

І.А. Лурін¹
Р.Н. Михайлузов²
В.В. Негодуйко³
В.П. Невзоров⁴

¹ Українська військово-медична академія
МО України, Київ

² Харківська медична академія
післядипломної освіти МОЗ України

³ Військово-медичний клінічний центр
Північного регіону МО України

⁴ ДУ «Інститут загальної та невідкладної
хірургії ім. В.Т. Зайцева НАМН України»,
Харків


Надійшла: 27.07.2019

Прийнята: 06.09.2019

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2019.3.79-85>

УДК 611.08-018-16:612.086.3:616.831-001.45

УЛЬТРАСТРУКТУРА ЕНДОТЕЛІОЦИТІВ КРОВО- НОСНИХ КАПІЛЯРІВ СТЕГНО- ВИХ М'ЯЗІВ ПІСЛЯ МОДЕЛЮ- ВАННОГО ВОГНЕПАЛЬНОГО ОСКОЛКОВОГО ПОРАНЕННЯ

Lurin I.A. , Mikhaylusov R.N.  ✉, Negoduyko V.V. , Nevzorov V.P. Ultrastructure of endothelial cells of blood capillaries of the femoral muscle after a simulated gunshot fragmentation wound.

Ukrainian Military Academy of the Ministry of Defense of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education, Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

The Military Medical Clinical Center of the Northern Region of the Ministry of Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

«Institute of General and Emergency Surgery named by VTZaytsev NAMS of Ukraine », Kharkiv, Ukraine

ABSTRACT. Background. The study at the subcellular level of organelles of endothelial cells of skeletal muscle capillaries allowed us to detail the duration and features of regeneration of newly formed capillaries of muscle tissue after gunshot wounds. **Objective.** Detection of features of reconstructions of submicroscopic architectonics of endothelial cells of skeletal muscle capillaries at different times after gunshot wound. **Methods.** Experimental modeling of gunshot wounds of soft tissues was performed on 20 breeding rabbits, which inflicted gunshot wounds on the hip muscle area of the Fort pistol. Pieces of scar tissue from the wound canal were removed for electron microscopic examination with magnification of 20000-60000 folds at 30 and 60 days after injury. **Results.** In the formed scar tissue 30 days after the gunshot wound, the nuclear membrane of the endothelial cells had a loose appearance and formed numerous small invaginations. Lumps of condensed chromatin were located in the nuclei, which concentrated along the nuclear membrane. The cytoplasm of endothelial cells contained a small number of small mitochondria with single crystals. The membranes of the rough endoplasmic reticulum are moderately loosened, lose a well-contoured structure, and the tanks are flattened. After 60 days, the cytoplasm of the vast majority of endothelial cells contained a large number of polys and ribosomes, sometimes located in clusters. The nuclei of the endothelial cells had an irregular elongated shape. The nuclear membrane formed multiple deep and small invaginations. Lumps of condensed chromatin, localized on the inner membrane of the nucleus and had a high degree of osmiophilia. The central region of the nucleus matrix had a low electron density and was filled with diffusely scattered granules of decondensed chromatin and ribosomes. The perinuclear space was enlarged and had the appearance of electron-transparent vacuoles. **Conclusion.** Changes in the intracellular organelles of endothelial cells of the blood capillaries of the muscles found at 30 days after the gunshot wound are associated with hypoxic intracellular processes occurring in the mitochondria. Data obtained at 60 days indicates a chronic course of dystrophic process.

Key words: Ultrastructure of endothelial cells, blood capillaries, muscle tissue, modeling, gunshot wounds.


Citation:

Lurin IA, Mikhaylusov RN, Negoduyko VV, Nevzorov VP. [Ultrastructure of endothelial cells of blood capillaries of the femoral muscle after a simulated gunshot fragmentation wound]. Morphologia. 2019;13(3):79-85. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2019.3.79-85>

 Lurin I.A. 0000-0001-6280-1725

 Mikhaylusov R.N. 0000-0001-5869-7013

 Negoduyko V.V. 0000-0003-4540-5207

✉ mihailusov1@ukr.net

© SI «Dnipropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine», «Morphologia»

Вступ

Незважаючи на багатовікову історію застосування вогнепальної зброї, питання загоєння вогнепальних ран продовжують залишатися актуальною проблемою сучасної хірургії [1-3]. Особливу значущість ця проблема набуває при локальних і поширених військових діях, проведення миротворчих місій, антитерористичних операцій, у випадках масового отримання вогнепальних поранень.

Сучасні вогнепальні поранення мають виражені морфо-функціональні зміни, і характеризуються тяжкістю, поєднання і множинністю ушкоджень [4, 5].

У структурі вогнепальних поранень, отриманих під час збройних конфліктів, превалують травми кінцівок з пошкодженням кісток і м'яких тканин. За результатами аналізу поранень американських військовослужбовців під час другої світової війни, в'єтнамської, іракської і інших компаній, частка проникаючих поранень кінцівок становила від 50% до 70%, причому, тільки у третини потерпілих це були кульові поранення [6]. Аналогічна структура травм спостерігається у поранених під час проведення АТО на території України: поранення кінцівок виявлено в 62,6% постраждалих, з них до 40% - з наявністю переломів кісток, до 37% - з пошкодженням магістральних судин і нервів. Серед ушкоджень кінцівок 61% постраждалих мали поранення м'яких тканин, 49% - переломи кісток [7]. За даними О.Є. Лоскутова і співавт. (2016), при ушкодженнях кінцівок, які виявлені в 54% поранених, м'які тканини були пошкоджені в 52%, кістки і суглоби - в 31,5%, нерви - у 14% і великі судини - в 2% постраждалих. Поранення були сліпі в 62,4% випадках і наскрізні в 35,7% випадках [8].

За даними І.П. Хоменко і співавт. (2016) застосування сучасних видів озброєння під час АТО призвело до збільшення кількості множинних, поєднаних та комбінованих поранень за рахунок високоенергетичної зброї – 43,9%, при цих пораненнях значно переважають пошкодження кінцівок за рахунок мінно-вибухової травми – 62,5% [9].

Регенерація м'язів вимагає складної взаємодії різних клітин. Але регенерація міофібрил вимагає збереження базальної пластини, яка при великих дефектах значно пошкоджується або відсутній. В результаті регенерація відбувається неповно, а залишкова м'язова тканина зазнає атрофічне ремоделювання з фіброзом і/або хронічним пошкодженням міофібрил [10]. Крім цього, значна втрата м'язів не може відновлюватися в результаті виснаження регенераторного потенціалу і викликає втрату м'язових функцій з розвитком інвалідності [11].

Вивчення на субклітинному рівні органел ендотеліальних клітин капілярів скелетних м'язів

дозволить деталізувати тривалість і особливості регенерації новостворених капілярів м'язової тканини після вогнепальних осколкових поранень [12].

Мета

Виявлення особливостей перебудов субмікроскопічної архітектури ендотеліоцитів кровоносних капілярів скелетних м'язів в різні терміни після вогнепального поранення.

Матеріал і методи

Експериментальне моделювання вогнепальних осколкових поранень м'яких тканин виконувалося на 20 лабораторних тварин - племінних кроликах породи «Шиншила». Маса тварин становила 2200-3000 р Середня маса тварин склала 2620 ± 120 м. Лабораторним тваринам було нанесено вогнепальне поранення в область м'язів стегна з пістолета «Форт» калібр 9 мм, з посиленням патроном, зарядженим обрізаними (без капелюшка) металевими шурупами СМК 3,5 x 9,5 «саморіз» масою 0,9-1,1 гр з дистанції 3,0 м. Початкова швидкість осколка становила 305 м/сек. Моделювання вогнепальних осколкових поранень проводилося в сертифікованому стрілецькому тирі з дотриманням вимог безпеки.

Лабораторні тварини знаходилися у віварії Харківської медичної академії післядипломної освіти в стандартизованих умовах з використанням природного світлового режиму і стандартної дієти, при вільному доступі до води і їжі, згідно з міжнародними правилами «Керівництва по догляду та використання лабораторних тварин» [13]. Експериментальні роботи проводилися згідно з європейськими вимогами поводження з тваринами [14].

Протоколи досліджень, з використанням лабораторних тварин були схвалені локальною етичною комісією Військово-медичного клінічного центру Північного регіону (позитивне рішення Комісії з питань етики №3/2 від 12.03.2015 р «Про проведення досліджень вогнепальних поранень м'яких тканин з використанням лабораторних тварин»).

Двадцять експериментальних тварин були рандомізовані методом випадкових чисел на дві рівні групи по 10 тварин, перша група виводилася з досвіду на 30 добу друга група на 60 добу. Шматочки рубцевої тканини з ранового каналу видаляли для електронно-мікроскопічного дослідження, потім поміщали для попередньої фіксації в 2,5% забуферений розчин глютарового альдегіду на 5 - 6 годин при температурі 4°C. Після закінчення попередньої фіксації, шматочки тканини промивали в буферному розчині і переносили в 1% забуферений розчин чотириокису осмію на 2-3 години при температурі 4°C. Тканини збезводнювали в спиртах зростаючої концентрації і ацетоні, просочували сумішню епоксидних смол (епо-аралдіт) і укладали в блоки за загальноприйнятими методиками.

Полімеризацію блоків проводили в термостаті при температурі 60°C протягом двох діб.

З отриманих блоків, на ультрамікроскопі УМТП-4 виготовляли ультратонкі зрізи, які після контрастування цитратом свинцю вивчали під електронним мікроскопом ЕМ-125 при прискорючій напрузі 75 кВ. Збільшення підбиралось адекватне цілям дослідження і коливалось в межах 20000-60000 крат.

Контролем якості гістологічної обробки тканини служили біоптати інтактних експериментальних тварин. Електронно-мікроскопічне дослідження препаратів інтактних експериментальних тварин показало адекватність гістологічної обробки тканини, так як деструкції мембранних структур були відсутні.

Результати та їх обговорення

У сформованій рубцовій тканині через 30 діб після моделювання вогнепального поранення ендотеліальні клітини кровоносних капілярів мають поліморфізмом ультраструктурної організації.

У частині ендотеліальних клітин кровоносних капілярів присутні ознаки дистрофічних порушень субмікроскопічної архітекtonіки внутрішньоклітинних органел. Ядерна мембрана ендотеліоцитів мала розпушений вид і утворювала численні дрібні інвагінації. В ядрах розташовувалися грудочки конденсованого хроматину, які концентрувалися уздовж ядерної мембрани.

Цитоплазма ендотеліальних клітин містила невелику кількість дрібних мітохондрій з одиничними кристами. Мембрани шорсткого ЕПР (ендоплазматичного ретикулу) помірно розпушені, втрачали чітко контуровану структуру, а цистерни сплюснені. Пластинчастий цитоплазматичний комплекс Гольджі редукований. В області його локалізації виявлялися дрібні включення ліпідів. У цитоплазмі відростків ендотеліальних клітин практично були відсутні мікропіноцитозних бульбашки. Цитоплазматична мембрана, звернена до току крові, схильна до розпушення і осередкової деструкції (рис. 1а).

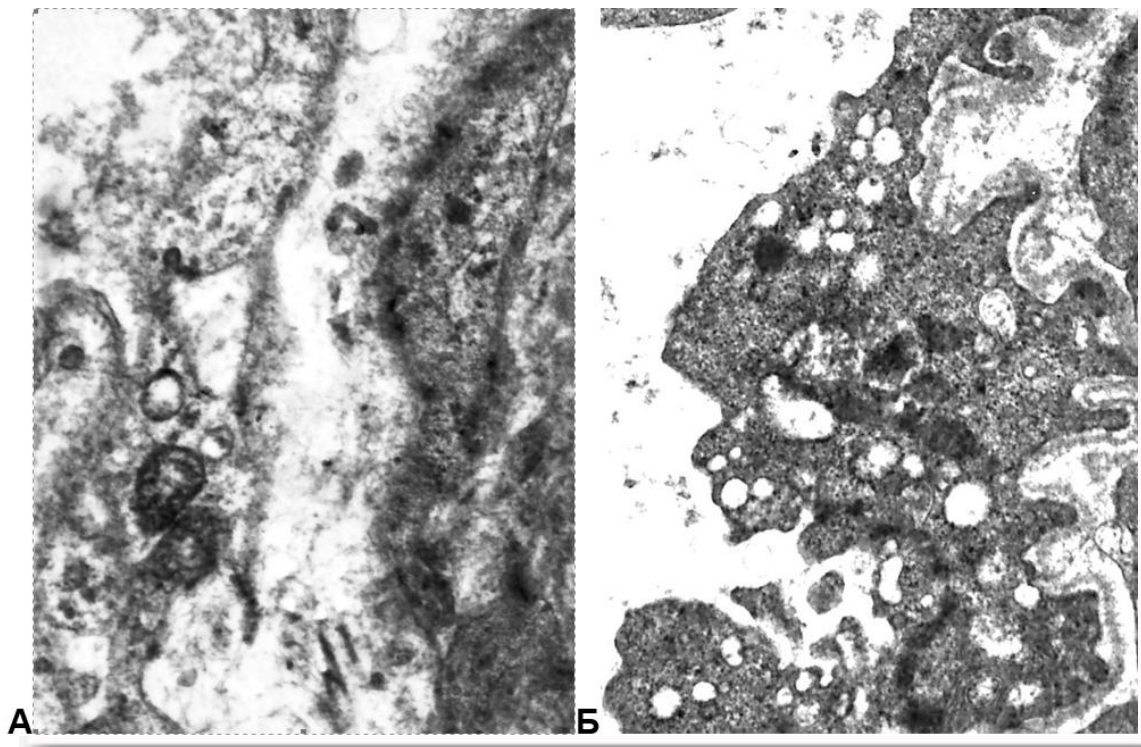


Рис. 1. Ультраструктура ендотеліоцитів новостворених кровоносних капілярів капсули ранового каналу на 30 добу після вогнепального поранення. а - вогнищева деструкція мембрани цитоплазми. $\times 72000$. б - вакуолізація цистерн ендоплазматичної сітки. $\times 78000$.

У просвіті капілярів, крім клітинних елементів крові, виявлялися дегенеративно змінені фрагменти мембран, органел і колагенових волокон. Іноді в цитоплазмі відростків виявлялися поодинокі великі мітохондрії з зруйнованими зовнішніми мембранами.

Інша частина ендотеліоцитів володіла субмікроскопічною організацією, що відповідає

високої функціональної активності. Ядра містили деконденсований хроматин, гранули якого рівномірно розподілилися по матриксу ядра. Цитоплазматична мембрана утворювала велику кількість дрібних і глибоких інвагінацій. Зовнішні мембрани і Кристі мітохондрії без істотних порушень. Матрикс мітохондрій мав дрібно гранулярну структуру і середню елек-

тронну щільність. Цистерни шорсткого ЕПР були схильні до вакуолізації і заповнені субстанцією дуже низькою електронною щільності. На мембранах шорсткого ЕПР виявлялося досить велика кількість рибосом (рис. 1б).

Пластинчастий цитоплазматичний комплекс Гольджі помірно гіпертрофований, його гладкі мембрани паралельно орієнтовані і оточені численними дрібними електронно-прозорих везикулами. В області локалізації пластинчастого цитоплазматичного комплексу Гольджі включення ліпідів зустрічалися вкрай рідко.

Ультраструктурна організація ендотеліальних клітин кровеносних капілярів з області сформованої капсули ранового каналу в стегнової м'язі через 60 діб після вогнепального поранення мала дистрофічні порушення органел, які варіюють по глибині і ступеня виразності. Ступінь порушення їх перебувала в межах фізіологічної компенсації. Цитоплазма переважної числа ендотеліальних клітин містила

велику кількість полісом і рибосом, які розташовувалися іноді у вигляді скупчень.

Ядра ендотеліоцитів мали неправильну видовжену форму. Ядерна мембрана утворювала множинні глибокі і дрібні інвагінації. Грудочки конденсованого хроматину, локалізувалися на внутрішній мембрані ядра і мали високу ступінь осміофілії. Центральна область матриксу ядра володіла низькою електронною щільністю і була заповнена дифузно розсіяними гранулами деконденсованого хроматину і рибосомами. Перинуклеарний простір розширений і мав вигляд електронно-прозорих вакуолей.

Мітохондрії невеликих розмірів з дрібно зернистим матриксом містили невелику кількість укорочених крист. Матрикс мітохондрій мав високу електронну щільність. Найчастіше можна було спостерігати тотальне розпушення і осередкове руйнування зовнішніх мембран і крист мітохондрій (рис. 2а).

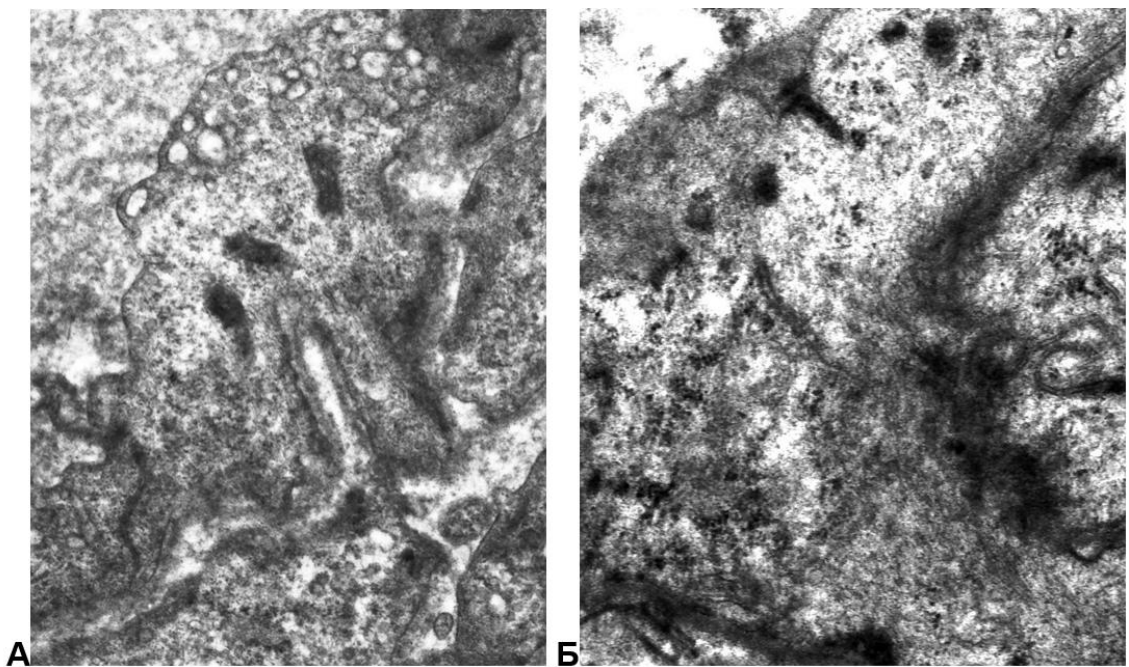


Рис. 2. Ультраструктура ендотеліоцитів новостворених кровеносних капілярів капсули ранового каналу на 60 добу після вогнепального поранення. а - висока електронна щільність матриксу мітохондрій. $\times 69000$. б - вогнищевий некроз цитоплазми. $\times 59000$.

У цитоплазмі ендотеліальних клітин спостерігається вакуолізація цистерн шорсткого ЕПР, які набували вигляду везикул, що містять електронно-прозору субстанцію. Цитоплазматична мембрана ендотеліоцитів, звернена в просвіт капіляра мала осередки руйнування.

У препаратах іноді виявлялися кровеносні капіляри, ендотеліоцити, яких були схильні до тотального руйнування, у вигляді вогнищ некрозу ділянок цитоплазми (рис. 2б). Пластинчастий цитоплазматичний комплекс Гольджі дезорганізований і представлений безладно

орієнтованими гладкими мембранами, оточеними дрібними вторинними лізосомами і включеннями ліпідів.

У просвіті капілярів часто присутні дегенеративно змінені органели, фрагменти зруйнованих мембран і детрит аморфної безструктурної субстанції, яка має різним ступенем осміофілії.

На 30 добу після вогнепального поранення в препаратах виявляється комплекс поліморфних порушень органел ендотеліальних клітин, глибина і ступінь виразності змін органел яких варіює по від дистрофічних до деструктивних. Основні

порушення ультраструктурної організації ендотеліальних клітин кровоносних капілярів капсули навколишнього рановий канал в стегової м'язі пов'язані з гіпоксичними внутрішньоклітинними процесами, що протікають в мітохондріях.

Ультраструктурна архітектоніка субмікроскопічних структур ендотеліоцитів кровоносних капілярів в капсулі навколо вогнепальної каналу в стегових м'язів кролів на 60 добу свідчить про хронічний перебіг дистрофічного процесу, що супроводжується осередковою деструкцією внутрішньоклітинних мембранних компонентів.

Ультраструктура окремих ендотеліоцитів кровоносних капілярів в капсулі ранового каналу свідчить про активацію катаболічних внутрішньоклітинних процесів, що структурно підтверджується наявністю вторинних лізосом, включень ліпідів в цитоплазмі, а також деструкцією внутрішньоклітинних органел.

У цитоплазмі відростків ендотеліоцитів спостерігається різке зменшення кількості мікропіноцитозних бульбашок, що дозволяє констатувати зниження активності трансцелюлярного транспорту речовин води і електролітів через стінку капілярів.

Поряд з цим в препаратах присутні ендотеліоцити, що володіють високою метаболічною активністю, що побічно підтверджується присутністю в цитоплазмі численних незмінених мітохондрій, мембран шорсткого ЕПР, а також скупчень рибосом і полісом.

Висновки

1. На 30 добу після вогнепального поранення основні порушення ультраструктурної організації ендотеліальних клітин кровоносних капілярів в стегової м'язі близько ранового каналу пов'язані з гіпоксичними

внутрішньоклітинними процесами, що протікають в мітохондріях.

2. Ультраструктурна архітектоніка субмікроскопічних структур ендотеліоцитів кровоносних капілярів м'язів навколо вогнепальної каналу в стегової м'язі кролів на 60 добу свідчить про хронічний перебіг дистрофічного процесу, що супроводжується осередковою деструкцією внутрішньоклітинних мембранних компонентів.

3. Ультраструктура окремих ендотеліоцитів кровоносних капілярів в капсулі ранового каналу свідчить про активацію катаболічних внутрішньоклітинних процесів, що структурно підтверджується наявністю вторинних лізосом, включень ліпідів в цитоплазмі, а також деструкцією внутрішньоклітинних органел.

4. Зменшення кількості мікропіноцитозних бульбашок в цитоплазмі відростків ендотеліоцитів дозволяє констатувати зниження активності трансцелюлярного транспорту речовин води і електролітів через стінку капілярів.

5. Поряд з цим в препаратах присутні ендотеліоцити, що володіють високою метаболічною активністю, що побічно підтверджується присутністю в цитоплазмі численних незмінених мітохондрій, мембран шорсткого ЕПР, а також скупчень рибосом і полісом.

Перспективи подальших розробок

Доцільне подальше вивчення на субклітинному рівні в динаміці структур органел макрофагоцитів та фібробластів, що дозволить детально дослідити механізми репарації та регенерації м'язих тканин після сучасних вогнепальних поранень.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Літературні джерела References

1. Khomenko IP, Willow AB, Khoroshun EM. [Characteristics of combat injuries, shortcomings and access to injured and injured in the minds of anti-terrorist operations]. Science and practice. 2016;1-2:27-31. Ukrainian.

2. Abghari M, Monroy A, Schubl S, Davidovitch R, Egol K. Outcomes Following Low-Energy Civilian Gunshot Wound Trauma to the Lower Extremities: Results of a Standard Protocol at an Urban Trauma Center. Iowa Orthop J. 2015;35:65-69.

3. Kopchak AB, Fisherman VA, Marukhno UI. [Pathogenesis and principles of treatment of gunshot wounds of the maxillofacial region in a multidisciplinary medical institution]. Emergency medicine. 2015;7(70):125-136. Russian.

4. Bird SM, Fairweather CB. Military fatality rates (by cause) in Afghanistan and Iraq: a measure of hostilities. Int J Epidemiol. 2007;36(4):841-846.

5. Chattar-Cora D, Perez-Nieves R, McKinlay A, Kunasz M, Delaney R, Lyons R. Operation Iraqi Freedom: a report on a series of soldiers treated with free tissue transfer by a plastic surgery service. Ann. Plast. Surg. 2007;58(2):200-206.

6. Connolly M, Ibrahim ZR, Johnson 3rd ON. Changing paradigms in lower extremity reconstruction in war-related injuries. Mil Med Res. 2016;3:9. doi: 10.1186/s40779-016-0080-7.

7. Buryanov OA, Yarmolyuk YuO, Los DV, Vakulich MV. [Modern surgical methods of treatment of gunshot wounds of the extremities]. Trauma. 2017;18(2):30-35. Ukrainian.

8. Loskutov OI, Zherdev II, Domansky AM, King of CO. [Surgical tactics of treatment of gunshot wounds of extremities in conditions of a multidisciplinary hospital]. *Trauma*. 2016;17(3):169-172. Ukrainian.

9. Khomenko IP Verba AV, Khoroshun EM [Characteristics of combat surgical trauma, shortcomings and advances in the treatment of the wounded and injured in the context of anti-terrorist operation]. *Science and practice*. 2016;1-2:27-31. Ukrainian.

10. Corona BT, Garg K, Ward CL, McDaniel JC, Walters TJ, Rathbone CR. Autologous minced muscle grafts: A tissue engineering therapy for the volumetric loss of skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Cell. Physiol.* 2013;305(7):761-775. Available on line: <http://dx.doi.org/10.1152/ajpcell.00189.2013>.

11. Grogan BF, Hsu JR. Skeletal Trauma Research Consortium. Volumetric muscle loss. *J. Am.*

Acad. Orthop. Surg. 2011;19(Suppl. 1):35-37.

12. Tsymbalyuk VI, Khomenko I.P., Lurin I.A., Usenko O.Yu., editor. *Patomorfoz vohnepalnykh ran m'yakyykh tkanyh* [Pathomorphosis gunshot wounds of soft tissues]. Kharkiv: College, 2018: 176 p. Ukrainian.

13. Guide for the care and use of laboratory animals. Eighth Edition / Committee for the Update of the Guide for the Care and Use of Laboratory Animals; Institute for Laboratory Animal Research (ILAR); Division on Earth and Life Studies (DELS); National Research Council of the national academies. – Washington: The National Academies Press, 2011: 246 p.

14. Directive 2010/63/EU of the European parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Available from: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0063>.

Лурін І.А., Михайлузов Р.Н., Негодуйко В.В., Невзоров В.П. Ультраструктура ендотеліоцитів кровоносних капілярів стегнових м'язів після модельованого вогнепального осколкового поранення.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Вивчення на субклітинному рівні органел ендотеліальних клітин капілярів скелетних м'язів дозволило деталізувати тривалість і особливості регенерації новостворених капілярів м'язової тканини після вогнепальних осколкових поранень. **Мета.** Виявлення особливостей перебудов субмікроскопічної архітекtonіки ендотеліоцитів кровоносних капілярів скелетних м'язів в різні терміни після вогнепального поранення. **Методи.** Експериментальне моделювання вогнепальних осколкових поранень м'яких тканин виконувалося на 20 племінних кроликах, яким було нанесено вогнепальне поранення на ділянку м'язів стегна з пістолета «Форт». Шматочки рубцевої тканини з ранового каналу видаляли для електронно-мікроскопічного дослідження зі збільшенням 20000-60000 крат на 30 та 60 добу після поранення. **Результати.** У сформованій рубцевої тканини через 30 діб після вогнепального поранення ядерна мембрана ендотеліоцитів мала розпушений вид і утворювала численні дрібні інвагінації. В ядрах розташовувалися грудочки конденсованого хроматину, які концентрувалися уздовж ядерної мембрани. Цитоплазма ендотеліальних клітин містила невелику кількість дрібних мітохондрій з одиничними кристами. Мембрани шорсткого ендоплазматичного ретикулуму помірно розпушені, втрачали чітко контуровану структуру, а цистерни сплюснені. Цитоплазматична мембрана, звернена до току крові, схильна до розпушення і осередкової деструкції. Через 60 діб цитоплазма переважного числа ендотеліальних клітин містила велику кількість полісом і рибосом, які розташовувалися іноді у вигляді скупчень. Ядра ендотеліоцитів мали неправильну видовжену форму. Ядерна мембрана утворювала множинні глибокі і дрібні інвагінації. Грудочки конденсованого хроматину, локалізувалися на внутрішній мембрані ядра і мали високу ступінь осміофілії. Центральна область матриксу ядра володіла низькою електронною щільністю і була заповнена дифузно розсіяними гранулами деконденсованого хроматину і рибосомами. Перинуклеарний простір розширений і мав вигляд електронно-прозорих вакуолей. **Підсумок.** Зміни внутріклітинних органел ендотеліоцитів кровоносних капілярів м'язів виявлені на 30 добу після вогнепального поранення пов'язані з гіпоксичними внутрішньоклітинними процесами, що протікають в мітохондріях. Дані отримані на 60 добу свідчать про хронічний перебіг дистрофічного процесу.

Ключові слова. Ультраструктура ендотеліоцитів, кровоносні капіляри, м'язова тканина, моделювання, вогнепальне осколкове поранення.

Лурин И.А., Михайлузов Р.Н., Негодуйко В.В., Невзоров В.П. Ультраструктура эндотелиоцитов кровеносных капилляров бедренной мышцы после моделированного огнестрельного осколочного ранения.

РЕФЕРАТ. Актуальность. Изучение на субклеточном уровне органелл эндотелиальных клеток капилляров скелетных мышц позволило детализировать продолжительность и особенности регенерации вновь капилляров мышечной ткани после огнестрельных осколочных ранений. **Цель.** Выявление особенностей перестроек субмикроскопической архитектоники эндотелиоцитов кровеносных капилляров скелетных мышц в разные сроки после огнестрельного ранения. **Методы.** Экспериментальное моделирование огнестрельных осколочных ранений мягких тканей выполнялось на 20 племенных кроликах, кото-

рым было нанесено огнестрельное ранение на участок мышц бедра из пистолета «Форт». Кусочки рубцовой ткани с раневого канала удаляли для электронно-микроскопического исследования с увеличением 20000-60000 крат на 30 и 60 сутки после ранения. **Результаты.** В сложившейся рубцовой ткани через 30 суток после огнестрельного ранения ядерная мембрана эндотелиоцитов имела разрыхленный вид и образовывала многочисленные мелкие инвагинации. В ядрах располагались комочки конденсированного хроматина, которые концентрировались вдоль ядерной мембраны. Цитоплазма эндотелиальных клеток содержала небольшое количество мелких митохондрий с единичными кристами. Мембраны шероховатого эндоплазматического ретикулума умеренно разрыхлены, потеряли четко контурированную структуру, а цистерны уплощенные. Цитоплазматическая мембрана, обращенная к току крови, подвержена разрыхления и очаговой деструкции. Через 60 суток цитоплазма подавляющего числа эндотелиальных клеток содержала большое количество полисом и рибосом, которые располагались иногда в виде скоплений. Ядра эндотелиоцитов имели неправильную удлинненную форму. Ядерная мембрана образовывала множественные глубокие и мелкие инвагинации. Комочки конденсированного хроматина, локализовались на внутренней мембране ядра и имели высокую степень осмиофилии. Центральная область матрикса ядра владела низкой электронной плотностью и была заполнена диффузно рассеянными гранулами деконденсированного хроматина и рибосомами. Перинуклеарное пространство расширено и выглядел электронно-прозрачных вакуолей. **Заключение.** Изменения внутриклеточных органелл эндотелиоцитов кровеносных капилляров мышц выявленные на 30 сутки после огнестрельного ранения связаны с гипоксическими внутриклеточными процессами, протекающими в митохондриях. Данные получены на 60 сутки свидетельствует о хроническом течении дистрофического процесса.

Ключевые слова. Ультраструктура эндотелиоцитов, кровеносные капилляры, мышечная ткань, моделирование, огнестрельное осколочное ранение.