

УДК 616.137.72/.146.6:616.681:616.5-001.17-085.36]-091.8-092.9
DOI: 10.24061/1727-0847.22.4.2023.44

З. М. Небесна, Д. В. Литвинюк, С. Б. Крамар, Н. В. Огінська, Г. О. Гаврилюк-Скиба*

*Кафедра гістології та ембріології (зав. – проф. З. М. Небесна) Тернопільського національного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль; *кафедра біології (зав. – проф. О. В. Романенко) Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця МОЗ України, м. Київ*

ДИНАМІКА ЗМІН СУДИННОГО РУСЛА ТА ОРГАНОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯЄЧОК БІЛИХ ЩУРІВ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ ТЕРМІЧНІЙ ТРАВМІ ШКІРИ ТА ЗА УМОВ КОРЕКЦІЇ КСЕНОДЕРМАЛЬНИМ СУБСТРАТОМ

Резюме. За даними ВООЗ, чоловіче безпліддя досягає 40 %, що є потенційною загрозою втрати репродуктивного здоров'я суспільства. Причиною порушень сперматогенної і гормональної функцій яєчок може стати термічна травма та викликана нею опікова хвороба.

Мета. Дослідити особливості змін судинного русла та органометричних параметрів яєчок при експериментальній термічній травмі та за умов застосування ксенодермального субстрату.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 40 статевозрілих білих щурах-самцях з масою тіла 180,0-200,0 г. Піддослідні тварини були розподілені на три групи: інтактні білі щури; тварини з тяжкою термічною травмою; тварини з опіковою травмою, яким після ранньої некректомії ушкоджених тканин, рани покривали подрібненим субстратом кріоліофілізованої ксеношкіри. Виведення тварин з експерименту здійснювали під кетаміновим наркозом на 1, 7, 14 і 21 доби, а за умов корекції – на 7, 14 і 21 доби. Просторову організацію кровоносного русла яєчок вивчали шляхом контрастної рентгеноангіографії. Для дослідження судин мікроциркуляторного русла яєчок тварин використовували інекційний метод з введенням композиції коларголу. Масометрично визначали масу тіла тварин та масу яєчок. Органометрично проводили вимірювання довжини, ширини та товщини яєчок білих щурів. Статистичну обробку отриманих кількісних даних проводили за допомогою програмного забезпечення «Excel» та «STATISTICA» 6.0 з використанням параметричних і непараметричних методів.

Результати. За результатами дослідження судинного русла інтактних тварин на рентгенограмах яєчка чітко виділяється яєчкова артерія, що відгалужується від черевного відділу аорти. Судини мікроциркуляторного русла формують густу сітку. Довжина яєчка в середньому становила $(18,21 \pm 0,56)$ мм, ширина – $(10,97 \pm 0,55)$ мм, товщина – $(9,77 \pm 0,38)$ мм. Маса органу у статевозрілих особин з середньою масою тіла $(189,1 \pm 7,3)$ г була рівною $(1,80 \pm 0,08)$ г, що становить 0,95 % від загальної маси тіла тварини. У ранні терміни після термічної травми яєчкова артерія, артерія сім'яносної протоки та артерія м'яза підіймача яєчка добре контрастувались. Екстраорганні та інтраорганні артерії, як і проміжки між ними, були розширеними. Встановлене розширення судин мікроциркуляторного русла яєчка, явища стазу та порушення циркуляції крові у гемокапілярах. У тварин другої групи з термічною травмою шкіри маса яєчок збільшилася в 1,07 раза на 1 добу та зменшилася в 1,03 раза на 7 добу в порівнянні з інтактною групою тварин. Лінійні параметри яєчок, як і маса органу, зростали на 1 добу та зменшувались на 7 добу експерименту. Зафіксовано недостовірне зниження маси тіла у порівнянні з інтактними щурами. У стадіях пізньої токсемії та септикотоксемії спостерігалось значне порушення кровопостачання, розширення просвітів естра- та інтраорганних судин, порушення проникності стінки судин. Масометрично у пізні терміни після експериментальної термічної травми зафіксовано зменшення маси тіла тварин, зокрема на 21 добу цей параметр був достовірно ($p < 0,05$) нижчим за відповідний показник у інтактних тварин на 10,5 %. Маса яєчок у стадіях пізньої токсемії та септикотоксемії достовірно знизилась відносно інтактного показника на 13,3 % та 26,1 %. При визначенні лінійних розмірів яєчок встановлено зменшення середніх даних довжини, ширини та товщини органу дослідних тварин.

За умов корекції термічної травми у ранні терміни досліджу маса тіла тварин недостовірно знизилась на 2,59 % порівняно з показником інтактних тварин. Органометричні дослідження встановили, що середній показник маси яєчок знизився та складає 0,94 по відношенню до значення показника норми. Значення середньої довжини, ширини та товщини відповідно складають 0,98; 0,92 і 0,93 від показни-

ків інтактною групи тварин. Ці параметри недостовірно відрізнялися від аналогічних у нелікованих тварин. На 7 добу досліду в умовах корекції встановлено порушення пропускної спроможності судинного русла сім'яника, розширення просвітів артерій та вен. Органометричні дослідження яєчок третьою дослідною групою у пізні терміни, зокрема на 21 добу експерименту встановили, що середні значення маси яєчок зростає і становить 0,99 відносно інтактного показника. Визначення лінійних розмірів яєчок показало, що їх довжина, товщина та ширина недостовірно відрізняються від аналогічних інтактних показників. Маса тіла тварин у цей термін експерименту була наближена до показників норми та достовірно ($p < 0,05$) відрізнялася від маси тіла нелікованих тварин, перевищуючи її у 1,12 раза. У пізні терміни досліду за умов корекції спостерігається рівномірне та чітке контрастування витків яєчкової артерії, інтраорганних та екстраорганних судин серпантину яєчка та рівномірне виповнення мікроциркуляторного русла ін'єкційною сумішшю.

Висновки. Встановлено, що застосування ксенодермального субстрату для корекції термічної травми сприяє зменшенню розладів кровообігу та кровопостачання яєчок, сприяє відносному збереженню масо-метричних та лінійних параметрів органу на рівні інтактних показників.

Ключові слова: яєчка, термічна травма, ксенодермальний субстрат, судинне русло.

За даними ВООЗ, чоловіче безпліддя досягає 40 %, що є потенційною загрозою втрати репродуктивного здоров'я суспільства [1]. Причинами порушень сперматогенної і гормональної функцій яєчок є гострі та хронічні розлади кровообігу в органах калитки, механічні ушкодження яєчково-над'яєчкового органокomплексу, а також загальна інтоксикація організму [1-4]. Слід зазначити, що в структурі загального травматизму термічна травма посідає третє місце та призводить як до розвитку токсемії, так і розладів кровообігу в чоловічих статевих органах [5-7]. При термічному ураженні 18-20 % поверхні тіла розвивається опікова хвороба, при якій відбуваються зміни як структурно-функціональної організації шкіри та її похідних, так і різних органів та систем організму, що часто призводить до поліорганної недостатності та сепсису [8, 9].

Пошук ефективних методів лікування опіків шкіри дотепер залишається актуальним і пріоритетним. В останні роки з метою корекції термічної травми застосовують подрібнений субстрат кріоліофілізованої ксеношкіри, що є модифікованим варіантом ліофілізованих ксенодермотрансплантатів, які успішно використовуються в комбустіологічній практиці [10-13]. Встановлено, що ксенодермальний субстрат містить біологічно активні речовини, амінокислоти та мікроелементи і має високі окисно-відновні, сорбційно-антитоксичні, пластичні та метаболічні властивості [14, 15]. В анатомо-експериментальних дослідженнях встановлено, що ПСЛК ефективно впливає на загоєння опікової рани, лікування алергічного дерматиту, покращує морфо-функціональний стан легень, а також нирок при термічній та комбінованій травмах [16, 17]. Однак, дотепер маловивченими залишаються особливості структурної реорганізації яєчок при використанні ксенодермального субстрату.

Мета дослідження: дослідити особливості змін судинного русла та органометричних параметрів яєчок при експериментальній термічній травмі та за умов застосування ксенодермального субстрату.

Матеріал і методи. Дослідження виконано на 40 статевозрілих білих щурах-самцях з масою тіла 180,0-200,0 г. При проведенні досліджень дотримувались міжнародних правил та принципів «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментів та з іншою науковою метою» (Страсбург, 1986) і «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» (Київ, 2001) та Закону України № 3447 – IV «Про захист тварин від жорстокого поводження» – від 21.02.2006.

Піддослідні тварини були розподілені на три групи: інтактні білі щурі (5); тварини з тяжкою термічною травмою (20); тварини з опіковою травмою, яким після ранньої некректомії ушкоджених тканин, рани покривали подрібненим субстратом кріоліофілізованої ксеношкіри (15).

Опікову травму наносили під кетаміновим наркозом мідними пластинами нагрітими у кип'яченій воді до температури 97-100 °C на епільовану поверхню шкіри спини і бічних поверхонь тіла тварини протягом 15 секунд. Розміри ділянки ураження становили 18-20 % поверхні тіла. Результати гістологічних досліджень пошкодженого шкірного покриву засвідчили глибину ураження, що відповідає опіку III ступеня.

Опеченим тваринам третьої експериментальної групи ранню некректомію пошкоджених ділянок шкіри проводили через 1 добу після нанесення термічного опіку з подальшим закриттям рани кріоліофілізованим ксенодермальним субстратом.

Виведення тварин з експерименту здійснювали під кетаміновим наркозом (внутрішньоочеревинне введення з розрахунку 75 мг/кг маси тіла тварини) на 1, 7, 14 і 21 доби, в терміни, що, згідно сучасної класифікації [18], відповідають стадіям опікової хвороби: відповідно – шоку, ранньої і пізньої токсемії та септикотоксемії.

Тваринам третьої піддослідної групи після термічної травми через 1 добу експерименту проводили ранню некректомію уражених тканин з подальшим закриттям рани кріоліофілізованим ксенодермальним субстратом. Тому, виведення тварин з експерименту та дослідження морфофункціонального стану ячок проводили на 7, 14 і 21 доби після нанесення опіку.

Просторову організацію кровоносного русла ячок вивчали шляхом контрастної рентгеноангіографії. Для заповнення артеріального русла використовували водну суспензію дрібнодисперсного свинцевого сурику.

Для дослідження судин мікроциркуляторного русла ячок тварин препарували з метою одержання доступу до черевної частини аорти для проведення ін'єкції судинного русла органу фарбувальною сумішшю коларголу. Виготовляли просвітлений препарат. Отриманий матеріал зберігали у розчині гліцерину [19].

Масометрично визначали масу тіла тварин та масу ячок. Органометрично проводили вимірювання довжини, ширини та товщини ячок білих шурів.

Статистичну обробку отриманих кількісних даних проводили за допомогою програмного забезпечення «Excel» та «STATISTICA» 6.0 з використанням параметричних і непараметричних методів. Для всіх показників розраховували значення середньої арифметичної (M), похибки середньої арифметичної (m) і стандартне відхилення (σ). Достовірність різниці значень між незалежними кількісними величинами визначали при нормальному розподілі за t-критерієм Стюдента, в інших випадках – за U-критерієм Манна-Уїтні. Достовірними вважаються відмінності при $p < 0,05$.

Результати дослідження та їх обговорення.

За результатами дослідження судинного русла інтактних тварин на рентгенограмах ячка чітко виділяється ячкова артерія, що відгалужується від черевного відділу аорти. Поблизу ячка вона спіралеподібно звивається і утворює двополюсний «судинний конус», в якому нараховується 28-30 кілець (рис. 1).

Ячкова артерія, проникаючи під білкову оболонку ячка, у вентральної ділянці ще раз значно звивається, формуючи «серпантин» із 8-10 витків. Така конструкція цієї судини сприяє оптимально рівномірному кровотоку в ячку.

Судини мікроциркуляторного русла ячка тварин інтактною групи формують густу сітку, артерії, капіляри та венули якої рівномірно виповнені ін'єкційною сумішшю (рис. 2).

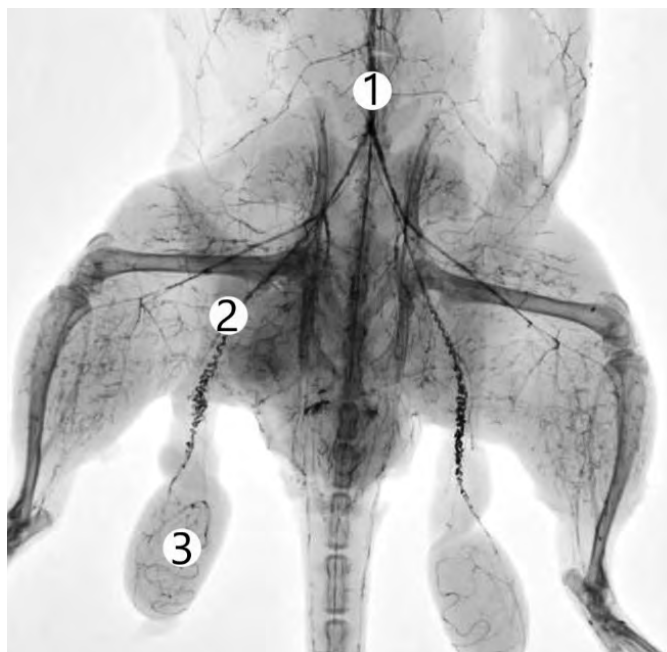


Рис. 1. Рентгеноангіограма артерій ячок шурів у нормі. Ін'єкція судин водною суспензією дрібнодисперсного свинцевого сурику. Рентгенограма. 1 – черевний відділ аорти; 2 – ячкова артерія; 3 – артеріальний серпантин

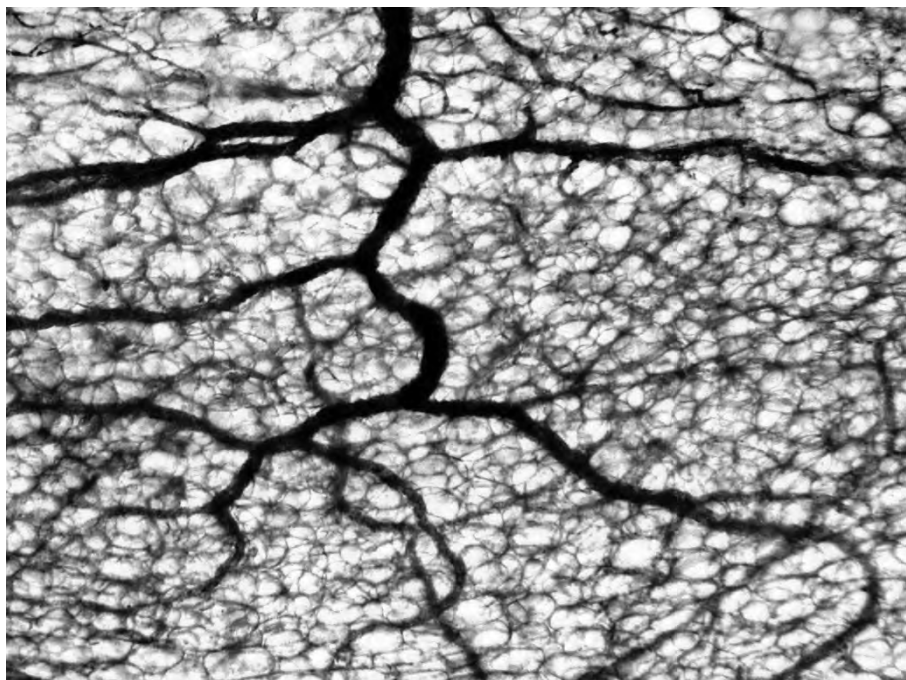


Рис. 2. Судини мікроциркуляторного русла яєчка тварини інтактної групи. Ін'єкція судин коларголом. $\times 100$

Довжина яєчка в середньому становила $(18,21 \pm 0,56)$ мм, ширина – $(10,97 \pm 0,55)$ мм, товщина – $(9,77 \pm 0,38)$ мм. Маса органу у статевозрілих

особин з середньою масою тіла $(189,1 \pm 7,3)$ г була рівною $(1,80 \pm 0,08)$ г, що становить 0,95 % від загальної маси тіла тварини (рис. 3, 4, 5).

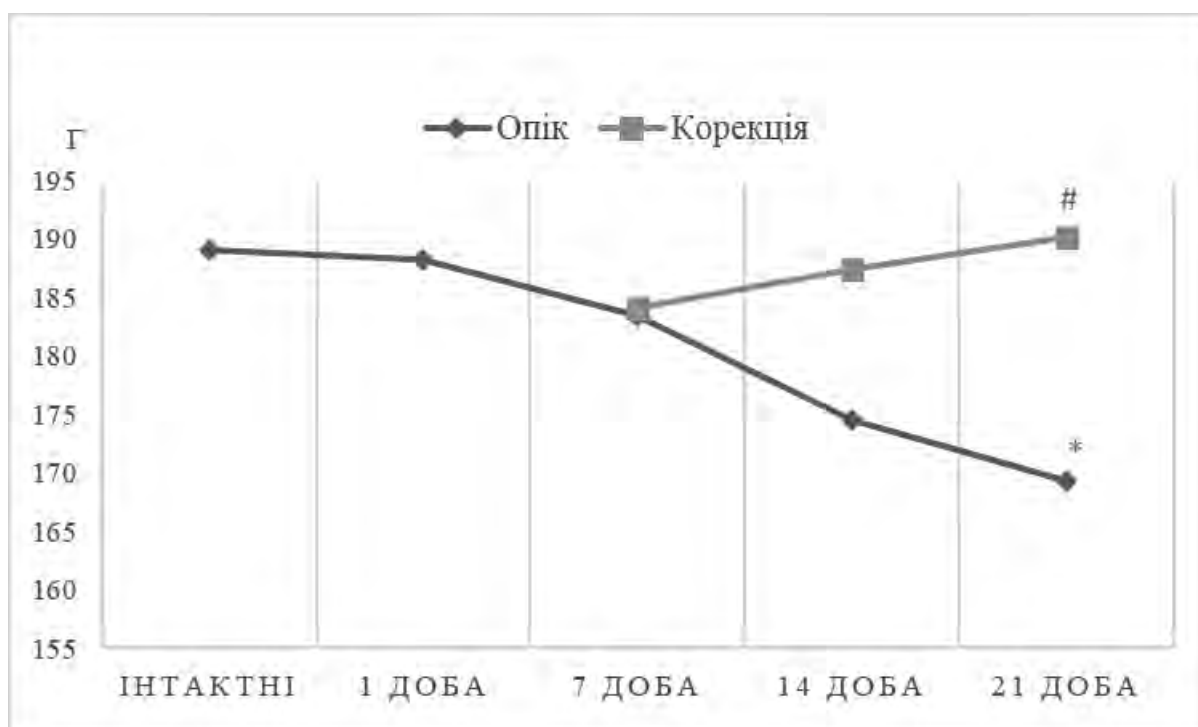


Рис. 3. Динаміка змін маси тіла білих щурів в різні терміни після термічної травми та за умов застосування коригуючого чинника.

Примітка 1. * – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників інтактної групи тварин (* – $p < 0,05$).
Примітка 2. # – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників групи тварин з опіком (# – $p < 0,05$)

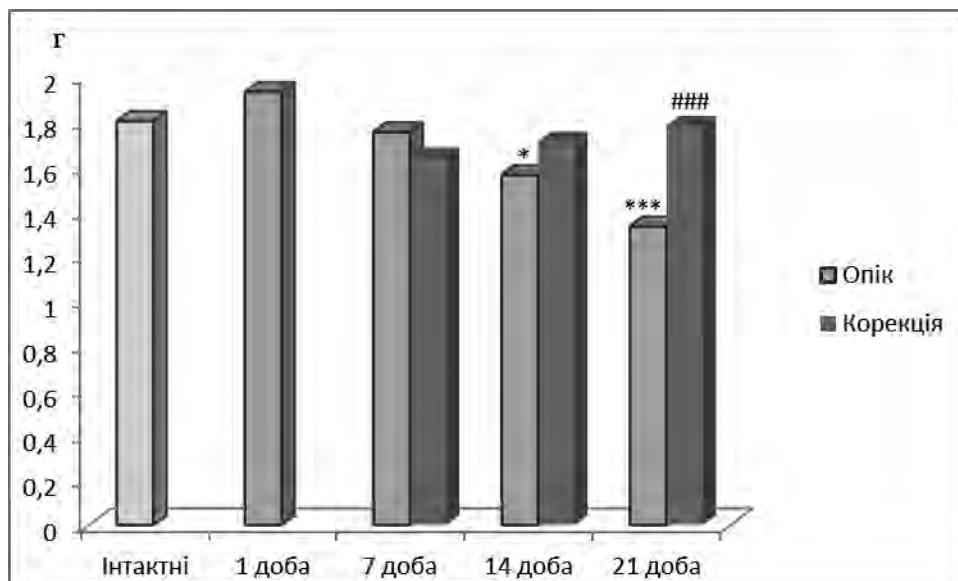


Рис. 4. Динаміка змін маси яєчок білих щурів в різні терміни після термічної травми та за умов застосування коригуючого чинника.

Примітка 1. * – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників інтактної групи тварин (* – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$).

Примітка 2. # – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників групи тварин з опіком (### – $p < 0,001$)

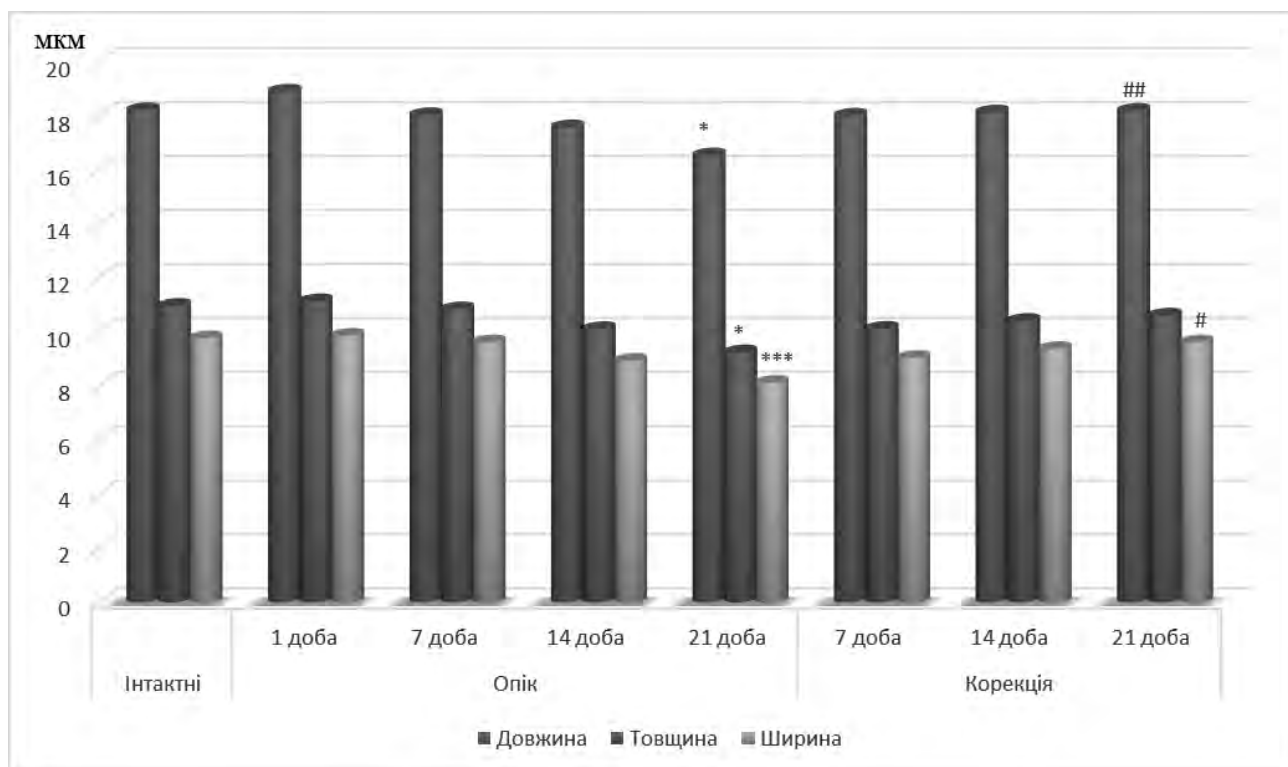


Рис. 5. Динаміка змін лінійних параметрів яєчок білих щурів в різні терміни після термічної травми та за умов застосування коригуючого чинника.

Примітка 1. * – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників інтактної групи тварин (* – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$).

Примітка 2. # – величини, які статистично достовірно відрізняються від показників групи тварин з опіком (# – $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$)

У тварин другої групи з термічною травмою шкіри маса яєчок збільшилася в 1,07 раза на 1 добу та зменшилась в 1,03 раза на 7 добу в порівнянні з інтактною групою тварин. Лінійні параметри яєчок, як і маса органу, зростали на 1 добу та зменшувались на 7 добу експерименту. Значення довжини, ширини і товщини органу на 7 добу після термічної травми недостовірно знижуються і становлять $(18,03 \pm 0,64)$ мм, $(10,84 \pm 0,42)$ мм і $(9,86 \pm 0,52)$ мм відповідно. У ранні терміни експерименту у тварин контрольної групи зафіксовано також недостовір-

не зниження маси тіла у порівнянні з інтактними щурами. Так, середня маса тіла тварин на 7 добу експерименту становила $(183,4 \pm 8,5)$ г (див. рис. 3).

На більшості артеріограм яєчок тварин контрольної групи у ранні терміни експерименту добре контрастувались яєчкова артерія, артерія сім'яиносної протоки та артерія м'яза підймача яєчка. Натомість дрібні судини яєчок були недостатньо виповнені контрастом. Екстраорганні та інтраорганні артерії, як і проміжки між ними, були розширеними (рис. 6 А).

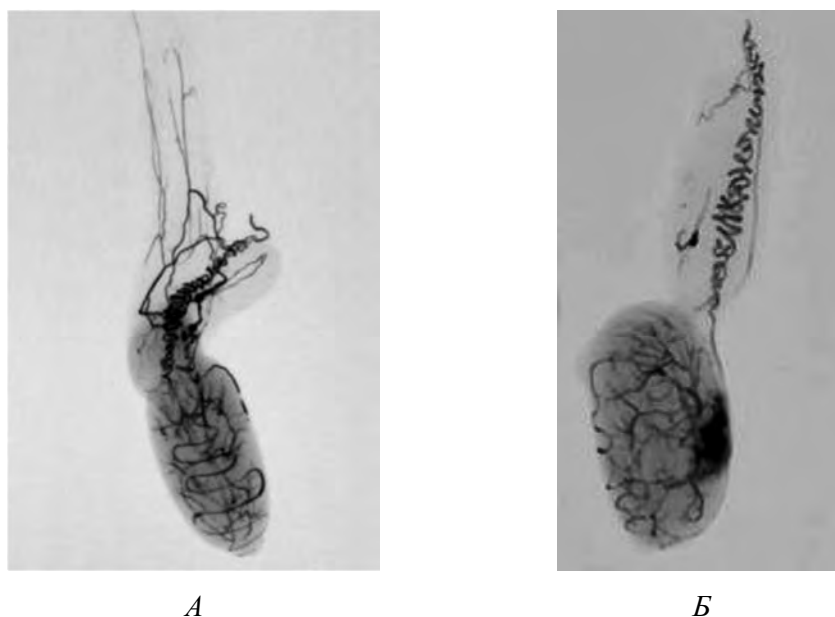


Рис. 6. Рентгенангіограми артерій яєчок щурів після експериментальної термічної травми. А – на 7 добу досліджу; Б – на 14 добу досліджу. Ін'єкція судин водною суспензією дрібнодисперсного свинцевого сурику. Рентгенограма

За допомогою ін'єкційного методу встановлене розширення судин мікроциркуляторного русла яєчка. Гемокапіляри органу у ранні терміни після експериментальної термічної травми погано виповнювались сумішшю коларголу, що може свідчити про явища стазу та порушення циркуляції крові у них (рис. 7).

Масометрично у пізні терміни після експериментальної термічної травми зафіксовано зменшення маси тіла тварин. Так, на 14 добу її середнє значення становило $(174,6 \pm 6,1)$ г, що на 7,7 % менше показника першої експериментальної групи. На 21 добу середнє значення маси тварини становило $(169,3 \pm 6,4)$ г, та було достовірно ($p < 0,05$) нижчим за відповідний показник у інтактних тварин на 10,5 % (див. рис. 3). Разом із зменшенням маси тіла тварин достовірно зменшувалась і маса яєчок. Так, у стадіях пізньої токсемії та септикотоксемії середнє значення їх маси достовірно знизилось відносно інтактного показника на 13,3 % та 26,1 %

і дорівнювало відповідно $(1,56 \pm 0,07)$ г ($p < 0,05$) та $(1,33 \pm 0,05)$ г ($p < 0,001$) (див. рис. 4).

При визначенні лінійних розмірів яєчок встановлено зменшення середніх даних довжини, ширини та товщини органу дослідних тварин. Так, на 14 добу після експериментальної термічної травми вони дорівнювали – $(17,58 \pm 0,62)$ мм, $(10,11 \pm 0,47)$ мм та $(8,93 \pm 0,51)$ мм, що становить 0,97, 0,92 та 0,83 відносно показника норми. На 21 добу після експериментальної термічної травми лінійні параметри достовірно ($p < 0,05$) зменшувались та становили: довжина – $(16,54 \pm 0,39)$ мм, ширина – $(9,25 \pm 0,57)$ мм та $(8,12 \pm 0,46)$ мм (див. рис. 5).

У стадіях пізньої токсемії та септикотоксемії рентгенографічно спостерігалось значне порушення кровопостачання, розширення провівів естра та інтраорганних судин. На артеріограмах помітні осередки виходу ін'єкційної суміші за межі кровосного русла, що може свідчити про порушення проникності стінки судин (рис. 6 Б).

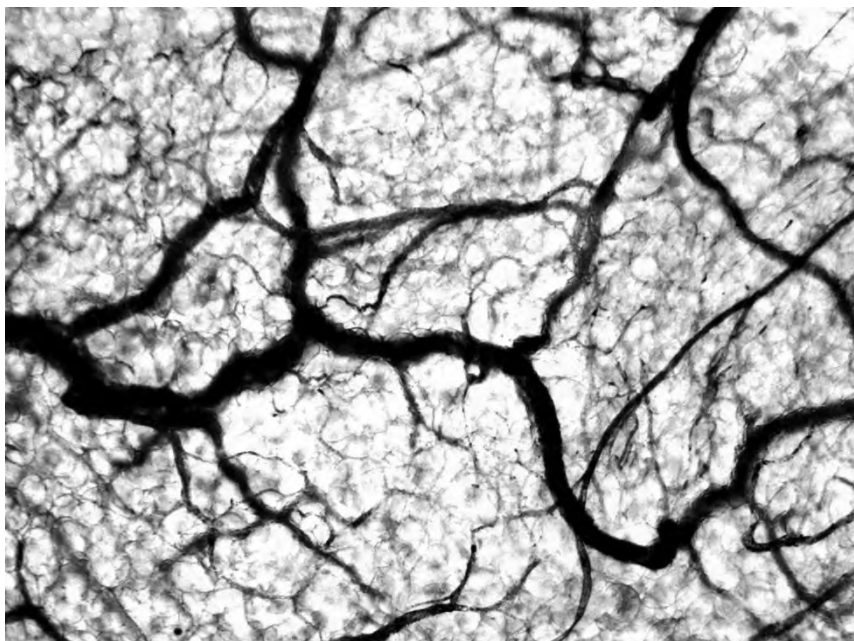


Рис. 7. Судини мікроциркуляторного русла яєчка тварини на 1 добу після експериментальної термічної травми. Ін'єкція судин коларголом. $\times 100$

При застосуванні ін'єкційного методу в пізні терміни після експериментальної термічної травми у мікроциркуляторному руслі органу виявлено не-

рівномірну його наповненість ін'єкційною масою, деформованість сітки мікросудин та чергування ділянок з розширенням та звуженням просвіту (рис. 8).

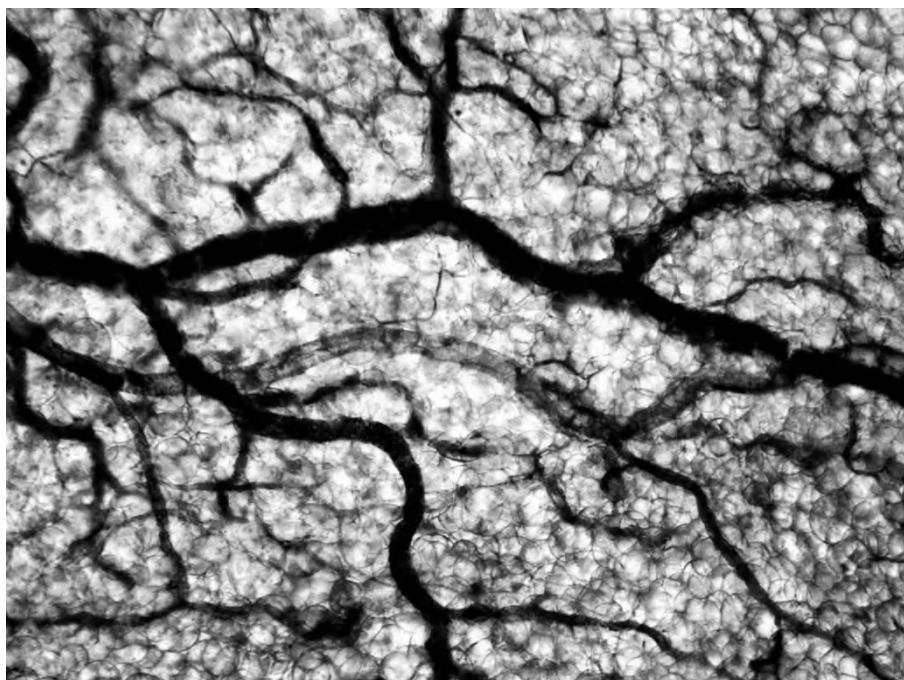


Рис. 8. Судини мікроциркуляторного русла яєчка тварини на 21 добу після експериментальної термічної травми. Ін'єкція судин коларголом. $\times 100$

Спостереження за білими щурами третьої групи, опікові рани яких після проведення ранньої некректомії закривали субстратом ксеношкіри показало, що на 7 добу досліду маса їх тіла тварин недостовірно знизилась та становила $(184,2 \pm 6,5)$ г, що на 2,59 % менше аналогічного показника інтактних тварин (див. рис. 3).

На сьому добу органометричні дослідження встановили, що середній показник маси яєчок знизився до $(1,69 \pm 0,05)$ г, що складає 0,94 по відношенню до значення показника норми (див. рис. 4). Параметри яєчок також змінились. Значення середньої довжини, ширини та товщини дорівнювало $(18,01 \pm 0,42)$ мм, $(10,12 \pm 0,51)$ мм та $(9,04 \pm 0,38)$ мм,

що відповідно складає 0,98; 0,92 і 0,93 від показників інтактної групи тварин. Ці параметри недосто- вірно відрізнялися від аналогічних у нелікованих тварин (див. рис. 5).

Рентгенангіографічно у ранні терміни після термічної травми за умов корекції встановлено, що судини «серпантину» яєчка були нерівномірно ви- повнені контрастом, внаслідок чого контури одних були чіткими, з добре помітними обрисами, а ма-

люнок інших – нечіткий, ледь проглядався на арте- ріограмах. Екстраоргани та інтраоргани артерії, як і проміжки між ними, місцями були то розши- реними, то звуженими (рис. 9 А).

За допомогою ін'єкційного методу встановлено незначну деформованість структурних компонентів мікроциркуляторного русла яєчка, порушення їх про- пускної спроможності, про що свідчить нерівномірне заповнення ін'єкційною сумішшю (рис. 10).



А



Б

Рис. 9. Рентгенангіограма артерій яєчок щурів після експериментальної термічної травми за умов корекції. А – на 7 добу, Б – на 21 добу. Ін'єкція судин водною суспензією дрібнодисперсного свинцевого сурику. Рентгенограма

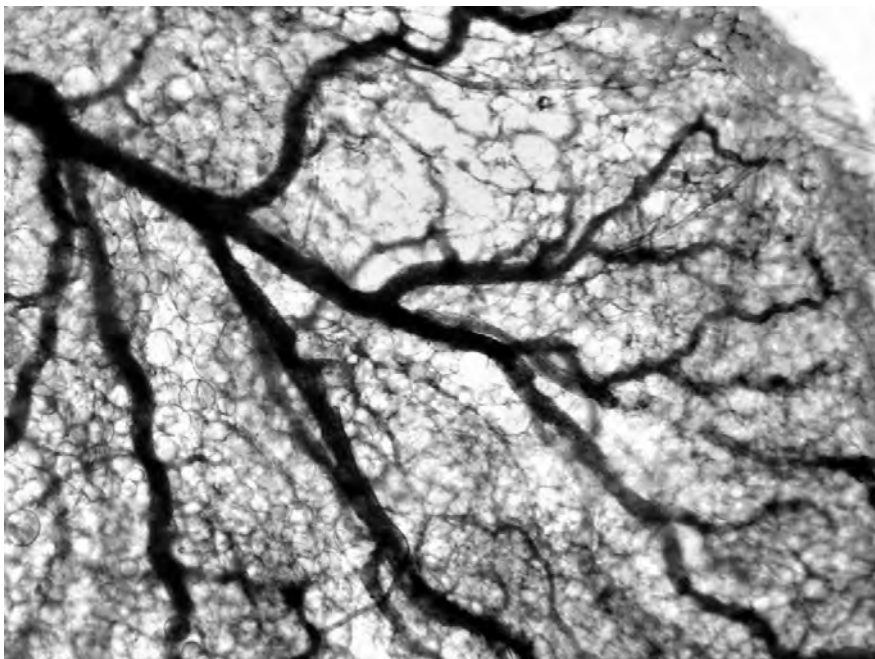


Рис. 10. Судини мікроциркуляторного русла яєчка тварини на 7 добу після експериментальної термічної травми за умов застосування ксенодермального субстрату. Ін'єкція судин коларголом. $\times 100$

На 14 добу експерименту органометричні дослідження встановили, що середнє значення маси яєчок тварин знизилось і становило $(1,71 \pm 0,06)$ г, що складає 0,95 відносно інтактного показника. Проте дане значення було більшим у 1,10 рази порівняно з контрольним (див. рис. 4). Довжина яєчок зменшилась до $(18,13 \pm 0,56)$ мм, що складає 0,99 від показника норми. Ширина та товщина органу дорівнювала – $(10,41 \pm 0,45)$ мм та $(9,37 \pm 0,41)$ мм, що відповідно складає 0,95 та 0,96 відносно показника норми (див. рис. 5). Ці показники в цей термін досліду були більшими, ніж у нелікованих тварин відповідно у 1,03; 1,03 і 1,05 рази.

Органометричні дослідження на 21 добу експерименту встановили, що середнє значення маси яєчок зростає і дорівнює $(1,78 \pm 0,06)$ г, що становить 0,99 відносно інтактного показника (див. рис. 4). Визначення лінійних розмірів яєчок показало, що їх довжина дорівнює $(18,19 \pm 0,46)$ мм, складає 0,99 відносно аналогічного значення норми, що недо-

стовірно відрізняється. Середні дані ширини і товщини органу недостовірно відрізняються від інтактних показників і становлять – $(10,61 \pm 0,55)$ мм та $(9,62 \pm 0,48)$ мм (див. рис. 5). Маса тіла тварин у цей термін експерименту була наближена до показників норми та достовірно ($p < 0,05$) відрізнялася від маси тіла нелікованих тварин, перевищуючи її у 1,12 рази (див. рис. 3).

Рентгенангіографічно у пізні терміни досліду за умов корекції спостерігається рівномірне та чітке контрастування витків яєчкової артерії, інтраорганних та екстраорганних судин серпантину яєчка (рис. 9Б).

Результати рентгенангіографічних досліджень підтверджуються та доповнюються за допомогою ін'єкційного методу. Сітка мікроциркуляторного русла яєчка на 21 добу досліду за умов корекції рівномірно виповнена ін'єкційною сумішшю. На деяких ділянках спостерігається посилена звивистість мікросудин (рис. 11).

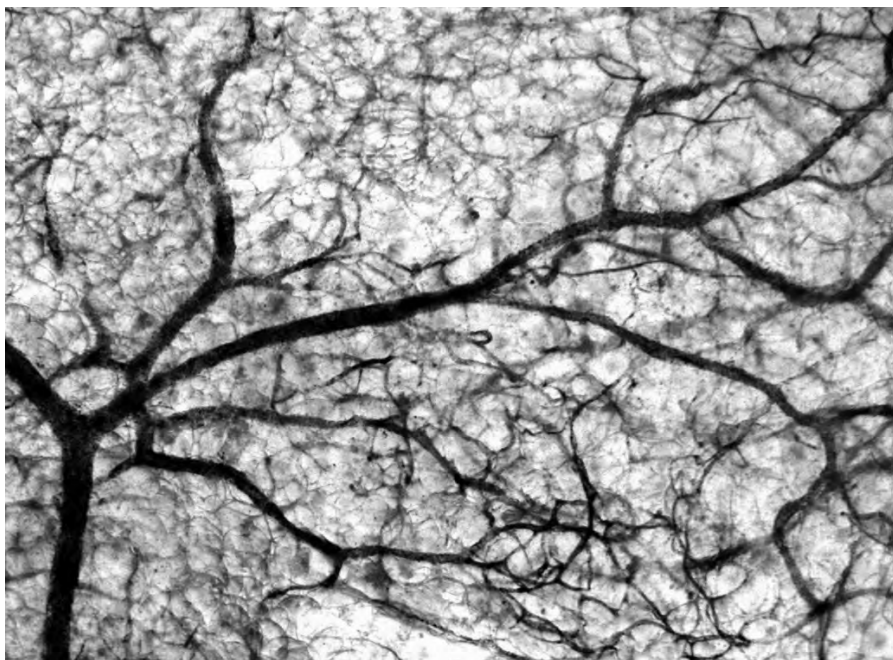


Рис. 11. Судини мікроциркуляторного русла яєчка тварини на 21 добу після експериментальної термічної травми за умов застосування ксенодермального субстрату. Ін'єкція судин коларголом. $\times 100$

Висновки. 1. За допомогою рентгенангіографічного та ін'єкційного методів встановлено, що судинне русло яєчок білих щурів має загальні видові закономірності будови. Маса яєчок у статевозрілих щурів з масою тіла 180,0-200,0 г становить $(1,80 \pm 0,08)$ г. Встановлено середні значення лінійних параметрів сім'яників інтактних білих щурів: довжина – $(18,21 \pm 0,56)$ мм, ширина – $(10,97 \pm 0,55)$ мм і товщина – $(9,77 \pm 0,38)$ мм. 2. При експериментальній термічній травмі у яєчках білих щурів виявлено порушення судинної системи з надмірним розширенням і кровонаповненням, передусім вен

і венул, змінами будови їх стінок, наявністю стазів та порушенням проникності судин у мікроциркуляторному руслі органу. В динаміці експерименту зменшується маса тіла тварин, зменшуються маса яєчок та органометричні показники з достовірною різницею у порівнянні з інтактними параметрами на 21 добу досліду. 3. Встановлено, що застосування ксенодермального субстрату для корекції термічної травми сприяє зменшенню розладів кровообігу та кровопостачання яєчок, сприяє відносному збереженню масометричних та лінійних параметрів органу на рівні інтактних показників.

Перспективи подальших досліджень. параметрів придатку яєчка після моделювання експериментальної термічної травми та за умов її корекції.
 Планується вивчення динаміки змін морфометричних

Список використаної літератури

1. Грицуляк БВ, редактор. *Зміни в органах калитки та передміхуровій залозі, зумовлені віком і розладами кровообігу: монографія.* Івано-Франківськ: Прикарпат. нац. ун-т ім. Василя Стефаника; 2019. 157 с.
2. Хмара ТВ, Грицуляк БВ, Проняєв ДВ, Марчук ОФ, Марчук ФД, Заморський П. *Ембріогенез сечовостатевої системи.* Чернівці: Медуніверситет; 2020. 256 с.
3. Fahim MA, Tariq S, Adeghate E. *Vitamin E modifies the ultrastructure of testis and epididymis in mice exposed to lead intoxication.* *Ann Anat.* 2013 May;195(3):272-7. doi: 10.1016/j.aanat.2012.11.001.
4. Saad AB, Rjeibi I, Brahmi N, Elaloui E, Zouari N. *Nicotine-induced oxidative stress, testis injury, AChE inhibition and brain damage alleviated by Mentha spicata.* *Inflammopharmacology.* 2020 Aug;28(4):939-48. doi: 10.1007/s10787-019-00650-0.
5. Нетюхайло ЛГ, Харченко СВ, Костенко АГ. *Патогенез опікової хвороби (частина 2).* *Світ медицини та біології.* 2011;1:131-35.
6. Mazumber A, Patowary A. *Study of pattern of burn injury cases.* *J. Indian Acad. Forensic. Med.* 2013;35(21):44-6.
7. Peck MD. *Epidemiology of burns throughout the world. Part I: Distribution and risk factors.* *Burns.* 2011 Nov;37(7):1087-100. doi: 10.1016/j.burns.2011.06.005.
8. Нетюхайло ЛГ, Харченко СВ, Костенко АГ. *Патогенез опікової хвороби (частина 1).* *Світ медицини та біології.* 2011;1:127-31.
9. Zhi L, Hu X, Han C. *Biphasic changes (overreduction and overoxidation) of plasma redox status and clinical implications in early stage of severe burns.* *J Crit Care.* 2014 Dec;29(6):1063-8. doi: 10.1016/j.jcrc.2014.06.013.
10. Бігуняк ТВ, Цимбалюк АВ, Савчин ВС. *Поляризована флюоресценція як критерій технологічного контролю виготовлення ксенодермоімплантата.* *Здобутки клінічної та експериментальної медицини.* 2012;2(17):16-8.
11. Вітер ВС, Волков КС, Небесна ЗМ. *Субмікроскопічний стан гемоканілярів серця при експериментальній термічній травмі за умов застосування ліофілізованої ксеношкіри.* *Світ медицини та біології.* 2013;4:77-9.
12. Литвинюк СО, Волков КС. *Гістологічний стан гіпокампа при експериментальній термічній травмі та застосуванні ліофілізованої ксеношкіри.* *Вісник наукових досліджень.* 2012;2:77-9.
13. Нагайчук ВІ. *Сучасні підходи до надання допомоги хворим з опіками.* *Мистецтво лікування.* 2010;5(71):24-7.
14. Гуда НВ, Цимбалюк АВ. *Вміст амінокислот та мікроелементів у кріоліофілізованій ксеношкірі як показник їх біологічної активності.* *Медична хімія.* 2012;14(1):70-2.
15. Кліщ ІМ, Цимбалюк АВ. *Стан ендогенної інтоксикації та показників неспецифічного імунного захисту організму при місцевому використанні подрібненого субстрату ліофілізованого ксенодермоімплантата для закриття інфікованих опікових ран III-IV ступенів в експерименті.* *Медична хімія.* 2013;15(1):53-7.
16. Крамар СБ, Волков КС, Литвинюк СО. *Мікроскопічні та гістохімічні зміни шкіри після експериментальної термічної травми при застосуванні кріоліофілізованого ксенодермального субстрату.* *Вісник морфології.* 2015;1(1):6-9.
17. П'ятницький ЮС, Бондаренко ЮІ, Денефіль ОВ. *Вплив подрібненого субстрату консервованої шкіри свині на прояви експериментального алергічного дерматиту.* *Вісник проблем біології і медицини.* 2014;2(3):225-9.
18. Бігуняк ВВ, Гуда НВ, Бігуняк АВ. *Використання подрібненого субстрату кріоконсервованої ксеношкіри в лікуванні хворих із рановим процесом.* В: *Матеріали конгресу. IV міжнародні Пироговські читання: науковий конгрес, присвячений 200-річчю М. І. Пирогова. XXII з'їзд хірургів України; 2010 черв. 2-5; Вінниця.* Вінниця: ВНМУ; 2010. с. 30.

19. Горальський ЛП, Хомич ВТ, Кононський ОІ. Основи гістологічної техніки і морфофункціональні методи досліджень у нормі та при патології. Житомир: Полісся; 2011. 288 с.

References

1. Hrytsulyak BV, redaktor. Zminy v orhanakh kalytky ta peredmikhuroviy zalozi, zumovleni vikom i rozladamy krovoobihu: monohrafiya. Ivano-Frankivs'k: Prykarp. nats. un-t im. Vasylya Stefanyka; 2019. 157 s. [in Ukrainian].
2. Khmara TV, Hrytsulyak BV, Pronyayev DV, Marchuk OF, Marchuk FD, Zamors'kyi II. Embriohenez sechovostatevykh orhaniv. Chernivtsi: Meduniversytet; 2020. 256 s. [in Ukrainian].
3. Fahim MA, Tariq S, Adeghate E. Vitamin E modifies the ultrastructure of testis and epididymis in mice exposed to lead intoxication. *Ann Anat.* 2013 May;195(3):272-7. doi: 10.1016/j.aanat.2012.11.001.
4. Saad AB, Rjeibi I, Brahmi N, Elaloui E, Zouari N. Nicotine-induced oxidative stress, testis injury, AChE inhibition and brain damage alleviated by *Mentha spicata*. *Inflammopharmacology.* 2020 Aug;28(4):939-48. doi: 10.1007/s10787-019-00650-0.
5. Netyukhaylo LH, Kharchenko SV, Kostenko AH. Patohenez opikovoyi khvoroby (chastyna 2). *Svit medytsyny ta biolohiyi.* 2011;1:131-35.
6. Mazumber A, Patowary A. Study of pattern of burn injury cases. *J. Indian Acad. Forensic. Med.* 2013;35(21):44-6. [in Ukrainian].
7. Peck MD. Epidemiology of burns throughout the world. Part I: Distribution and risk factors. *Burns.* 2011 Nov;37(7):1087-100. doi: 10.1016/j.burns.2011.06.005.
8. Netyukhaylo LH, Kharchenko SV, Kostenko AH. Patohenez opikovoyi khvoroby (chastyna 1). *Svit medytsyny ta biolohiyi.* 2011;1:127-31. [in Ukrainian].
9. Zhi L, Hu X, Han C. Biphasic changes (overreduction and overoxidation) of plasma redox status and clinical implications in early stage of severe burns. *J Crit Care.* 2014 Dec;29(6):1063-8. doi: 10.1016/j.jcrc.2014.06.013.
10. Bihunyak TV, Tsymbalyuk AV, Savchyn VS. Polyaryzovana flyuorestsentsiya yak kryteriy tekhnolohichnoho kontrolyu vyhotovlennya ksenodermoimplantata. *Zdobutky klinichnoyi ta eksperymental'noyi medytsyny.* 2012;2(17):16-8. [in Ukrainian].
11. Viter VS, Volkov KS, Nebesna ZM. Submikroskopichnyy stan hemokapilyariv sertsya pry eksperymental'niy termichniy travmi za umov zastosuvannya liofilizovanoi ksenoshkiry. *Svit medytsyny ta biolohiyi.* 2013;4:77-9. [in Ukrainian].
12. Lytvynuk SO, Volkov KS. Histolohichnyy stan hipokampa pry eksperymental'niy termichniy travmi ta zastosuvanni liofilizovanoi ksenoshkiry. *Visnyk naukovykh doslidzhen'.* 2012;2:77-9. [in Ukrainian].
13. Nahaychuk VI. Suchasni pidkhody do nadannya dopomohy khvorym z opikamy. *Mystetstvo likuvannya.* 2010;5(71):24-7. [in Ukrainian].
14. Huda NV, Tsymbalyuk AV. Vmist aminokyslot ta mikroelementiv u krioliofilizovaniy ksenoshkiry yak pokaznyk yikh biolohichnoyi aktyvnosti. *Medychna khimiya.* 2012;14(1):70-2. [in Ukrainian].
15. Klishch IM, Tsymbalyuk AV. Stan endohennoi intoksykatsiyi ta pokaznykiv nespetsyfnoho imunnoho zakhystu orhanizmu pry mistsevomu vykorystanni podribnenoho substratu liofilizovanoho ksenodermoimplantata dlya zakryttya infikovanykh opikovykh ran III-IV stupeniv v eksperymenty. *Medychna khimiya.* 2013;15(1):53-7. [in Ukrainian].
16. Kramar SB, Volkov KS, Lytvynuk SO. Mikroskopichni ta histokhimichni zminy shkiry pislya eksperymental'noyi termichnoyi travmy pry zastosuvanni krioliofilizovanoho ksenodermal'noho substratu. *Visnyk morfolohiyi.* 2015;1(1):6-9. [in Ukrainian].
17. P'yatnyts'kyi YUS, Bondarenko YUI, Denefil' OV. Vplyv podribnenoho substratu konservovanoi shkiry svyni na proyavy eksperymental'noho alerhichnoho dermatytu. *Visnyk problem biolohiyi i medytsyny.* 2014;2(3):225-9. [in Ukrainian].
18. Bihunyak VV, Huda NV, Bihunyak AV. Vykorystannya podribnenoho substratu kriokonservovanoi ksenoshkiry v likuvanni khvorykh iz ranovym protsesom. V.: *Materialy konhresu. IV mizhnarodni Pyrohovs'ki chytannya: naukovyy konhres, prysvyachenyy 200-richchyu M. I. Pyrohova. KHKHII z"yizd khirurhiv Ukrayiny;* 2010 cherv. 2-5; Vinnytsya. Vinnytsya: VNMU; 2010. s. 30. [in Ukrainian].
19. Horal's'kyi LP, Khomych VT, Konons'kyi OI. Osnovy histolohichnoyi tekhniki i morfofunktsional'ni metody doslidzhen' u normi ta pry patolohiyi. *Zhytomyr: Polissya;* 2011. 288 s. [in Ukrainian].

DYNAMICS OF CHANGES IN THE VASCULAR BED AND ORGANOMETRICAL INDICATORS OF WHITE RATS TESTICLES DURING EXPERIMENTAL SKIN THERMAL INJURY AND UNDER THE CORRECTION WITH A XENODERMAL SUBSTRATE

Abstract. According to the WHO, male infertility reaches 40 %, which is a potential threat to the loss of reproductive health in society. The cause of violations of the spermatogenic and hormonal functions of the testicles can be a thermal injury and a burn disease caused by it.

Aim. To investigate the peculiarities of changes in the vascular bed and organometric parameters of the testicles during experimental thermal injury and under the conditions of using a xenodermal substrate.

Material and methods. The study was performed on 40 sexually mature white male rats weighing 180.0-200.0 g. The experimental animals were divided into three groups: intact white rats; animals with severe thermal injury; animals with a burn injury, whose wounds were covered with a crushed substrate of cryolyophilized xenoskin after early necrotomy of damaged tissues. Animals were removed from the experiment under ketamine anesthesia for 1, 7, 14 and 21 days, and under correction conditions – for 7, 14 and 21 days. The spatial organization of the blood vessels of the testicles was studied using contrast X-ray angiography. To study the vessels of the microcirculatory bed of the animal's testicles, the injection method was used with the injection of the colargol composition. Massometrically determined the animal's body weight and the weight of the testicles. The length, width and thickness of the white rat's testicles were measured organometrically. Statistical processing of the obtained quantitative data was performed using the software «Excel» and «STATISTICA» 6.0 using parametric and non-parametric methods.

The results. According to the results of the study of the vascular bed of intact animals, the testicular artery, which branches off from the abdominal part of the aorta, is clearly distinguished on radiographs of the testis. The vessels of the microcirculatory channel form a dense network. The average length of the testis was (18,21±0,56) mm, width – (10,97±0,55) mm, and thickness – (9,77±0,38) mm. The organ's weight in sexually mature individuals with an average body weight of (189,1±7,3) g was equal to (1,80±0,08) g, which is 0,95 % of the animal's total body weight. The testicular artery, the vas deferens artery, and the levator testis muscle artery were well contrasted at early times after thermal injury. Extra-organ and intra-organ arteries, as well as the spaces between them, were dilated. Dilation of the vessels of the microcirculatory bed of the testis, stasis phenomena and impaired blood circulation in the hemocapillaries are established. In the animals of the second group with thermal injury of the skin, the weight of the testicles increased by 1,07 times on day 1 and decreased by 1,03 times on day 7 in comparison with the intact group of animals. The linear parameters of the testicles, as well as the weight of the organ, increased on the 1st day and decreased on the 7th day of the experiment. An unreliable decrease in body weight was recorded in comparison with intact rats. In the stages of late toxemia and septicotoxemia, a significant violation of blood supply, expansion of lumens of extra- and intraocular vessels, violation of the permeability of the vessel wall was observed. Massometrically, in the late periods after experimental thermal injury, a decrease in the body weight of animals was recorded; in particular, on the 21st day, this parameter was significantly ($p<0,05$) lower than the corresponding indicator in intact animals by 10,5 %. The weight of the testicles in the stages of late toxemia and septicotoxemia significantly decreased relative to the intact indicator by 13,3 % and 26,1 %. A decrease in the average data of the length, width, and thickness of the organs of the experimental animals was established.

Under the conditions of correction of thermal injury in the experiment's early stages, the animals' body weight decreased by 2,59 % compared to the value of the intact animals. Organometric studies established that the average index of the mass of testicles decreased and is 0,94 about the value of the norm index. The average length, width, and thickness values are 0,98, 0,92 and 0,93, respectively, from the indicators of the intact group of animals. These parameters did not reliably differ from those of untreated animals. On the 7th day of the experiment, in the conditions of correction, a violation of the permeability of the vascular bed of the testicle and expansion of the lumens of arteries and veins was established. Organometric studies of the testicles of the third experimental group in the late period, in particular on the 21st day of the experiment, established that the average value of the mass of the testicles increases and is 0,99 relative to the intact indicator. Determining the linear dimensions of the testicles showed that their length, thickness, and width are unreliably different from similar intact indicators. The body weight of the animals during this experiment period was close to normal values and significantly ($p<0,05$) differed from the body weight of untreated animals, exceeding it by 1,12 times. In the late stages of the experiment, under the conditions of correction, clear contrast of the turns of the testicular artery, intra-organ and extra-organ vessels of the testicular serpentine and uniform filling of the microcirculatory channel with the injection mixture are observed.

Conclusions. It was established that using a xenodermal substrate for the correction of thermal injury contributes to the reduction of disorders of blood circulation and blood supply to the testicles and contributes to the relative preservation of massometric and linear parameters of the organ at the level of intact indicators.

Key words: testicles, thermal injury, xenodermal substrate, vascular bed.

Відомості про авторів:

Небесна Зоя Михайлівна – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри гістології та ембріології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль;

Литвинюк Діана Віталіївна – студентка третього курсу медичного факультету Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль;

Крамар Соломія Богданівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри гістології та ембріології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль;

Огінська Наталія Віталіївна – доктор філософії, асистент кафедри гістології та ембріології Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України, м. Тернопіль;

Гаврилюк-Скиба Галина Олександрівна – кандидат біологічних наук, асистент кафедри біології Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця МОЗ України, м. Київ.

Information about the authors:

Nebesna Zoiia M. – Dr. Sci. (Biol.), Professor, Head of the Histology and Embryology Department of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil;

Lytvynyuk Diana V. – 3rd year Medical Student of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil;

Kramar Solomiia B. – PhD, Associate Professor of the Histology and Embryology Department of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil;

Ohinska Nataliia V. – PhD, Teaching Assistant of the Histology and Embryology Department of the I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ternopil;

Havryliuk-Skyba Halyna O. – PhD, Teaching Assistant of the Biology Department of the O. O. Bogomolets National Medical University, Kyiv.

Надійшла 16.10.2023 р.

Рецензент – проф. В. І. Зайцев (Чернівці)