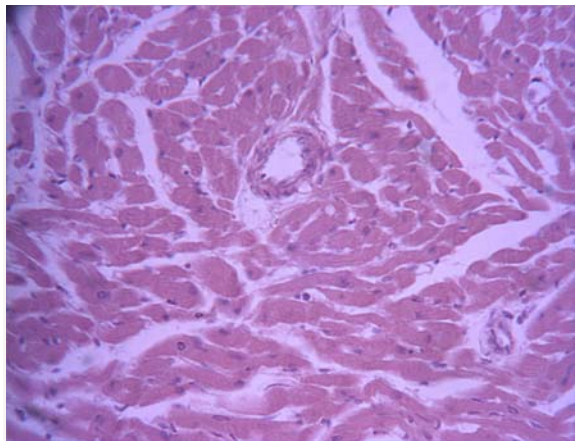


Рис. 1 Міокард лівого шлуночка щура молодого віку в умовах затравки солями міді, цинку та заліза протягом 3 місяців. Виразений стромальний та периваскулярний набряки. Забарвлення гематоксиліном-еозином.  $\times 400$ .

Спектрофотометричний аналіз сердець тварин I серії свідчить про накопичення металів, що надходили ззовні (Рис. 2). Так, вміст цинку збільшився відповідно від 31,77% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих тварин до 44,79% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, заліза - від 63,02% ( $p \leq 0,05$ ) до 68,34% ( $p \leq 0,05$ ). Разом з тим відбувалося зростання вмісту іонів натрію, калію та кальцію від 34,17% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 38,21% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих тварин, калію від 13,38% ( $p \leq 0,05$ ) до 15,09% ( $p \leq 0,05$ ), кальцію від 11,37% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих тварин до 21,6% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, що свідчить про порушення Na-K- та Ca-насосів і можливо є причиною виникнення структурних змін в міокарді. В цей термін посилювалось зниження вмісту міді та марганцю, рівень яких менший за контроль відповідно від 34,81% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих до 41,24% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку та від 14,29% ( $p \leq 0,05$ ) до 41,24% ( $p \leq 0,05$ ).

При затравці солями цинку, хрому та свинцю у тварин трьох вікових груп (II серія), спостерігалось зменшення всіх масометричних параметрів серця. ЧСМ зменшилась від 10,92% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого віку до 16,91% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, МЛПШ - 12,67% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого віку до 18,03% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, ПСЛПШ збільшилась від 14,53% ( $p \leq 0,05$ ) до 17,73% ( $p \leq 0,05$ ), ПСПШ від 9,81% ( $p \leq 0,05$ ) до 12,38% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого та старечого віку відповідно.

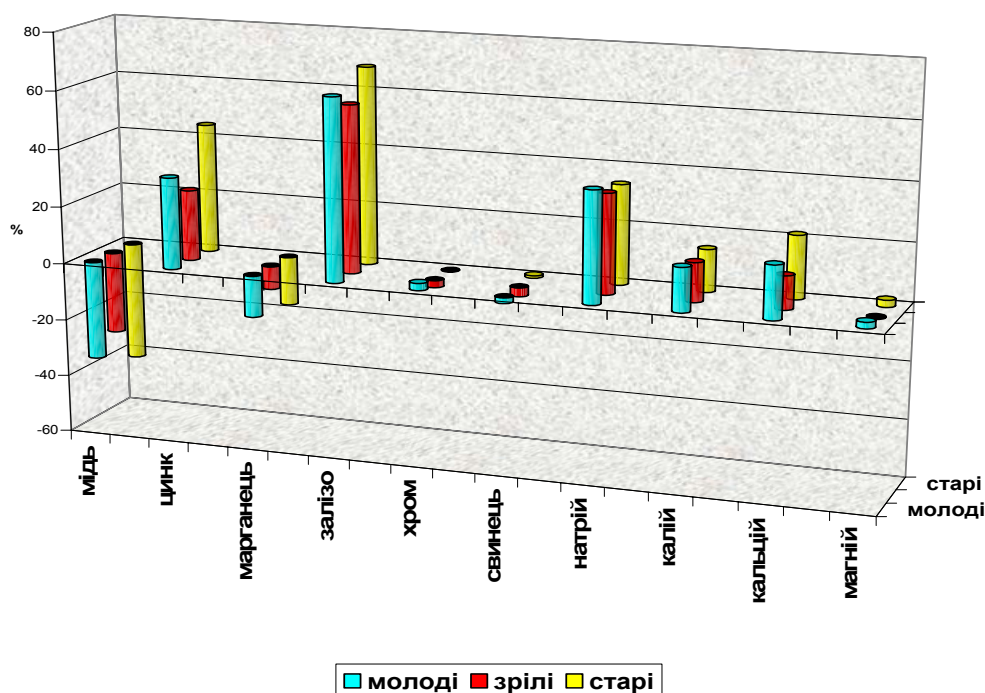


Рис. 2. Відсоткове співвідношення хімічного складу серця щурів різного віку в умовах затравки солями міді, цинку та заліза протягом 3 місяців.



На гістологічних препаратах у тварин даної серії всіх вікових груп відмічалися морфологічно змінені КМЦ зі зменшеними розмірами, поліморфними ядрами, нечіткими контурами, нерівномірно забарвленою зернистою цитоплазмою, поперечна посмугованість місцями зникає. Між м'язовими волокнами зустрічаються ділянки клітинної інфільтрації. Виражені судинні розлади: потовщення, набряк, клітинна інфільтрація стінки (Рис. 3), звуження їхнього просвіту, стромальний та періваскулярний набряки, розростання сполучної тканини в стінці судини та між м'язовими волокнами (рис. 4).

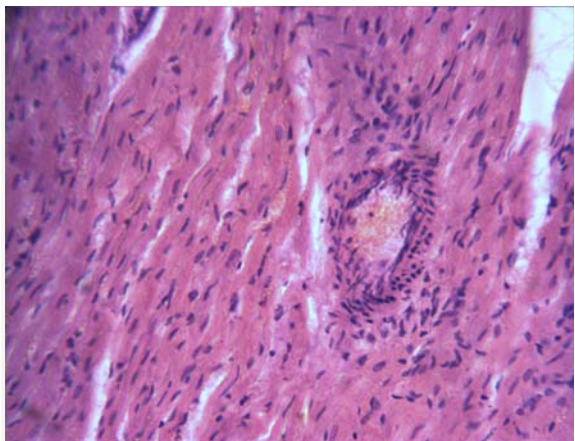


Рис. 3. Міокард лівого шлуночка щура зрілого віку в умовах затравки солями цинку, хрому та свинцю протягом 3 місяців. Клітинна інфільтрація стінки судин та періваскулярної ділянки, стромальний набряк. Забарвлення гематоксиліном-еозином.  $\times 400$ .

Морфометрично виявлено зменшення діаметра кардіоміоцитів в ЛШ від 8,33 ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 12,79% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, в ПШ відповідно від 6,29% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих тварин до 12,04% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Діаметри ядер кардіоміоцитів також зменшуються від 6,59% ( $p \leq 0,05$ ) в ЛШ тварин зрілого віку до 9,50% ( $p \leq 0,05$ ) у щурів старечого віку. Подібна різниця в ПШ складає відповідно від 6,29% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 8,72% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого. Відмічається значний ріст об'єму сполучної тканини в обох шлуночках, різниця з контролем в ЛШ складає від 9,44% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих тварин до 13,73% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, в стінці ПШ – від 8,08% ( $p \leq 0,05$ ) до 11,52% ( $p \leq 0,05$ ). Зростання сполучнотканинного компоненту на фоні зменшення діаметру КМЦ призводить до збільшення стромально-кардіоміоцитарного відношення відповідно від 7,18% ( $p \leq 0,05$ ) у щурів молодого віку до 13,38% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку в ЛШ та від 5,67% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих до 10,66% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку в ПШ. У щурів зрілого

віку на фоні змін судинного та стромального компонентів динаміка стромально-кардіоміоцитарного відношення відсутня.

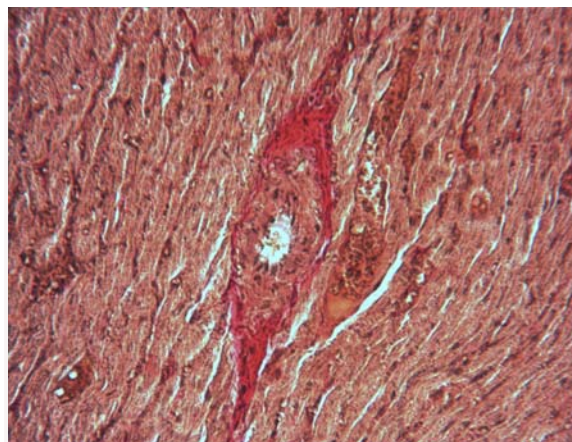


Рис. 4. Міокард лівого шлуночка щура старечого віку в умовах затравки солями цинку, хрому та свинцю протягом 3 місяців. Стромальний набряк, розростання сполучної тканини в стінці судин. Забарвлення гематоксиліном-еозином.  $\times 400$ .

Спектрофотометричний аналіз складу серця характеризується накопиченням металів, що надходили у надлишковій кількості в організм тварин. Так, рівень цинку зростає на 32,75% ( $p \leq 0,05$ ) в порівнянні з контролем у тварин зрілого віку та на 69,04% ( $p \leq 0,05$ ) у щурів старечого віку, хрому – від 37,7% ( $p \leq 0,05$ ) до 61,88% ( $p \leq 0,05$ ), свинцю – від 29,83% ( $p \leq 0,05$ ) до 75,26% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих та старечих тварин відповідно (Рис. 5). Стрімке зростання вмісту цинку призводить до значного зменшення рівня міді та заліза, концентрація яких менша за контроль відповідно на 42,39% ( $p \leq 0,05$ ) та 22,13% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих тварин та на 53,69% ( $p \leq 0,05$ ) і 24,38% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Вміст міді та заліза має зворотню тенденцію, що може бути пояснено антагонізмом з іонами цинку, що зменшують швидкість всмоктування міді в травному тракті. Порушення метаболізму іонів, а також Са- та Na/K - насосів характеризується підвищенням рівню натрію, калію та кальцію відповідно від 24,2% ( $p \leq 0,05$ ), 15,6% ( $p \leq 0,05$ ) та 10,20% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 31,15% ( $p \leq 0,05$ ), 12,39% ( $p \leq 0,05$ ) і 22,83% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку.

Затравка солями міді, марганцю та свинцю протягом 3 місяців (III серія) викликала найбільш виражені зміни масо-, морфометричних та хімічних показників серця.

В цій серії розвиток структурної перебудови міокарду з дилатацією порожнини серця характеризується зменшення всіх масометричних параметрів серця, а саме: ЧСМ від 16,07% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 21,83% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин

старечого віку, МЛШ від 16,93% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих тварин до 24,72% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, МПШ мінімально на 12,39% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого віку максимально на 18,22% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку. Показники площі ендокардіальних поверхонь мають проти-

лежну тенденцію, що вказує на дилатаційні зміни. Так, ПСЛШ збільшується від 18,25% ( $p \leq 0,05$ ) до 24,64% ( $p \leq 0,05$ ), ПСПШ від 13,79% ( $p \leq 0,05$ ) до 16,27% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого та старечого віку відповідно.

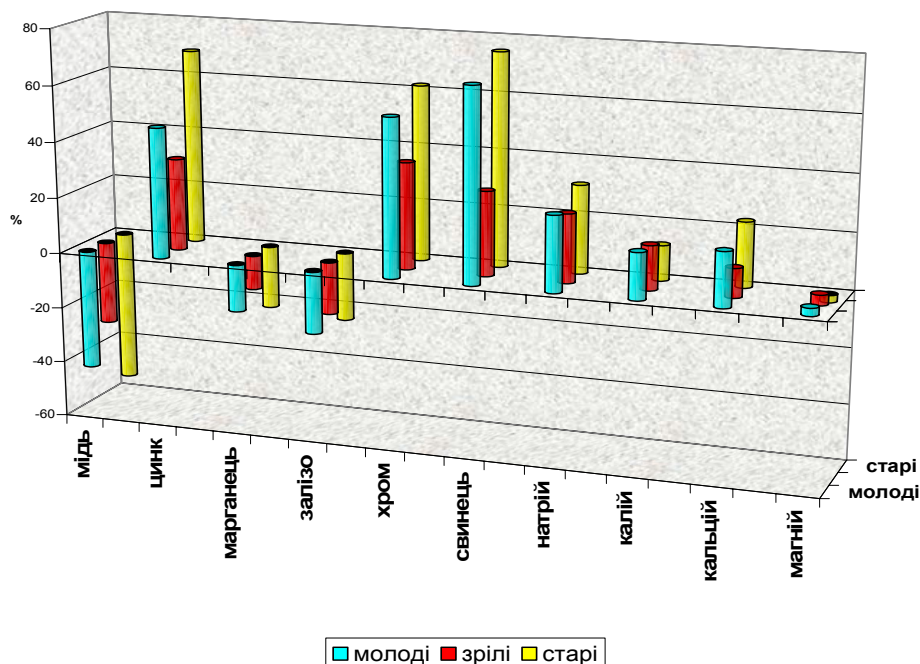


Рис. 5. Відсоткове співвідношення хімічного складу серця щурів різного віку в умовах затравки солями цинку, хрому та свинцю протягом 3 місяців.

Гістологічні зміни міокарду тварин III серії характеризуються ділянками фрагментації м'язових волокон (Рис.6).

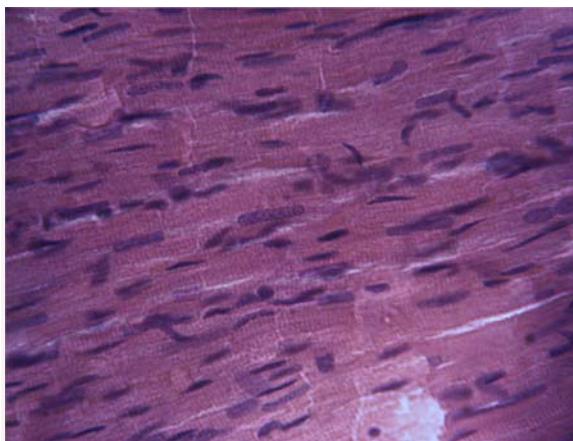


Рис. 6. Міокард лівого шлуночка щура зрілого віку в умовах затравки солями міді, марганцю та свинцю протягом 3 місяців. Фрагментація м'язових волокон, поліморфізм ядер. Забарвлення гематоксиліном-еозинном.  $\times 600$ .

КМЦ в полі зору морфологічно змінені, їх контури нечіткі, цитоплазма нерівномірно забар-

влена, зерниста, поперечна посмугованість місцями не візуалізується. Ядра вказаних клітин поліморфні, з розмитими контурами, іноді пікнотично змінені. Ще більш виражені судинні розлади: зменшення кількості судин в полі зору, розростання сполучної тканини в стінках судин, стромальний та періваскулярний набряки.

Морфометричне вивчення міокарду тварин даної групи підтверджує вираженість структурно-морфологічних змін в обох шлуночках (Рис.7). Виявлено різке зменшення ВОКМ та розростання сполучної речовини у тварин всіх вікових груп. Так ДКМ ЛШ зменшився в середньому на 13,41% ( $p \leq 0,05$ ), діаметр їхніх ядер – на 8,73% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку та на 21,08% ( $p \leq 0,05$ ) і 15,92% ( $p \leq 0,05$ ) відповідно у тварин старечого віку. Різниця даних показників з контролем у ПШ дещо менша. Відносний об'єм сполучної тканини в ЛШ збільшився від 11,39% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку до 18,91% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого, в ПШ ці показники склали 7,08% ( $p \leq 0,05$ ) та 17,54% ( $p \leq 0,05$ ) відповідно.

Значні морфологічні зміни КМЦ та зростання вмісту сполучної тканини призводять до стрімкого збільшення стромально-кардіоміоцитарного відношення в ЛШ на 12,26% ( $p \leq 0,05$ ) у молодих щурів та на 17,67% ( $p \leq 0,05$ ) у щурів старечого віку, в ПШ відповідно на 8,73% ( $p \leq 0,05$ )

та 16,27% ( $p \leq 0,05$ ). Об'єм судин обох шлуночків в групі молодих тварин змінюється недостовірно. В групі тварин зрілого віку стромально-кардіоміоцитарне відношення достовірно не змі-

нюється, що є наслідком перебудови як судинно-стромального, так і м'язового компонентів стінки серця.

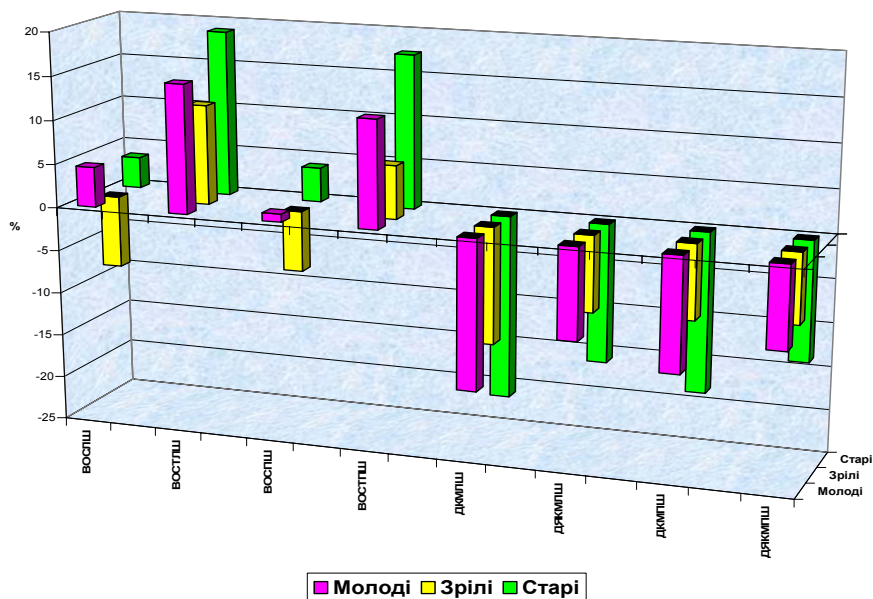


Рис. 7. Відсоткове співвідношення морфометричних показників міокарду щурів різного віку в умовах затравки солями міді, марганцю та свинцю протягом 3 місяців.

Змінам хімічного складу сердець щурів III серії притаманні ті ж особливості, що і тваринам попередніх серій, але ступінь змін є більшою ніж при затравці іншими комбінаціями солей важких металів. Значно зріс вміст металів, солі яких надходили в організм в надлишковій кількості: міді - на 44,5% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку, на

73,98% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку, марганцю - на 87,68% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку та на 112,54% ( $p \leq 0,05$ ) у щурів старечого віку, свинцю - на 96,12% ( $p \leq 0,05$ ) у зрілих тварин та на 165,01% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку (Рис. 8).

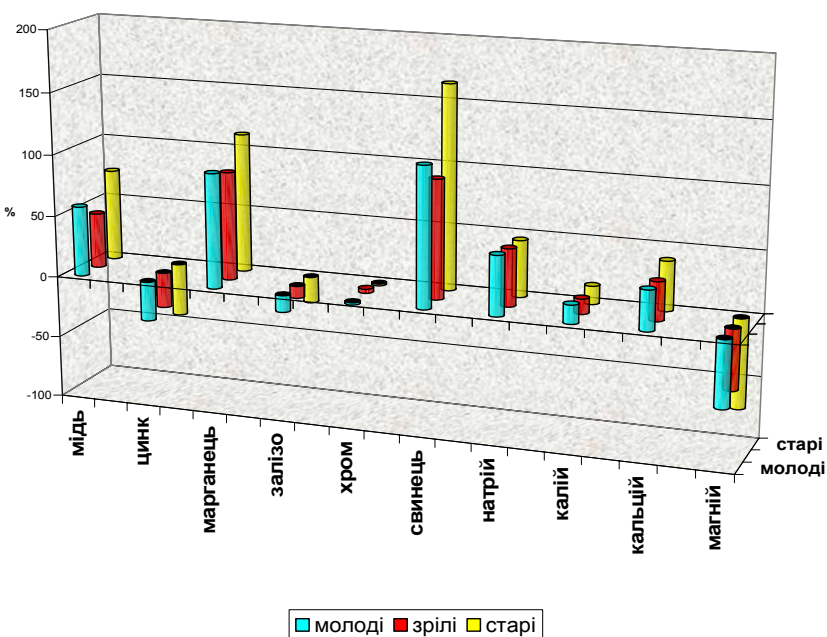


Рис. 8. Відсоткове співвідношення хімічного складу серця щурів різного віку в умовах затравки солями міді, марганцю та свинцю протягом 3 місяців.



Характерним є збільшення вмісту натрію, кальцію та калію відповідно на 42,25% ( $p \leq 0,05$ ), 12,1% ( $p \leq 0,05$ ) та 31,12% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку та на 45,72%, 39,81% та 14,56% у тварин старечого, що свідчить про глибокі порушення роботи Na-K- та Са-насосу. Натомість значно зменшується вміст ендogenous елементів: цинку на 28,58% ( $p \leq 0,05$ ) - 42,78% ( $p \leq 0,05$ ), заліза на 9,71% ( $p \leq 0,05$ ) - 21,08% ( $p \leq 0,05$ ) та магнію – на 48,72% ( $p \leq 0,05$ ) - 72,11 ( $p \leq 0,05$ ) відповідно у тварин зрілого та старечого віку. Рівень хрому достовірно не змінюється. Згідно з літературними даними, збільшення вмісту міді призводить до дефіциту цинку, а зростання свинцю – до значного зменшення рівню магнію.

#### Висновки

1. Виявлено, що в тканинах серця з віком відбувається зниження вмісту цинку, заліза, магнію, міді та хрому, збільшення рівню кальцію, марганцю та свинцю. Зміни вмісту кальцію недостовірні. Також для інтактних шурів характерним є зростання діаметру кардіоміоцитів та їхніх ядер, відносного об'єму сполучної тканини в обох шлуночках, зменшення відносного об'єму судин з віком. Відносний об'єм кардіоміоцитів змінюється недостовірно.

2. Затравка певними комбінаціями солей важких металів протягом 3 місяців викликала структурно-метаболическі зміни в серцях тварин всіх вікових груп, що проявляються в зменшенні чистої маси серця мінімально на 6,21% ( $p \leq 0,05$ ) у

зрілих тварин (I серії), максимально - на 21,83% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку (III серії), маси лівого шлуночка мінімально на 9,41% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин зрілого віку (I серії), максимально - на 24,72% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин старечого віку (III серії), розвитку нерівномірної дилатації порожнин шлуночків, зменшенні діаметру кардіоміоцитів та їхніх ядер в обох шлуночках, зменшенні відносного об'єму кардіоміоцитів та судин міокарда, збільшенні відносного об'єму сполучної тканини на 8,54% ( $p \leq 0,05$ ) - 18,91% ( $p \leq 0,05$ ) у тварин молодого (I серія) та старечого (III серія) віку відповідно, що веде до збільшення стромально-кардіоміоцитарного відношення. Також затравка солями важких металів призводить до накопичення останніх в міокарді піддослідних тварин, порушення обміну ендogenous іонів та діяльності Na/K та Са-насосів. Найбільш виражені зміни морфометричних показників і ступінь накопичення важких металів в серці у тварин старечого віку, найменш виражені - у тварин зрілого віку. Відносно порівняння токсичності різних комбінацій солей важких металів можна узагальнити, що найбільш токсичною є комбінація солей міді, марганцю та свинцю, найменш токсичною - комбінація солей міді, цинку та заліза.

#### Перспективи подальших розробок

В подальшому планується вивчити можливість корекції виявлених змін морфометричних параметрів та хімічного складу серця препаратом "Тіотріазолін".

#### Літературні джерела

Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия.- М.: Медицина, 1990.- 384 с.

Агаджанян Н.А., Северин А.Е. Адаптация и экология человека: роль микроэлементов // Вторая российская школа «Геохимическая экология и биогеохимическое районирование биосферы»: Материалы (тезисы, доклады, воспоминания).- М., 1999.- С.31-34.

Боев В.М. Среда обитания и экологически обусловленный дисбаланс микроэлементов у населения урбанизированных и сельских территорий // Гигиена и санитария.- 2002.- №5.- С.3-8.

Зербіно Д.Д., Соломенчук Т.М. Свинець: ураження судинної системи // Український медичний часопис.- 2002.- №2.- С.79-83.

Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А. и др.- М.: Медицина, 1991.- 496с.

Сердюк А.М. Екологічна безпека: гігієнічний погляд через роки // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 85-річчю кафедри загальної гігієни "Збереження здоров'я населення урбанізованих територій: наукові та практичні аспекти впливу чинників довкілля".- Дніпропетровськ, 2007.- С.37-43.

Трахтенберг И.М., Тычинин В.А. Проблема кардиовазотоксического действия экзогенных химических веществ // Український кардіологічний журнал.- 2003.- №5.- С.108-113.

**Погорелова О.С. Структурно-метаболические изменения сердца крыс в норме и в условиях техногенных микроэлементозов.**

**Резюме.** Цель работы - изучение динамики изменения массометрических, морфометрических показателей и химического состава сердец крыс трех возрастных групп в норме и в условиях затравки различными комбинациями солей тяжелых металлов. В исследовании было использовано 72 крысы-самца 3-х возрастных групп (молодые, зрелые, старые), которые были разделены на 4 серии. В I-III сериях моделировали экологическую ситуацию северных регионов Сумской области, IV серию составили



контрольные животные. Концентрации металлов, которыми затравливали животных были следующие: цинк - 50,0 мг/л, медь - 20,0 мг/л, железо - 20,0 мг/л; хром - 10,0 мг/л, свинец - 3,0 мг/л; марганец - 5,0 мг/л. Морфометрию гистологических препаратов проводили при помощи "точечного" подсчета и программы "Видео Размер 5,0", определение химического состава - на пламенном спектрофотометре С 115-М1. Выявлено развитие структурной перестройки миокарда, которая характеризуется снижением всех массометричных показателей, дилатацией полостей желудочков. Морфометрически наблюдалось уменьшение диаметра кардиомиоцитов, их ядер, уменьшение относительного объема кардиомиоцитов и сосудов миокарда, увеличение относительного объема соединительной ткани. Выявлено накопление экзополлютантов в сердцах животных, дисбаланс уровня эндогенных ионов. Наиболее выраженные структурно-метаболические изменения обнаружены у животных старческого возраста при затравке солями меди, марганца и свинца, наименее выраженные – у зрелых животных при затравке солями меди, цинка и железа.

**Ключевые слова:** сердце, морфометрия, соли тяжелых металлов, химический состав.