

DOI: 10.26693/jmbs06.02.031

УДК 616.12:616-001.8:616.127-092.4

Беліменко М. С., Кошарний В. В., Абдул-Огли Л. В., Козловська Г. О.

## МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ МІОКАРДА ЩУРІВ ПРИ ДІЇ ЗАГАЛЬНОЇ ГІПОТЕРМІЇ

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»,  
Дніпро, Україна

kosha.v@ukr.net

Гіпотермія – це ситуація, при якій внутрішня температура тіла падає нижче 35 градусів за Цельсієм. У статті представлено актуальність, теоретичні аспекти та особливості дії загальної гіпотермії на серце в цілому, та кардіоміоцити зокрема.

*Метою дослідження* було вивчити зміни міокарда при дії загальної гіпотермії на різних рівнях структурної організації.

*Об'єктом дослідження* були серця лабораторних статевозрілих щурів. У дослідженні було задіяні 20 тварин. На подовжньому зрізі видно, що правий шлуночок набагато тонший від лівого і його порожнина представлена у формі півмісяця. Міжшлуночкова перетинка товща від стінки правого шлуночка і вдається в його порожнину.

*Результати.* В 80% випадків форма серця інтактних щурів була конусоподібною, індекс (F) складав у середньому 55%, лише у 20% еліпсоподібною, індекс складав більш ніж 65%. Інших форм серця в групі інтактних щурів не спостерігали. В експериментальних групах з'являлась кулеподібна форма серця. Товщина передньої стінки лівого шлуночка на 10 добу від початку експерименту дорівнювала  $3,15 \pm 0,11$  мм, бокової стінки –  $3,1 \pm 0,11$  мм, задньої стінки –  $2,45 \pm 0,04$  мм, міжшлуночкової перетинки –  $2,95 \pm 0,09$  мм. В правому шлуночку товщина передньої стінки  $1,04 \pm 0,03$  мм, задньої стінки –  $1,36 \pm 0,04$  мм. На 30 добу від початку експерименту товщина передньої стінки лівого шлуночка дорівнювала  $3,21 \pm 0,11$  мм, бокової стінки –  $2,65 \pm 0,06$  мм, задньої стінки –  $3,27 \pm 0,09$  мм, міжшлуночкової перетинки –  $3,14 \pm 0,13$  мм. В правому шлуночку товщина передньої стінки  $1,09 \pm 0,04$  мм, задньої стінки –  $1,38 \pm 0,03$  мм.

*Висновки.* Збільшення маси серця, зміна його форми зумовлені змінами в середній третині серцевої стінки як лівого, так і правого шлуночків. Найбільші показники були в середній третині сер-

ця (зоні "В"): У всіх шарах міокарда спостерігається збільшення діаметра кардіоміоцитів, зменшення відстані між окремими кардіоміоцитами та їх групами. Відстань між сусідніми кардіоміоцитами у лівому шлуночку складає: у зовнішньому шарі 1/8 діаметра кардіоміоцита, між групами кардіоміоцитів 1/4 діаметра кардіоміоцита.

**Ключові слова:** міокард, гіпотермія, морфометрія.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження проведені в рамках наукової теми кафедри клінічної анатомії, анатомії та оперативної хірургії «Морфофункціональний стан органів і тканин експериментальних тварин та людини в онтогенезі в нормі та під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників», № державної реєстрації 0117U003181.

**Вступ.** Гіпотермія – це ситуація, при якій внутрішня температура тіла падає нижче 35 градусів за Цельсієм. У статті представлено актуальність, теоретичні аспекти та особливості дії загальної гіпотермії на серце в цілому та кардіоміоцити зокрема.

Процедури помірно терапевтичної гіпотермії використовуються при лікуванні після зупинки серця, в той час як в хірургічних процедурах часто використовуються більш низькі внутрішні температури для забезпечення церебрального захисту. Мимовільне зниження внутрішньої температури тіла відбувається при випадковому переохолодженні, а шлуночкові аритмії вважаються основною причиною високої смертності у цих пацієнтів [1]. Гіпотермія і гіпертермія є відносно частими клінічними станами, які пов'язані зі значною захворюваністю і смертністю, особливо якщо їх вчасно не розпізнати і не лікувати. Обидва ці стани, пов'язані з екстремальними змінами внутрішньої температури тіла, можуть супроводжуватися

порушенням серцевої функції, часто з явними змінами ЕКГ [2].

У моделі міоцитів гіпотермія і ішемічне пре-кондиціонування затримували прогресуюче збільшення осмотичної крихкості, яке відбувається під час симульованої ішемії, адитивним чином, але тільки гіпотермія затримувала появу контрактури, припускаючи, що задіяні різні механізми. Отже, охолодження кровоносного басейну було легко індуковано, добре переносилося і захищало серце від інфаркту, навіть коли гіпотермія починалася після початку коронарної оклюзії. Було встановлено, що гіпотермія може бути простою і корисною терапією для пацієнтів з гострим інфарктом міокарда [3].

Вивченням морфології органів при терапевтичних впливах займаються багато дослідників [5, 6, 7], але морфологічних змін цих органів при дії не смертної гіпотермії залишається не описана. У зв'язку з цим вивчення дія гіпотермії є актуальним питанням, як для теоретичної так і для практичної медицини

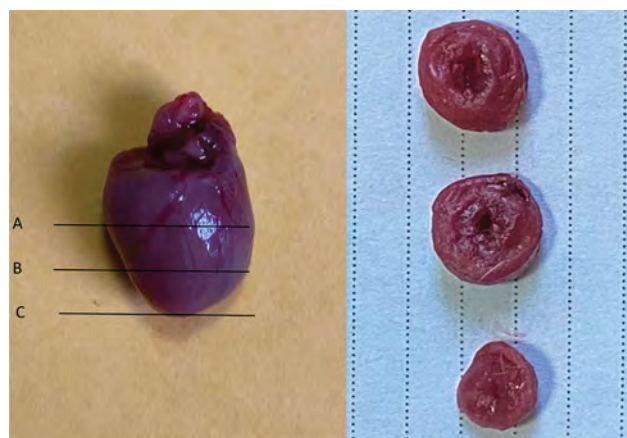
**Мета дослідження.** Вивчити зміни міокарда при дії загальної гіпотермії на різних рівнях структурної організації.

**Матеріал та методи дослідження.** Об'єктом дослідження були серця лабораторних статевозрілих щурів. У дослідженні було задіяні 20 тварин. Усі щури, які прийняли участь у експерименті, мали здоровий вигляд і були активні.

Утримання тварин та експерименти проводилися відповідно до положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та інших наукових цілей» (Страсбург, 2005), Закону України «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006, ст. 26), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених П'ятим національним конгресом з біоетики (Київ, 2013).

Було проведено дослідження змін структури у міокарді сердець білих щурів масою 180 – 200 г віком 6-7 місяців. Тварини підлягали охолодженню в холодильній камері протягом 3 годин щоденно на протязі десяти та тридцяти діб, при температурі -10 °С. Після виведення з експерименту проводили гістологічне та морфометричне дослідження. Щури були поділені на 3 групи: контроль і дві експериментальні групи. Морфометрію проводили на трьох рівнях: А – основа, В – середня третина, С – нижня третина (рис. 1).

Статистичну обробку результатів морфометрії проводили за допомогою програми Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Для опису ступеня загальної тенденції кількісних ознак використовували середнє арифметичне ( $\bar{x}$ ) і стандартні помилки (SE).



**Рис. 1.** Серце щура. Подовжній розтин через порожнини шлуночків. Рівні морфометрії

**Результати дослідження.** На гістологічних зрізах міокард шлуночків представлений трьома шарами м'язових волокон. Зовнішній шар, який є загальним як для правого, так і для лівого шлуночків, косо подовжнього напрямку, середній циркулярний та внутрішній поздовжній.

Міжклітинний простір між окремими кардіоміоцитами дорівнює 1/6 діаметра кардіоміоцита, групи кардіоміоцитів, які представляють собою скопичення від 6 до 40 кардіоміоцитів, відділені міжклітинним простором, рівним половині діаметра кардіоміоцита. Ядра овальної форми в більшості кардіоміоцитів розташовані переважно у центрі клітин, у деяких зміщені до периферії. У другому циркулярному шарі міокарда ядра кардіоміоцитів розташовані у центрі клітин, при фарбуванні гематоксилін-еозином мають однорідне дифузне забарвлення. Між окремими групами волокон ширина міжклітинного простору була різною, і складала від 4–5 мкм до 20–30 мкм. На зрізі міжклітинні простори між окремими групами клітин представляли собою щілини різної форми і протяжності. При щільному приляганні волокон циркулярного шару спостерігається часте анастомозування м'язових волокон. При збільшенні відстані між окремими м'язовими волокнами частота анастомозів різко знижується.

Волокна внутрішнього шару орієнтовані подовжньо, м'язові волокна міжклітинний простір між сусідніми кардіоміоцитами більше, ніж у зовнішньому шарі. М'ясисті трабекули виступають у порожнину шлуночка, мають 3-4 кутову форму з закругленими краями. Простір між окремими групами кардіоміоцитів більший ніж у зовнішньому шарі.

На гістологічному зрізі міокард правого шлуночка будовою принципово не відрізняється від будови лівого шлуночка. Товщина зовнішнього шару 4-6 кардіоміоцитів. Міжклітинний простір між окремими кардіоміоцитами дорівнює 1/5 діаметра

кардіоміоциту, групи кардіоміоцитів відділені міжклітинним простором що дорівнює діаметру кардіоміоциту. Ядра овальної форми в більшості кардіоміоцитів розташовані у центрі клітин, у деяких зміщені до периферії.

Міжшлуночкова перетинка так само представлена трьома шарами м'язів. З боку правого шлуночка шар представлений подовжніми волокнами. Міжклітинний простір між окремими кардіоміоцитами дорівнює 1/6 діаметра кардіоміоциту, групи кардіоміоцитів відділені міжклітинним простором рівним 1/4 діаметра кардіоміоциту. Ядра овальної форми в більшості кардіоміоцитів розташовані у центрі клітин, у деяких зміщені до периферії. Середній шар циркулярний. Ядра кардіоміоцитів розташовані у центрі клітин, при фарбуванні гематоксилін-еозином мають однорідну дифузну забарвленість. При щільному розташуванні волокон циркулярного шару також спостерігаються часті анастомози м'язових волокон, частота яких зменшується при наростанні відстані між сусідніми кардіоміоцитами. Шар з боку лівого шлуночка представлений подовжніми волокнами, будова якого відповідає будові внутрішнього шару стінки лівого шлуночка.

У всіх групах експериментальних щурів проводився комплекс морфометричних досліджень для встановлення особливостей ремоделювання серця. Всі щури в експерименті були статевозрілі самці 4-6 місячного віку. У щурів вимірювалась вага, довжина тіла та довжина хвоста на початку та в кінці експерименту. Коливання величини цих параметрів відбувається у певних межах і вірогідно не міняється ( $P < 0,05$ ). Виявлені коливання цих параметрів обумовлені природнім розвитком щурів. Вага щурів дорівнювала  $190 \pm 14,4$  гр., довжина тіла  $18 \pm 1,5$  см., довжина хвоста  $17 \pm 1,5$  см.

Серце щурів розташоване в грудній порожнині, майже по центру, в середньому середостінні, в ділянці 2-5 ребер і покрите перикардом. На зовнішній поверхні серця видно поперечну борозну, яка відділяє передсердя від шлуночків. На подовжньому зрізі серце щурів являє собою товстий м'язовий шар, поділений перетинками на чотири камери – праве і ліве передсердя та правий і лівий шлуночки (рис. 2, 3). На подовжньому зрізі видно, що правий шлуночок набагато тонший від лівого і його порожнина представлена у формі півмісяця. Міжшлуночкова перетинка товща від стінки правого шлуночка і вдається в його порожнину.

Комплексне дослідження серця проводилось за допомогою морфометричних досліджень на органному, тканинному та клітинному рівнях структурної організації. Після видалення серця з грудної порожнини його зважували, вимірювали об'єм. Індекс відношення маси серця до ваги

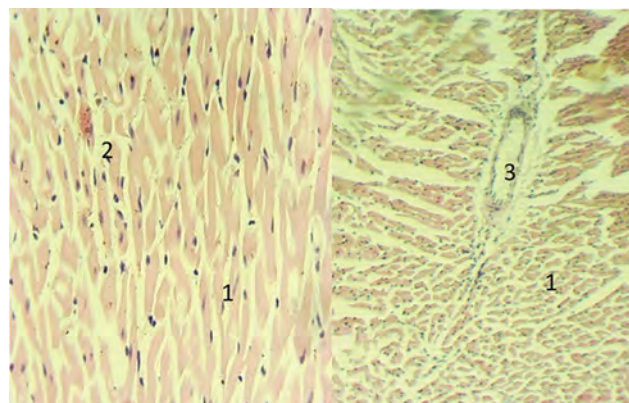


Рис. 2. Міокард щура експериментальної групи (лівий шлуночок) (лівий шлуночок).

Забарвлення гематоксилін-еозин, об. x10, ок. x40

Примітки: 1 – кардіоміоцити; 2 – міжм'язовий простір; 3 – просвіт судини.

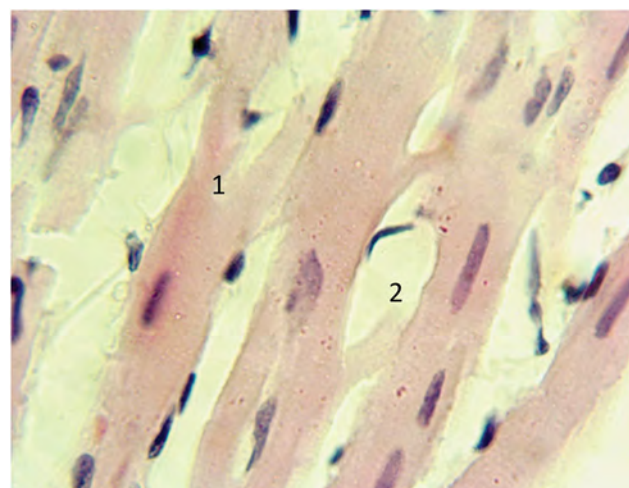


Рис. 3. Міокард щура експериментальної групи (лівий шлуночок). Забарвлення гематоксилін-еозин, об. x10, ок. x100

Примітки: 1- кардіоміоцити; 2 – міжм'язовий простір.

щура дорівнював в контрольній групі 0,32 (табл. 1). Для встановлення форми серця і простеження динамічних змін на органному рівні обчислювався індекс, що показує відношення ширини серця до його довжини (F) (табл. 2).

Таблиця 1 – Індекс відношення ваги серця до маси щурів контрольної та експериментальної груп (J) ( $X \pm SD$ , n = 20)

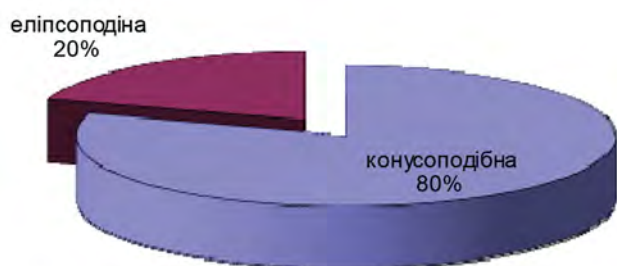
Вимірювані параметри	Норма		
	Група контролю	Гіпотермія	
		30	10
Вага серця (мг)	$0,62 \pm 0,027$	$1,10 \pm 0,023^*$	$1,50 \pm 0,025^*$
Вага щура (г)	$191 \pm 14,3$	$195 \pm 8,7$	$200 \pm 5,4$
Індекс (J)	0,32	0,56*	0,75*

Примітка: \* – різниця статистично достовірна ( $p < 0,05$ ).

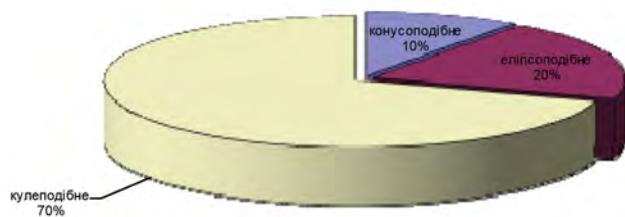
**Таблиця 2** – Індекс форми серця у щурів

Форма серця	Ширина серця	Довжина серця	Індекс F
Конусоподібна	0,83±0,05	1,5±0,04	55%
Еліпсоподібна	0,98±0,04	1,5±0,06	65%
Кулеподібна	1,2±0,04	1,5±0,05	80%

В 80% випадків форма серця інтактних щурів була конусоподібною, індекс (F) складав у середньому 55%, лише у 20% еліпсоподібною, індекс складав більш ніж 65%. Інших форм серця в групі інтактних щурів не спостерігали (рис. 4). В експериментальних групах з'являлась кулеподібна форма серця (рис. 5).



**Рис. 4.** Розподілення інтактних щурів за формою серця



**Рис. 5.** Розподілення щурів за формою серця після гіпотермії

Аналіз товщини серцевої стінки проводився на трьох рівнях поперечного розрізу. На рівні основи серця, середньої третини і нижньої третини. На кожному рівні товщина серцевої стінки вимірювалась в різних відділах серця: у лівого шлуночка – товщина передньої стінки, бокової стінки, задньої стінки та міжшлуночкової перетинки. У правого шлуночка – товщина передньої стінки та задньої стінки. На всіх рівнях поперечного розрізу як правого, так і лівого шлуночків найбільші показники відзначались в середній третині серця (зона "В"). Показники в середній третині лівого шлуночка в середньому були на 31% більше від показників в ділянці основи серця, і на 56% більше ніж в нижній третині. В правому шлуночку ці показники відповідно дорівнювали в ділянці основи на 22%, в ділянці нижньої третини на 2%. Аналіз показників зони "В" в різних відділах серця показав, що товщина передньої стінки лівого

шлуночка була більша ніж товщина бокової стінки на 17% і на 13% товща від міжшлуночкової перетинки. Товщина задньої стінки співпадала з товщиною передньої стінки. При порівнянні аналогічних показників лівого і правого шлуночків товщина передньої стінки лівого шлуночка на 67% більше від правого шлуночка, а задньої стінки на 53% більше.

Товщина передньої стінки лівого шлуночка на 10 добу від початку експерименту дорівнювала 3,15±0,11 мм, бокової стінки – 3,1±0,11 мм, задньої стінки – 2,45±0,04 мм, міжшлуночкової перетинки – 2,95±0,09 мм (табл. 4). В правому шлуночку товщина передньої стінки 1,04±0,03 мм, задньої стінки – 1,36±0,04 мм (табл. 3)

**Таблиця 3** – Товщина стінки правого шлуночка серця на різних рівнях поперечного розрізу у щурів контрольної та експериментальної груп (в мм) (X±SD, n = 20)

Відділи серця	Група контролю	Гіпотермія		
		10	30	
Передня стінка	A	0,73±0,04	0,77±0,04	0,81±0,04
	B	0,93±0,03	1,04±0,03	1,09±0,04
	C	0,91±0,04	1,25±0,04*	1,28±0,06*
Задня стінка	A	0,58±0,05	1,72±0,03	1,76±0,05
	B	1,34±0,04	1,36±0,04	1,38±0,03*
	C	1,03±0,04	1,04±0,05	1,06±0,04

**Примітка:** \* – різниця статистично достовірна (p<0,05)

**Таблиця 4** – Товщина стінки лівого шлуночка на різних рівнях поперечного перетину в (мм) у щурів контрольної та експериментальної груп (X±SD, n = 20)

Відділи серця	Група контролю	Гіпотермія		
		30 доба	10 доба	30 доба
Передня стінка	A	1,95±0,07	2,05±0,06	2,13±0,08
	B	2,83±0,05	3,15±0,11*	3,21±0,11*
	C	1,23±0,04	1,38±0,05	1,45±0,06*
Бокова стінка	A	1,9±0,08	2,1±0,06*	2,25±0,07*
	B	2,34±0,05	2,45±0,04*	2,65±0,06*
	C	1,36±0,02	1,45±0,04*	1,6±0,06*
Задня стінка	A	2,28±0,06	2,34±0,07*	2,40±0,05*
	B	2,83±0,1	3,1±0,11*	3,27±0,09*
	C	1,93±0,04	2,15±0,05*	2,24±0,05*
МШП	A	1,91±0,05	2,15±0,07*	2,34±0,07*
	B	2,45±0,43	2,95±0,09*	3,14±0,13*
	C	1,7±0,07	1,85±0,08	1,94±0,04

**Примітка:** \* – різниця статистично достовірна (p<0,05)

На 30 добу від початку експерименту товщина передньої стінки лівого шлуночка дорівнювала 3,21±0,11 мм, бокової стінки – 2,65±0,06 мм, задньої стінки – 3,27±0,09 мм, міжшлуночкової

перетинки –  $3,14 \pm 0,13$  мм (табл. 4). В правому шлуночку товщина передньої стінки  $1,09 \pm 0,04$  мм, задньої стінки –  $1,38 \pm 0,03$  мм (табл. 3).

#### Обговорення отриманих результатів.

Отримані в дослідженні дані показали, що дія гіпотермії призводить до зміни серця як на макроскопічному рівні що виражається в збільшенні кількості сердець з конусоподібною формою, так і на мікроскопічному рівні що виявлялося в збільшенні товщини стінки на різних рівнях. Як зазначається в працях [8, 9] гіпотермія збільшувала тривалість реполяризації шлуночків і збільшувала дисперсію реполяризації. Механізм пов'язаний з придушенням експресії білка Kir 2.1 і порушенням його розподілу, що тотожне змінам що виникають при гіпертрофії міокарда. При ендovasкулярній гіпотермії значно збільшувалась мітохондріальна активність і біогенез за рахунок поси-

лення експресії факторів мітохондріального біогенезу [10].

**Висновки.** Збільшення маси серця, зміна його форми зумовлені змінами в середній третині серцевої стінки як лівого, так і правого шлуночків. Найбільші показники були в середній третині серця (зоні "В"):

У всіх шарах міокарда спостерігається збільшення діаметра кардіоміоцитів, зменшення відстані між окремими кардіоміоцитами та їх групами. Відстань між сусідніми кардіоміоцитами у лівому шлуночку складає: у зовнішньому шарі  $1/8$  діаметра кардіоміоцита, між групами кардіоміоцитів  $1/4$  діаметра кардіоміоцита.

**Перспективи подальших досліджень.** В подальшому планується дослідити дію загальної гіпотермії на інших рівнях організації серцевої стінки.

### References

1. Dietrichs ES, Tveita T, Smith G. Hypothermia and cardiac electrophysiology: a systematic review of clinical and experimental data. *Cardiovasc Res.* 2019 Mar 1; 115(3): 501-509. PMID: 30544147. doi: 10.1093/cvr/cvy305
2. Doshi HH, Giudici MC. The EKG in hypothermia and hyperthermia. *J Electrocardiol.* 2015 Mar-Apr; 48(2): 203-9. PMID: 25537312. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2014.12.001
3. Miki T, Liu GS, Cohen MV, Downey JM. Mild hypothermia reduces infarct size in the beating rabbit heart: a practical intervention for acute myocardial infarction? *Basic Res Cardiol.* 1998 Oct; 93(5): 372-83. PMID: 9833149. doi: 10.1007/s003950050105
4. Kosharniy VV, Rutgayzer VG, Abdul-Ogli LV, Kushnar'ova KA, Bondarenko NS, Tverdokhlіb ІV. Ul'trastruktura mitokhondrial'nogo aparatu kardiomiotsitіv lіvogo shlunochka sertsya shchurіv pіslya dіf rіznikh yekspozitsiy yelektromagnіtnogo opromіnennya za umov gipotireozu [Ultrastructure of the mitochondrial apparatus of the cardiomyocytes of the left ventricle of the heart of rats after the action of different exposures of electromagnetic radiation during hypothyroidism]. *Morfologiya.* 2019; 13(4): 16–23. [Ukrainian]
5. Lutsenko MT, Lutsenko MM. Morfofunktsional'naya kharakteristika miokarda krolikov podvergshikhsya obshchemu okhlazhdeniyu [Morphofunctional characteristics of myocardium rabbits undergoing general cooling]. *Zdorov'ye. Meditsinskaya ekologiya. Nauka.* 2009; 39-40(4-5): 116-8. [Russian]
6. Lin YK, Sung FC, Honda Y, Chen YJ, Wang YC. Comparative assessments of mortality from and morbidity of circulatory diseases in association with extreme temperatures. *Sci Total Environ.* 2020 Jun 25; 723: 138012. PMID: 32217384. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138012
7. Ghani N, Tariq F, Javed H, Nisar N, Tahir A. Low-temperature health hazards among workers of cold storage facilities in Lahore, Pakistan. *Med Pr.* 2020 Jan 20; 71(1): 1-7. PMID: 31793557. doi: 10.13075/mp.5893.00857.
8. Isei MO, Kamunde C. Effects of copper and temperature on heart mitochondrial hydrogen peroxide production. *Free Radic Biol Med.* 2020 Feb 1; 147: 114-128. PMID: 31825803. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.12.006
9. Fu XK, Liu YQ, Gao H, Wang GL, Li HY, Dai DJ. [Effects of hypothermia on the repolarization duration of ventricular myocytes in rats and its mechanism]. *Zhongguo Ying Yong Sheng Li Xue Za Zhi.* 2020 May; 36(3): 228-231. [Chinese]. PMID: 32981277. doi: 10.12047/j.cjap.5914.2020.050
10. Liu Y, Wang P, Wen C, Zheng H, Tang X, Ling Q, et al. Endovascular hypothermia improves post-resuscitation myocardial dysfunction by increasing mitochondrial biogenesis in a pig model of cardiac arrest. *Cryobiology.* 2019 Aug; 89:6-13. PMID: 31283936. doi: 10.1016/j.cryobiol.2019.07.002

УДК 616.12:616-001.8:616.127-092.4

#### МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИОКАРДА КРЫС ПРИ ДЕЙСТВИИ ОБЩЕЙ ГИПОТЕРМИИ

**Белименко Н. С., Кошарный В. В., Абдул-Оглы Л. В., Козловская А. А.**

**Резюме.** Гипотермия – это ситуация, при которой внутренняя температура тела падает ниже 35 градусов по Цельсию. В статье представлены актуальность, теоретические аспекты и особенности действия общей гипотермии на сердце в целом, и кардиомиоциты в частности.

*Целью исследования* было изучить изменения миокарда при действии общей гипотермии на разных уровнях структурной организации.

*Объектом исследования* были сердца лабораторных половозрелых крыс. В исследовании было задействовано 20 животных. На продольном срезе видно, что правый желудочек гораздо тоньше левого, и его полость представлена в форме полумесяца. Межжелудочковая перегородка толще стенки правого желудочка, и вдаётся в его полость.

*Результаты.* В 80% случаев форма сердца интактных крыс была конусообразной, индекс (F) составлял в среднем 55%, только в 20% эллипсоидные, индекс составлял более 65%. Других форм сердца в группе интактных крыс не наблюдали. В экспериментальных группах наблюдали шаровидную форму сердца. Толщина передней стенки левого желудочка на 10 суток от начала эксперимента равнялась  $3,15 \pm 0,11$  мм, боковой стенки –  $3,1 \pm 0,11$  мм, задней стенки –  $2,45 \pm 0,04$  мм, межжелудочковой перегородки –  $2,95 \pm 0,09$  мм. В правом желудочке толщина передней стенки  $1,04 \pm 0,03$  мм, задней стенки –  $1,36 \pm 0,04$  мм. На 30 суток от начала эксперимента толщина передней стенки левого желудочка равнялась  $3,21 \pm 0,11$  мм, боковой стенки –  $2,65 \pm 0,06$  мм, задней стенки –  $3,27 \pm 0,09$  мм, межжелудочковой перегородки –  $3,14 \pm 0,13$  мм. В правом желудочке толщина передней стенки составляла  $1,09 \pm 0,04$  мм, задней стенки –  $1,38 \pm 0,03$  мм.

*Выводы.* Увеличение массы сердца, изменение его формы обусловлены изменениями в большей степени в средней трети сердечной стенки как левого, так и правого желудочков. Наибольшие показатели были в средней трети сердца (зоне «В»): Во всех слоях миокарда наблюдается увеличение диаметра кардиомиоцитов, уменьшение расстояния между отдельными кардиомиоцитами и их группами. Расстояние между соседними кардиомиоцитами в левом желудочке составляет: в наружном слое  $1/8$  диаметра кардиомиоцитов, между группами кардиомиоцитов  $1/4$  диаметра кардиомиоцитов.

**Ключевые слова:** миокард, гипотермия, морфометрия.

UDC 616.12:616-001.8:616.127-092.4

### **Morphometric Indicators of Rat Myocardium under the Action of General Hypothermia**

**Belimenko M. S., Kosharniy V. V., Abdul-Ogly L. V., Kozlovskaya G. O.**

**Abstract.** Hypothermia is a situation in which the internal body temperature drops below 35 degrees Celsius. The article presents the relevance, theoretical aspects and features of the action of general hypothermia on the heart in general and cardiomyocytes in particular.

*The purpose of the study* was to study the changes in the myocardium under the action of general hypothermia at different levels of structural organization.

*The object of the study* were the hearts of laboratory adult rats. The study involved 20 animals. The longitudinal section shows that the right ventricle is much thinner than the left and its cavity is presented in the form of a crescent. The interventricular septum is thicker than the wall of the right ventricle and goes into its cavity.

*Results.* To establish the shape of the heart and track the dynamic changes at the organ level, we calculated an index showing the ratio of the width of the heart to its length. In 80% of cases, the heart shape of intact rats was conical, the index averaged 55%, only 20% elliptical, the index was more than 65%. We did not observe other forms of heart in the group of intact rats. In the experimental groups, a spherical heart shape appeared. The thickness of the anterior wall of the left ventricle for 10 days from the beginning of the experiment was  $3.15 \pm 0.11$  mm, the side wall  $3.1 \pm 0.11$  mm, the posterior wall  $2.45 \pm 0.04$  mm, interventricular septum  $2.95 \pm 0.09$  mm. In the right ventricle, the thickness of the anterior wall is  $1.04 \pm 0.03$  mm, the posterior wall is  $1.36 \pm 0.04$  mm. On the 30th day from the beginning of the experiment, the thickness of the anterior wall of the left ventricle was  $3.21 \pm 0.11$  mm, the side wall  $2.65 \pm 0.06$  mm, the posterior wall  $3.27 \pm 0.09$  mm, the interventricular septum  $3.14 \pm 0.13$  mm. In the right ventricle, the thickness of the anterior wall is  $1.09 \pm 0.04$  mm, the posterior wall is  $1.38 \pm 0.03$  mm.

*Conclusions.* The increase in heart mass, change in its shape due to changes in the middle third of the heart wall of both the left and right ventricles. The highest rates were in the middle third of the heart (zone “B”): In all layers of the myocardium there is an increase in the diameter of cardiomyocytes, a decrease in the distance between individual cardiomyocytes and their groups. The distance between adjacent cardiomyocytes in the left ventricle is: in the outer layer  $1/8$  of the diameter of the cardiomyocyte, between groups of cardiomyocytes  $1/4$  of the diameter of the cardiomyocyte.

**Keywords:** myocardium, hypothermia, morphometry.

*The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.*

Стаття надійшла 16.02.2021 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування