

E. Grynyk, assessor on Forest direction
NGO "Ukrainian Nature Conservation Group",
E. Singayevskiy, PhD
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

THE SPIDERS (ARACHNIDA, ARANEI) IN THE LANDSCAPE RESERVE "YAKHNIIVSKY" (KIEV REGION)

For the first time, the species composition and relative abundance of spiders in pine and alder forests within the Yakhnovsky reserve have been studied; 46 species of spiders which represent 17 families were found. It was found that quantitatively in the pine forest spiders of the families Linyphiidae (43,4 %) and Araneidae (42,9 %) prevail, and in the alder forest – Tetragnathidae (37 %) and Linyphiidae (34 %). In the herbaceous layer of the pine forest, spiders of Araneidae family dominated quantitatively, and in the litter dominated Linyphiidae spiders – 91 %. In the herbaceous layer of the alder forest Tetragnathidae spiders quantitatively dominated – 34 %, and in the litter layer Linyphiidae and Tetragnathidae, are dominants – respectively, 32 % and 43 %. The dominant species for the grass and litter layers were revealed (according to the Tischler scale): in the pine forest, these are *Mangora acalypha* (48,6 %), *Linyphia triangularis* (18,85 %) and *Leptothrix hardyi* (89 %); in the alder forest – *Linyphia triangularis* (24,1 %), *Metellina segmentata* (23 %), *Tetragnatha pinicola* (18,8 %) and *Piratula hygrophila* (38,5 %) with *Pachygnatha listeri* (19,2 %), in accordance with indicated tiers. Nine species of spiders were identified, of which five species – *Agroeca cuprea* (family Liocranidae), *Bathyphantes nigrinus*, *Dicymbium nigrum*, *Floronina bucculenta* and *Neriele montana* (family Linyphiidae), are indicated for the first time for the territory of Kiev Polesie, and four species, for the first time for Ukrainian Polesie: *Cheiracanthium elegans* (family Cheiracanthiidae), *Leptothrix hardyi*, *Sintula spiniger* and *Walckenaeria alticeps* (family Linyphiidae). For these species is given the data on faunal material, places and methods of collection, distribution and ecological features. According to our own research and literary sources, the territory of Kiev Polesie currently includes 150 species of spiders. The indices of faunistic similarity and species diversity of the surveyed biotopes were calculated, an arealological analysis was performed.

Keywords: spiders, fauna, species diversity, finds of new species, Kiev region, Kiev Polesie, "Yakhnivsky" landscape reserve.

УДК 576.3: 612.4

DOI 10.17721/1728_2748.2020.83.37-43

A. Пустовалов, канд. біол. наук,
О. Ткаченко, студ.,
М. Матвієнко, канд. біол. наук,
М. Дзержинський, д-р біол. наук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ВІСЦЕРАЛЬНОЇ БІЛОЇ ЖИРОВОЇ ТКАНИНИ ЩУРІВ ЗА УМОВ РОЗВИТКУ ОЖИРІННЯ ТА ПРИ ВВЕДЕННІ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА

Досліджено морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів за умов розвитку ожиріння і при введенні розчинів солі срібла та наночастинок срібла. Зокрема, проаналізовано морфофункціональні зміни, а також ефекти введення розчинів нітрату срібла та наночастинок срібла в дозах 1 мг / 1 кг і 0,5 мг / 1 кг маси тіла, відповідно, на морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів на тлі висококалорійної дієти. Установлено морфофункціональні зміни у клітинах білої жирової тканини щурів на тлі висококалорійної дієти та при введенні препаратів срібла в різних концентраціях. Стан жирової тканини оцінювався на основі таких параметрів: відносна маса вісцерального жиру, площа поперечного перерізу адипоцитів, відносна кількість адипоцитів на одиницю площі. Порівнювалися ефекти введення тваринам з ожирінням розчинів нітрату срібла в дозах 1 мг/1 кг і 0,5 мг / 1 кг маси тіла, а також розчину наночастинок срібла в дозах 1 мг / 1 кг і 0,5 мг / 1 кг маси тіла. Усі вищезазначені препарати срібла різною мірою зменшували вияви ожиріння у тварин, які утримувалися в умовах висококалорійної дієти. Окрім форми препарату срібла (розчин нітрату срібла чи наночастинок срібла), важливе значення мала концентрація. Найбільшу ефективність виявлено за введення тваринам розчину наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг маси тіла. При цьому в щурів зазначеної експериментальної групи досліджувані параметри не тільки досягли контрольних значень, а і перевершили їх, що свідчить про виражений вплив препарату на вияви ожиріння. Крім того, у щурів спостерігали ознаки виснаження жирової тканини.

Ключові слова: біла жирова тканина, висококалорійна дієта, ожиріння, наночастинок срібла, нітрат срібла.

Вступ. Ожиріння є однією з найважливіших проблем сучасної медицини, оскільки воно тісно пов'язане із цукровим діабетом другого типу, раком і серцево-судинними захворюваннями. Ці захворювання становлять помітну загрозу для населення, оскільки супроводжуються важкими ускладненнями та сприяють високій смертності [12, 17]. У зв'язку із цим для профілактики і лікування вищезазначених захворювань укр. важливо вести здоровий спосіб життя та підтримувати масу тіла на оптимальному рівні, уникаючи ожиріння.

На сьогоднішній день існує чимало препаратів для профілактики розвитку і лікування ожиріння, але здебільшого вони характеризуються неспецифічністю дії та нестійким ефектом. Тому необхідні нові, удосконалені підходи до корекції ожиріння. Нанотехнологічні методи терапії розглядаються як альтернативна стратегія, яка може лікувати ожиріння та долати перепони, пов'язані зі звичайними методами терапії. Зокрема, виділяють три основні стратегії боротьби з ожирінням на основі нанотехнологій, спрямовані на білу жирову тканину та її судинну систему. Наприклад, механізмами

протистояння ожирінню є пригнічення ангиогенезу в білій жировій тканині, трансформація її в буру та фототермічний ліполіз [16, 20].

Порівняно зі звичайною терапією, наносистеми характеризуються високою переносимістю для пацієнта, зменшеними побічними ефектами та високою ефективністю. Необхідні ефекти досягаються за допомогою різних наноносіїв (ліпосом, полімерних і металевих наночастинок) [11, 18, 19].

У ХХІ століття досить популярне використання наночастинок у різних сферах. Вони широко застосовуються як бактерицидні агенти, однак їх потенційна токсичність поки що не дозволяє вільно їх використовувати в медицині [3]. Стосовно використання наночастинок срібла при лікуванні ожиріння робіт мало, і погляди вчених щодо цього різноманітні. Наприклад, в одному дослідженні оцінювався вплив наночастинок срібла на буру жирову тканину. Результати дослідження показали, що незалежно від розміру частинки срібла інгібують адипогенні, мітохондріальні та термогенні генні програми бурих адипоцитів, тим самим пригнічуючи їхню

здатність до диференціювання, мітохондріальну активність і термогенну відповідь. Наночастинки підвищують рівень реактивних форм кисню. Однак негативного впливу наночастинок срібла на бурі адипоцити можна уникнути за допомогою антиоксидантів або інгібіторів реактивних форм кисню [21]. Незважаючи на невелику кількість даних щодо можливості використання наночастинок срібла в корекції ожиріння, ця технологія бачиться досить перспективною [22].

Метою роботи було дослідження морфофункціонального стану вісцеральної білої жирової тканини щурів за умов розвитку ожиріння і при введенні розчинів солі срібла та наночастинок срібла.

Згідно з метою дослідження були поставлені такі **завдання**:

1) Охарактеризувати морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів при висококалорійній дієті.

2) Дослідити ефект введення розчину нітрату срібла в дозі 1 мг / 1 кг маси тіла на морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів на тлі висококалорійної дієти.

3) Вивчити вплив розчину нітрату срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг маси тіла на морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів на тлі висококалорійної дієти.

4) Дослідити морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів при введенні розчину наночастинок срібла в дозі 1 мг / 1 кг маси тіла на тлі висококалорійної дієти.

5) Вивчити морфофункціональний стан вісцеральної білої жирової тканини щурів при введенні розчину наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг маси тіла на тлі висококалорійної дієти.

Матеріали та методи дослідження. Синтез наночастинок срібла було проведено співробітниками Інституту фізичної хімії ім. В. Л. Писаржевського НАН України канд. хім. наук Гродзюк Г. Я. та канд. хім. наук Андрюшиною Н. С.

Експеримент був проведений на 24 самцях білих щурів *Rattus norvegicus* масою 100–110 г, які утримувались за стандартних умов виварію з вільним доступом до води та їжі та постійним температурним режимом.

Усі маніпуляції із тваринами виконувалися з дотриманням міжнародних принципів Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються в експериментальних та інших наукових цілях (*European convention, Strasburg, 1985*), ст. 26 Закону України "Про захист тварин від жорсткого поводження" (№ 3447-IV від 21.02.2006), а також усіх норм біоетики, біологічної безпеки та загальних етичних принципів експериментів на тваринах, ухвалених Першим національним конгресом України з біоетики (вересень 2001 р.) [5].

Упродовж першого тижня всі щури отримували стандартну їжу "*Purina rodent chow*" і воду. На 8-й день тварини рандомізовано були розділені на 2 групи: контрольні перебували на стандартному раціоні (3,81 ккал/г), а група з висококалорійною дієтою (ВКД, 5,35 ккал/г) отримувала висококалорійний корм, який складався зі стандартного корму (60 %), свинячого жиру (10 %), курячих яєць (10 %), сахарози (9 %), арахісу (5 %), сухого молока (5 %) і рослинної олії (1 %). Тварин зважували один раз на тиждень. Для підтвердження розвитку ожиріння розраховували приріст маси тіла. Коли достовірна різниця цього показника між двома групами становила 30 %, тварин із групи ВКД рандомізовано поділили на 5 груп по 4 тварини в кожній: ВКД, С1, С2, НС1, НС2. Схему введення відповідних препаратів наведено в табл. 1.

Усі препарати вводили тваринам внутрішньочеревно о 10:00 протягом 10 днів. В останній день експерименту за годину після введення речовин тварин прищипляли в атмосфері CO₂, декапітували і відбирали вісцеральну (гонадні, навколонишкові та задньочеревні ділянки) білу жирову тканину.

Таблиця 1. Характеристика експериментальних груп тварин

№	Назва групи	Режим харчування	Назва речовини	Доза
1	Контроль	Стандартна дієта	0,9 % NaCl	0,5 мл/100 г маси тіла
2	ВКД	Висококалорійна дієта	0,9 % NaCl	0,5 мл/100 г маси тіла
3	С1	Висококалорійна дієта	0,2 г/л розчин нітрату срібла	1 мг/1 кг маси тіла
4	С2	Висококалорійна дієта	0,2 г/л розчин нітрату срібла	0,5 мг / 1 кг маси тіла
5	НС1	Висококалорійна дієта	0,2 г/л розчин наночастинок срібла	1 мг/1 кг маси тіла
6	НС2	Висококалорійна дієта	0,2 г/л розчин наночастинок срібла	0,5 мг / 1 кг маси тіла

Для гістологічних досліджень зразки вісцеральної жирової тканини фіксували у формаліні, після чого зневоднювали і заливали в парафін за загальноприйнятою методикою. Із готових парафінових блоків виготовляли зрізи завтовшки 5 мкм, які забарвлювали гематоксиліном Бемера і еозинном [9].

Для оцінювання морфофункціонального стану вісцеральної білої жирової тканини препарати аналізували на мікроскопі "Olympus Primo Star" при збільшенні $\times 10$, $\times 40$, після чого отримували кольорові мікрофотографії за допомогою камери "Tucsen 5.0MP CMOS TCA-5.0C". Морфометричні параметри адипоцитів вимірювали за допомогою програми "ImageJ" (NIH, США) [14].

Для оцінювання змін у жировій тканині вимірювали такі параметри: відносну масу вісцерального жиру, площу поперечного перерізу адипоцитів і відносну кількість адипоцитів на одиницю площі. Відносна маса вісцерального жиру обчислювалася як відношення маси жиру до загальної маси тіла [10]. Зазначені параметри вважають інформативними при дослідженні морфології жирової тканини [4].

Статистичну обробку даних виконували за допомогою програми "Microsoft Excel 2007". Отримані дані представляли як середнє $\pm$ стандартна похибка середнього ($M \pm m$). Оскільки відхилення від нормального розподілу не було зазначено, то відмінності між групами оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Різницю вважали достовірною за $P < 0,05$. Числові значення за всіма досліджуваними параметрами порівнювали з даними щурів контрольної групи і тварин, які отримували висококалорійну дієту.

Отримані статистичні результати при порівнянні параметрів між різними групами візуалізували у вигляді гістограм, які створювали за допомогою програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати дослідження та їх обговорення. Жирова тканина щурів усіх експериментальних груп має типову структуру. Біла жирова тканина складається із відокремлених один від одного прошарками пухкої сполучної тканини часток, утворених адипоцитами. При цьому розміри жирових часток у білій жировій тканині гіподерми прямо пропорційні ступеню вираженості цієї

тканини. У сполучнотканинних прошарках містяться кровоносні й лімфатичні судини та нервові волокна, які проникають углиб часток. Крім адипоцитів, у білій жировій тканині зустрічаються й інші клітини: преадипоцити, фібробласти, макрофаги, лейкоцити, тучні клітини тощо. При ожирінні тучні клітини значною мірою інфільтрують жирову тканину [7].

Адипоцити мають переважно округлу або неправильну форму та близько прилягають один до одного. При забарвленні гематоксиліном та еозином ці

клітини мають вигляд оптично порожніх фігур із вузьким еозинофільним цитоплазматичним обрамленням під цитолемою (рис. 1). В адипоцитах ядра слощені та зміщені на периферію однією гігантською краплею жиру. У цитоплазмі клітин містяться помірно розвинені органели загального значення. Цитоплазма цих клітин заповнена переважно ліпідами, а також білками (3–6 % загальної маси клітини) і водою (до 30 % загальної маси клітини) [15].

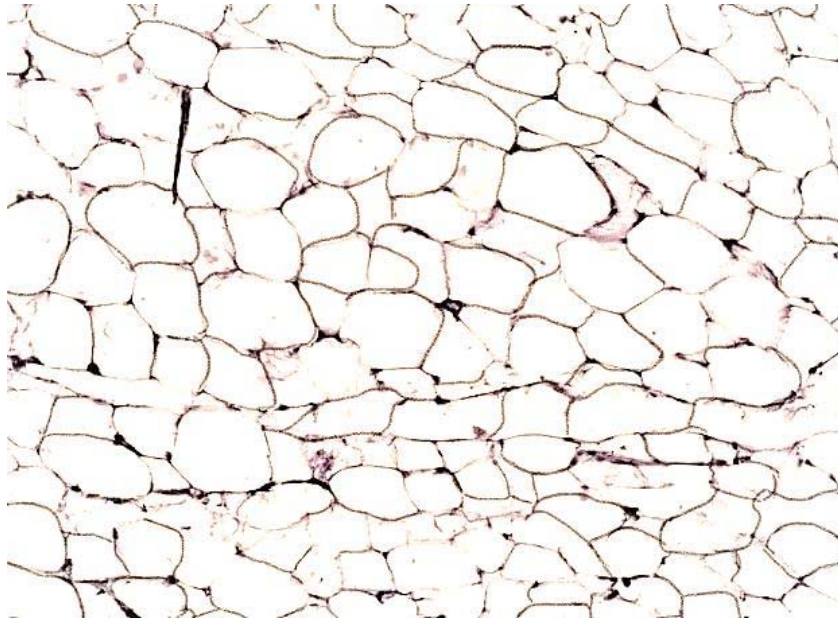


Рис. 1. Мікрофотографія зрізу жирової тканини тварин контрольної групи. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Об. $\times 10$. Ок. $\times 10$

У щурів контрольної групи відносна маса вісцерального жиру дорівнює 1,53 %. Площа поперечного перерізу адипоцитів становить 2383,6 μm^2 . Відносна кількість адипоцитів – 420 клітин на 1 mm^2 (рис. 2–4).

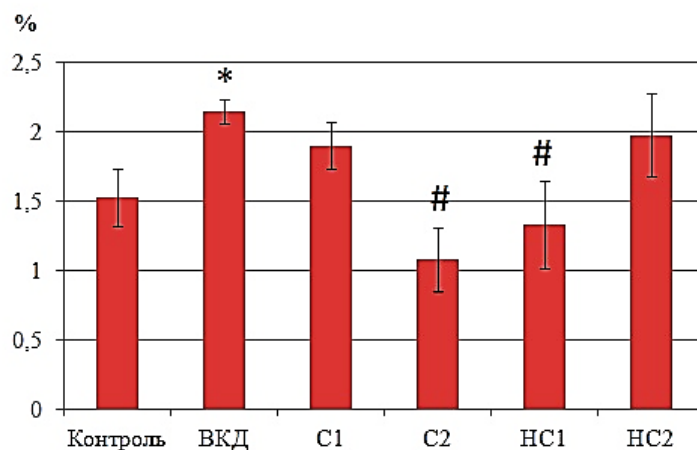


Рис. 2. Відносна маса вісцерального жиру: * – достовірна різниця між контрольною та експериментальними досліджуваними групами, $p < 0,05$; # – достовірна різниця між групою ВКД та іншими експериментальними групами, $p < 0,05$

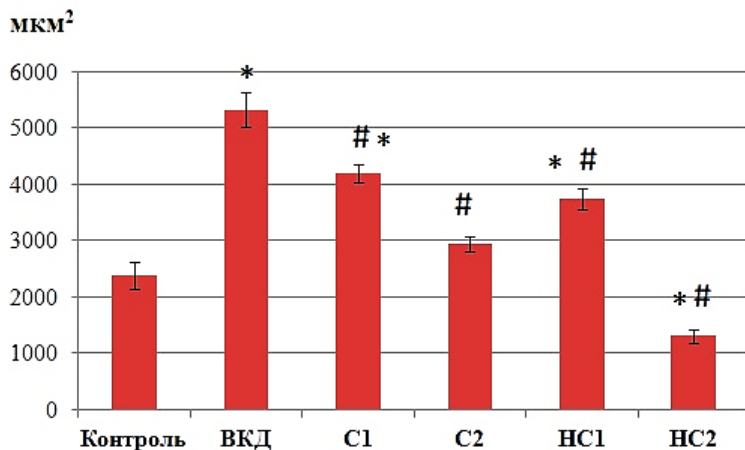


Рис. 3. Площа поперечного перерізу адипоцитів: * – достовірна різниця між контрольною та експериментальними досліджуваними групами, $p < 0,05$; # – достовірна різниця між групою ВКД та іншими експериментальними групами, $p < 0,05$

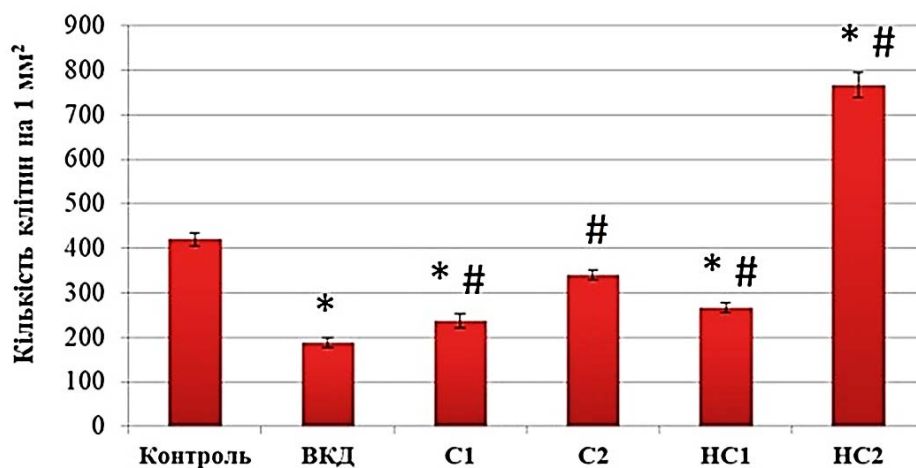


Рис. 4. Відносна кількість адипоцитів: * – достовірна різниця між контрольною та експериментальними досліджуваними групами, $p < 0,05$; # – достовірна різниця між групою ВКД та іншими експериментальними групами, $p < 0,05$

Відносна маса вісцерального жиру щурів групи ВКД становить 2,15 %, що достовірно більше, ніж у тварин контрольної групи. Адипоцити цієї групи тварин мають площу поперечного перерізу 5313,9 мкм², що достовірно більше, ніж у контролі. Відносна кількість адипоцитів становить 189 клітин на 1 мм², що достовірно менше, ніж у контрольній групі (рис. 2–4).

Загалом висококалорійна дієта призвела до достовірного зростання відносної маси вісцерального жиру у тварин, збільшення розміру адипоцитів і зменшення їх кількості на одиницю площі. Ці зміни свідчать про гіпертрофічний тип ожиріння [6].

У тварин групи С1, які отримували 0,2 г/л розчину нітрату срібла в дозі 1 мг/1 кг м. т., відносна маса вісцерального жиру становила 1,90 %. Цей показник більше, ніж у контролі, і менше, ніж у групі ВКД, але ці зміни статистично недостовірні. Площа поперечного перерізу адипоцитів у групі ВКР становить 4203 мкм². Цей параметр достовірно більше, ніж у тварин контрольної групи, і достовірно менше, ніж у групі ВКД. Відносна кількість адипоцитів становить 238 клітин на 1 мм², що достовірно менше, ніж у контролі, і достовірно більше, ніж у групі ВКД (рис. 2–4).

Загалом тварини після введення розчину нітрату срібла в дозі 1 мг/1 кг м. т. демонстрували ознаки гіпертрофічного типу ожиріння, як і тварини попередньої гру-

пи, які перебували на висококалорійній дієті. У той самий час морфофункціональні показники жирової тканини тварин після введення розчину нітрату срібла в дозі 1 мг/1 кг м. т. свідчать про полегшення виявів ожиріння, оскільки параметри не настільки виражені, як у групі ВКД.

Відносна маса вісцерального жиру в щурів групи С2, яким вводили 0,2 г/л розчин нітрату срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., становить 1,1 %. Цей показник достовірно нижчий, ніж у групі ВКД. Також цей параметр менше, ніж у тварин контрольної групи, але недостовірно. Адипоцити щурів цієї групи мають площу поперечного перерізу 2936,6 мкм², що достовірно більше, ніж у групі ВКД. Цей показник вищий за контрольний, але недостовірно. Відносна кількість адипоцитів становить 340 клітин на 1 мм², що достовірно більше, ніж у групі ВКД. Цей показник нижчий за контрольний, але ці зміни недостовірні (рис. 2–4).

Загалом щури, які отримували розчин нітрату срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., виявили ознаки корекції гіпертрофічного типу ожиріння, при цьому вимірювані параметри повернулися майже до контрольних значень.

У щурів групи НС1, які отримували розчин наночастинок срібла в дозі 1 мг/1 кг м. т., відносна маса вісцерального жиру дорівнює 1,33 %, що достовірно менше, ніж у групі ВКД. Цей показник також менший за контрольний, але ці зміни недостовірні. Площа попе-

речного перерізу адипоцитів у групі НС1 становить 3746 мкм², що достовірно більше, ніж у контролі, і достовірно менше, ніж у групі ВКД. Відносна кількість адипоцитів становить 267 клітин на 1 мм², що достовірно більше, ніж у групі ВКД, і достовірно менше, ніж у контролі (рис. 2–4).

Загалом тварини, які отримували розчин наночастинок срібла в дозі 1 мг/1 кг м. т., виявили ознаки гіпертрофічного типу ожиріння, але не настільки виражені, як у тварин групи ВКД, тобто незважаючи на те, що введення розчину наночастинок срібла в дозі 1 мг / 1 кг м. т. не повернуло досліджувані морфофункціональні параметри до контрольних рівнів, але спричинило коригуючий вплив на ознаки ожиріння.

Відносна маса вісцерального жиру тварин групи НС2, яким вводили розчин наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., дорівнює 1,98 %. Цей показник позначає тенденцію до збільшення щодо контролю та зменшення щодо групи ВКД, але зміни статистично недостовірні. Площа поперечного перерізу адипоцитів у групі НС2 становить 1303 мкм², що достовірно менше, ніж у контролі та ВКД. Відносна кількість адипоцитів становить 767 клітин на 1 мм², що достовірно більше, ніж у контролі та ВКД (рис. 2–4).

Загалом тварини, яким вводили розчин наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., демонстрували виснаження жирової тканини, оскільки їхні досліджувані параметри були нижчі навіть за контрольні рівні.

Аналізуючи досліджувані параметри жирової тканини, можна помітити, що вони закономірно змінювалися. Так, площа поперечного перерізу адипоцитів, тобто розмір клітин, зворотно пропорційно пов'язані з їх кількістю. Тому в усіх випадках при зростанні площі перерізу клітин зменшувалася їхня відносна кількість, і навпаки, при зменшенні розміру клітин зростала їх кількість на одиницю площі. Така взаємозалежність цих параметрів пояснюється тим, що при ожирінні клітини суттєво збільшуються в розмірі, відповідно займають більше простору у тканині, тому в одиниці площі вміщується менше клітин у випадку ожиріння. У нашому дослідженні висококалорійна дієта призвела тварин до ожиріння вісцеральної жирової тканини, що позначилося у зростанні розмірів адипоцитів за рахунок накопичення ліпідів. Подібні морфологічні ознаки зазначені також в іншій науковій праці [1].

Якщо площа поперечного перерізу адипоцитів та їх кількість змінювалися узгоджено, то показники відносної маси вісцеральної жирової тканини не завжди змінювалися відповідно до вищезазначених параметрів. У групах тварин, які утримувалися в умовах висококалорійної дієти та яким вводили розчин нітрату срібла в дозі 1 мг / 1 кг м. т., демонструвалися односпрямовані зміни за параметром відносної маси вісцеральної жирової тканини та площею перерізу адипоцитів. Такі зміни не суперечать ствердженню, що збільшення розмірів адипоцитів позначається на зростанні маси всієї тканини [8].

Однак подібна взаємозалежність маси жирової тканини від розмірів адипоцитів спостерігалася не в усіх випадках. Зокрема, зміни за зазначеними параметрами мали протилежний напрям у групах щурів, які отримували розчин нітрату срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., а також розчин наночастинок срібла в дозах 1 мг / 1 кг м. т. та 0,5 мг / 1 кг м. т. Подібні результати демонструють, що не завжди збільшення розмірів адипоцитів призводить до зростання загальної маси жирової тканини. Причиною такого явища може бути зміна щільності

ліпідів, якими заповнений адипоцит, у результаті біохімічних перетворень. Для остаточного з'ясування причини, яка зумовлює збільшення розмірів адипоцитів без зростання маси жирової тканини, необхідні подальші імуногістохімічні та біохімічні дослідження [2].

У дослідженні вивчали можливості срібла в різних формах коригувати ознаки ожиріння. При цьому важливе значення має не лише форма препарату, а й доза. Незалежно від форми препарату срібла (розчин нітрату срібла чи розчин наночастинок срібла), доза 0,5 мг / 1 кг м. т. виявилася більш ефективною, ніж 1 мг / 1 кг м. т. Зокрема, у групі тварин, яким вводили розчин нітрату срібла у зазначеній дозі, спостерігалися тенденції до змін площі перерізу адипоцитів і відносної кількості клітин майже до контрольного рівня. А щури, які отримували розчин наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг м. т., демонстрували неочікувані ефекти: площа перерізу адипоцитів опустилася нижче контрольного рівня, а відносна кількість суттєво перевищила такий показник у контрольній групі. Подібні зміни свідчать не просто про зменшення виявів ожиріння та гіпертрофії клітин, а навпаки, спостерігається виснаження жирової тканини [13].

Вивчення механізмів, які спричинили вищезазначені ефекти, і можливості імплементації отриманих результатів при лікуванні людей з ожирінням вимагають подальших досліджень.

Висновки

1. Висококалорійна дієта призводила щурів до ожиріння за гіпертрофічним типом, що виявлялося у зростанні відносної маси вісцерального жиру, збільшенні розмірів адипоцитів і зменшенні відносної кількості клітин.

2. Введення тваринам розчину нітрату срібла в дозі 1 мг / 1 кг маси тіла на тлі висококалорійної дієти зумовило зменшення морфофункціональних ознак ожиріння, однак ці зміни не досягали контрольного рівня.

3. Розчин нітрату срібла в дозі 1 мг / 1 кг маси тіла спричинив зміни в морфофункціональних параметрах вісцеральної білої жирової тканини щурів, які свідчать про суттєву корекцію ознак ожиріння (майже до контрольних рівнів), які розвинулися у тварин на тлі висококалорійної дієти.

4. Тварини, яким вводили розчин наночастинок срібла в дозі 1 мг / 1 кг маси тіла на тлі висококалорійної дієти, виявили ознаки зменшення ступеня ожиріння (хоч і не до контрольного рівня), що підтверджується відповідними морфофункціональними параметрами.

5. Щури, які отримували розчин наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг маси тіла на тлі висококалорійної дієти, мали найбільш виражені зміни параметрів морфофункціонального стану вісцеральної білої жирової тканини. Досліджувані показники не лише досягли контрольного рівня, а й суттєво його перевершили, при цьому мали місце ознаки виснаження у жировій тканині.

Таким чином, препарати у формі розчинів нітрату срібла та наночастинок срібла здійснюють ефекти на морфофункціональні параметри вісцеральної білої жирової тканини щурів з ожирінням. При цьому важливе значення має не тільки форма препарату срібла, а й концентрація. Найбільшу ефективність щодо корекції ознак ожиріння спричинило введення щурам розчину наночастинок срібла в дозі 0,5 мг / 1 кг маси тіла.

Список використаних джерел

1. Морфометрические параметры белой жировой ткани разной локализации у крыс при высокожировой диете / В. Н. Васильев,

И. В. Мильто, И. Ю. Якимович и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5. – С. 1–5.

2. Адипо-цитокинный профиль адипоцитов эпикардиальной жировой ткани при ишемической болезни сердца на фоне висцерального ожирения / О. В. Груздева, Д. А. Бородкина, О. Е. Акбашева и др. // Ожирение и метаболизм. – 2017. – № 14 (4). – С. 38–45.

3. Вплив наночастинок срібла на кісептин-опосередковану регуляцію морфо-функціонального стану сім'яників щурів / В. Калиновський, А. Пустовалов, М. Держинський та ін. // Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. Серія: Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2016. – № 1. – С. 8–11.

4. Коновалова О. О. Ремоделивання жирової тканини при експериментальному цукровому діабеті / О. О. Коновалова, О. М. Камишин // Запорізький медичний журнал. – 2013. – № 4 (79). – С. 95–98.

5. Морфофункціональні зміни в тестикулах щурів 24-місячного віку під впливом кісептина на фоні блокади та активації альфаадренорецепторів і при введенні мелатоніну / М. Г. Матвієнко, А. С. Пустовалов, Н. О. Бузинська, М. Е. Держинський // Вісник проблем біології та медицини. – 2012. – Т. 95, № 2. – С. 170–173.

6. Патогістологические особенности жировой ткани подкожной жировой клетчатки и сальника у лиц с метаболическим синдромом и ожирением / К. Н. Милица, И. В. Сорокина, М. С. Мирошниченко, О. Н. Плитень // Охрана материнства и детства. – 2015. – № 2 (26). – С. 45–49.

7. Белая и бурая жировые ткани: взаимодействие со скелетной мышечной тканью / О. Д. Мяделец, В. О. Мяделец, И. С. Соболевская, Т. Н. Кичигина // Вестник ВГМУ. – 2014. – Т. 13, № 5. – С. 32–44.

8. Титов В. Н. Функциональное различие висцеральных жировых клеток и подкожных адипоцитов / В. Н. Титов // Клиническая медицина. – 2015. – № 2. – С. 14–23.

9. Гистологическое выявление и оценка степени жировой эмболии малого круга кровообращения в современной судебно-медицинской практике / Е. И. Филиппенкова, К. Н. Крупин, М. А. Кислов // Судебная медицина. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 91–92.

10. Влияние физических нагрузок на морфометрические параметры мезентериальной и подкожной жировой ткани крыс с ожирением, индуцированным высокожировой диетой / И. Ю. Якимович, Д. А. Бородин, И. К. Подрезов и др. // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2015. – № 2. – С. 1–9.

11. Efficacy, long-term toxicity, and mechanistic studies of gold nanorods photothermal therapy of cancer in xenograft mice / M. R. K. Ali, M. A. Rahman, Y. Wu et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2017. – Vol. 114, № 15. – P. 3110–3118.

12. Apovian C. M. Perspectives on the global obesity epidemic / C. M. Apovian, K. M. Riffenburg // Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes. – 2017. – Vol. 24, № 5. – P. 307–309.

13. Adipose Tissue Remodeling: Its Role in Energy Metabolism and Metabolic Disorders / S. S. Choe, J. Y. Huh, I. J. Hwang et al. // Front. Endocrinol. – 2016. – Vol. 7. – P. 1–16.

14. Collins T. J. Image J for microscopy / T. J. Collins // Biotechniques. – 2007. – Vol. 43, № 1 (Suppl.). – P. 25–30.

15. Fatty infiltration Of right ventricle (adipositas cordis): an unrecognized cause of early graft failure after cardiac transplantation / R. Krishnamani, R. S. Nawgiri, M. A. Konstam et al. // J. Heart Lung Transplant. – 2015. – Vol. 4. – P. 1143–1145.

16. Kwok K. H. M. Heterogeneity of white adipose tissue: molecular basis and clinical implications / K. H. M. Kwok, K. S. L. Lam, A. Xu // Exp. Mol. Med. – 2016. – Vol. 48, № 3. – P. 215.

17. Obesity and type 2 diabetes: two diseases with a need for combined treatment strategies—easo can lead the way / D. R. Leitner, G. Frühbeck, V. Yumuk et al. // Obes. Facts. – 2017. – Vol. 10, № 5. – P. 483–492.

18. Role of apoptosis and necrosis in cell death induced by nanoparticle-mediated photothermal therapy / V. P. Pattani, J. Shah, A. Atalis et al. // J. Nanoparticle Res. – 2015. – Vol. 17, № 1. – P. 20.

19. Nanotechnology advances towards development of targeted-treatment for obesity / N. R. S. Sibuyi, K. L. Moabelo, M. Meyer et al. // J. Nanobiotechnol. – 2019. – Vol. 17, № 122. – P. 1–21.

20. Understanding the biology of thermogenic fat: is browning a new approach to the treatment of obesity? / A. Vargas-Castillo, R. Fuentes-Romero, L. A. Rodriguez-Lopez et al. // Arch. Med. Res. – 2017. – Vol. 48, № 5. – P. 401–413.

21. Silver nanoparticles inhibit beige fat function and promote adiposity / L. Yue, W. Zhao, D. Wang et al. // Molecular Metabolism. – 2019. – Vol. 19. – P. 1–11.

22. Nanomedicine for obesity treatment / Y. Zhang, J. Yu, L. Qiang et al. // Sci. China Life Sci. – 2018. – Vol. 61. – P. 373–379.

References

1. Vasilyev VN, Milto IV, Yakimovich IYU, et al. Morfometricheskie parametry beloy zhirovoy tkani raznoy lokalizatsii u krys pri vysokozhirovoy diyetе. Sovremennyye problem nauki i obrazovaniya. 2015;5:1-5.

2. Gruzdeva OV, Borodkina AD, Akbasheva OE, et al. [Adipokine-cytokine profile of adipocytes of epicardial adipose tissue in ischemic heart disease complicated by visceral obesity]. Ozhireniye i metabolism. 2017;14(4):38-45.

3. KalynovskyiV, PustovalovA, DzerzhynskyM, et al. [Kisspeptin-mediated regulation of the morpho-functional state of the rat testicles under the effect of silver nanoparticles]. Visnyk Kyivskogo natsionalnogo universytetu im. Tarasa Shevchenka. Seriya: Problemy regulyatsii fiziologichnykh funktsiy. 2016;1:8-11.

4. Konovalova OO, Kamysnyy O.M. [Remodeling of the adipose tissue in experimental diabetes mellitus model]. Zaporizkyi medychny zhurnal. 2013;4(79):95-98.

5. Matvienko M G, Pustovalov AS, Buzynska NO, Dzerzhynsky ME. [Morphofunctional Changes In 24-Month Rat Testes Under Kisspeptin Influence Against Blockade And Activation Of Alpha-Adrenergic Receptors And Melatonin Administration]. Visnyk problem biologii ta medytsyny. 2012;95(2):170-173.

6. Militsa KN, Sorokina IV, Myroshnychenko MS, Pliten ON. [Pathohistological features of fat tissue of epiploon and subcutaneous fat tissue in patients with metabolic syndrome and obesity]. Okhrana materinstva i detstva. 2015;2(26):45-49.

7. Myadelets OD, Myadelets VO, Sobolevskaya IS, Kichigina TN. [White and brown adipose tissue: interaction with skeletal muscle tissue]. Vestnik VGMU. 2014;13(5):32-44.

8. Titov VN. [The functional difference between visceral fatty cells and subcutaneous adipocytes]. Klinicheskaya meditsina. 2015;2:14-23.

9. Filippenkova Yel, Krupin KN, Kislov MA. Gistologicheskoye vyvayeniye i otsenka stepeni zhirovoy emboli malogo kruga krovoobrashcheniya v sovremennoy sudebnoy meditsinskoj praktike. Sudebnaya meditsina. 2016;2(2):91-92.

10. Yakimovich IY, Borodin DA, Podrezov IK, et al. [Influence of physical activities on morphometric parameters of the mesenteric and subcutaneous tissue of rats with obesity, high-fat diet induced] Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova. 2015;2:1-9.

11. Ali MRK, Rahman MA, Wu Y, et al. Efficacy, long-term toxicity, and mechanistic studies of gold nanorods photothermal therapy of cancer in xenograft mice. Proc Natl Acad Sci USA. 2017;114(15):3110–3118.

12. Apovian CM, Riffenburg KM. Perspectives on the global obesity epidemic. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. 2017;24(5):307-309.

13. Choe SS, Huh JY, Hwang IJ, et al. Adipose Tissue Remodeling: Its Role in Energy Metabolism and Metabolic Disorders. Front Endocrinol. 2016;7:1-16.

14. Collins TJ. Image J for microscopy. Biotechniques. 2007;43(1):25-30.

15. Krishnamani R, Nawgiri RS, Konstam MA, et al. Fatty infiltration Of right ventricle (adipositas cordis): an unrecognized cause of early graft failure after cardiac transplantation. J Heart Lung Transplant. 2015;4:1143–1145.

16. Kwok KHM, Lam KSL, Xu A. Heterogeneity of white adipose tissue: molecular basis and clinical implications. Exp Mol Med. 2016;48(3):215.

17. Leitner DR, Frühbeck G, Yumuk V, et al. Obesity and type 2 diabetes: two diseases with a need for combined treatment strategies—easo can lead the way. Obes Facts. 2017;10(5):483-492.

18. Pattani VP, Shah J, Atalis A, et al. Role of apoptosis and necrosis in cell death induced by nanoparticle-mediated photothermal therapy. J Nanoparticle Res. 2015;17(1):20.

19. Sibuyi NRS, Moabelo KL, Meyer M, et al. Nanotechnology advances towards development of targeted-treatment for obesity. J Nanobiotechnol. 2019;17(122):1-21.

20. Vargas-Castillo A, Fuentes-Romero R, Rodriguez-Lopez LA, et al. Understanding the biology of thermogenic fat: is browning a new approach to the treatment of obesity? Arch Med Res. 2017;48(5):401-413.

21. Yue L, Zhao W, Wang D, et al. Silver nanoparticles inhibit beige fat function and promote adiposity. Molecular Metabolism. 2019;19:1-11.

22. Zhang Y, Yu J, Qiang L, et al. Nanomedicine for obesity treatment. Sci China Life Sci. 2018;61:73–379.

Надійшла до редколегії 5.10.2020

Отримано виправлений варіант 5.11.2020

Підписано до друку 5.11.2020

Received in the editorial 5.10.2020

Received a revised version on 5.11.2020

Signed in the press on 5.11.2020

А. Пустовалов, канд. биол. наук,
Е. Ткаченко, студ.,
М. Матвиенко, канд. биол. наук,
Н. Дзержинский, д-р биол. наук
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ВИСЦЕРАЛЬНОЙ БЕЛОЙ ЖИРОВОЙ ТКАНИ КРЫС ПРИ РАЗВИТИИ ОЖИРЕНИЯ И ПРИ ВВЕДЕНИИ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА

Исследовано морфофункциональное состояние висцеральной белой жировой ткани крыс в условиях развития ожирения и при введении растворов соли серебра и наночастиц серебра. В частности, проанализированы морфофункциональные изменения, а также эффекты введения растворов нитрата серебра и наночастиц серебра в дозах 1 мг/1 кг и 0,5 мг/1 кг массы тела на морфофункциональное состояние висцеральной белой жировой ткани крыс на фоне высококалорийной диеты. Установлены морфофункциональные изменения в клетках белой жировой ткани крыс на фоне высококалорийной диеты и при введении препаратов серебра в различных концентрациях. Состояние жировой ткани оценивалось на основе следующих параметров: относительная масса висцерального жира, площадь поперечного сечения адипоцитов, относительное количество адипоцитов на единицу площади. Сравнивались эффекты введения животным с ожирением растворов нитрата серебра в дозах 1 мг/1 кг и 0,5 мг/1 кг массы тела, а также растворов наночастиц серебра в дозах 1 мг/1 кг и 0,5 мг/1 кг. Все указанные препараты серебра в разной степени снижали проявления ожирения у животных, которые содержались в условиях высококалорийной диеты. Помимо формы препарата серебра (раствор нитрата серебра или раствор наночастиц серебра), существенное значение имеет концентрация. Наибольшую эффективность имело введение животным раствора наночастиц серебра в дозе 0,5 мг/1 кг массы тела. При этом у крыс данной экспериментальной группы исследуемые параметры не только достигли контрольных значений, а и превзошли их, что свидетельствует о существенном влиянии препарата на проявления ожирения. Кроме того, у крыс наблюдались признаки истощения жировой ткани.

Ключевые слова: белая жировая ткань, высококалорийная диета, ожирение, наночастицы серебра, нитрат серебра.

A. Pustovalov, PhD,
O. Tkachenko, stud.,
M. Matviienko, PhD,
M. Dzerzhynsky, Dr. Sci.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

MORPHOFUNCTIONAL STATE OF RAT VISCERAL WHITE ADIPOSE TISSUE UNDER OBESITY DEVELOPMENT AND SILVER NANOPARTICLES ADMINISTRATION

There was studied the morphofunctional state of the visceral white adipose tissue of rats with obesity and after introduction of silver salt solution and silver nanoparticles solution. In particular, we analyzed the morphofunctional changes in the visceral white adipose tissue of rats on a high-calorie diet, as well as the effects of the silver nitrate solution and the silver nanoparticles solution at a dose of 1 mg / 1 kg body weight and 0.5 mg / 1 kg body weight on the morphofunctional state of the visceral white adipose tissue of rats on a high-calorie diet. There were established morphofunctional changes in cells of the rats white adipose tissue on the high-calorie diet and with the introduction of silver preparations in different concentrations. The condition of the adipose tissue was evaluated on the basis of the following parameters: the relative mass of the visceral fat, the cross-sectional area of adipocytes, the relative number of adipocytes per unit area. There were compared effects of administration to animals with obesity of the silver nitrate solution at a dose of 1 mg / 1 kg body weight and 0.5 mg / 1 kg body weight, as well as of the silver nanoparticles solution at a dose 1 mg / 1 kg body weight and 0.5 mg / 1 kg of body weight. All the above silver preparations reduced the manifestations of obesity in animals which were maintained in a high-calorie diet. In addition to the form of the silver preparation (silver nitrate solution or silver nanoparticle solution), its concentration is important. The highest efficiency was shown after the administration of the silver nanoparticles solution at a dose 0.5 mg / 1 kg of body weight. In rats of this experimental group, the studied parameters not only reached the control values, but they also exceeded them, which indicates expressed influence of the drug on the obesity manifestations. In addition, the rats showed signs of fat depletion.

Keywords: white adipose tissue, high-calorie diet, obesity, silver nanoparticles, silver nitrate.

УДК 582.623.2:57.049
DOI 10.17721/1728_2748.2020.83.43-49

Ю. Хома, асп.,
Л. Худолєєва, канд. біол. наук,
Н. Куцоконь, канд. біол. наук
Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ, Україна

ВПЛИВ СОЛЬОВОГО СТРЕСУ НА РОСЛИНИ ТОПОЛІ КЛОНУ 'INRA 353-38' ТА ВЕРБИ КЛОНУ 'ЖИТОМИРСЬКА-1' В УМОВАХ КУЛЬТУРИ *IN VITRO*

Засолення ґрунтів є важливим абіотичним фактором, що негативно впливає на ріст, розвиток і продуктивність рослин. Швидкорослі дерева тополі та верби є важливими біоенергетичними рослинами, що виявляють різний ступінь адаптації до різноманітних середовищ існування. Дослідження солестійкості у різних клонів тополі і верби дозволяє виявити генотипи, які можна вирощувати на засолених ґрунтах із використанням біомаси в біоенергетичній галузі. Тому метою роботи було вивчення впливу сольового стресу на рослини тополі клону 'INRA 353-38' (*Populus tremula* × *P. tremuloides*) та верби клону 'Житомирська-1' (*Salix* sp.) в умовах культури *in vitro*. Для проведення дослідження рослини культивували на поживному середовищі на основі солей МС із додаванням хлориду натрію у концентраціях 25, 50 та 100 мМ. Контрольні рослини вирощували на вільному від хлориду натрію середовищі. Стан рослин (за 4-бальною шкалою), інтенсивність їх росту (за довжиною пагона) і коренеутворення (за кількістю коренів) оцінювали на 10-й та 30-й дні культивування. Отримані результати свідчать про високий рівень чутливості до хлориду натрію обох досліджених клонів за умов культури *in vitro*. Проте верба 'Житомирська-1' характеризувалася вищою чутливістю до сольового стресу порівняно з гібридною тополю клону 'INRA 353-38', оскільки ростові реакції у верби значно знижувалися вже за вмісту хлориду натрію в поживному середовищі 50 мМ, а за короткотривалої дії (10 днів) високої концентрації хлориду натрію (100 мМ) усі рослини верби припиняли ріст і швидко гинули. У гібридної тополі ростові реакції знижувалися впродовж місяця, переважно за найвищої концентрації хлориду натрію, проте навіть за таких умов частина пагонів залишалась життєздатною.

Ключові слова: тополя (*Populus*), верба (*Salix*), сольовий стрес, культура *in vitro*.

Вступ. Засолення ґрунтів є одним із важливих абіотичних стресів у навколишньому середовищі, що обмежує ріст, розвиток і продуктивність рослин. Згідно з даними ФАО, у світі близько 1 млрд га земель є засоле-

ними [4]. В Україні, за даними Державного земельного кадастру, засолені ґрунти займають 1,92 млн га [20]. Існують первинне (природне) і вторинне (антропогенне) засолення. Якщо первинне засолення є природним