

Особливості ультраструктурної перебудови нейронів головного мозку після стенозу аортотрубного сегмента в щурів

Мета роботи: встановити особливості ультраструктурних змін у нейронах головного мозку щурів після стенозу аортотрубного сегмента.

Матеріали і методи. Експерименти проведено на 18 статевозрілих білих лабораторних щурах-самцях, з них 3 тварини склали контрольну групу, а іншим 15 щурам під кетаміновим знеболенням здійснювали звуження черевного відділу аорти безпосередньо над її біфуркацією на 2/3 діаметра. Матеріал для електронно-мікроскопічних досліджень забирали через 1, 3, 7, 14 і 28 діб після операції згідно з загальноприйнятою методикою.

Результати досліджень та їх обговорення. Проведене електронно-мікроскопічне дослідження нейронів кори півкуль головного мозку щурів після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти свідчить про етапність їх морфофункціональної перебудови на тлі ремоделювання гемомікроциркуляторної ланки органного кровоносного русла, у динаміці яких можна виділити такі періоди: альтерації (посилення інвагінацій каріолеми, локальні порушення чіткості структурної організації ядерних мембран, нерівномірне розширення і фрагментація каналців ендоплазматичної сітки, зменшення на її мембранах кількості рибосом, збільшення розмірів цистерн комплексу Гольджі, гіпертрофія мітохондрій з одночасним просвітленням матриксу та деструкцією їх крист) – безпосередньо після стенозування і до 3-ї доби спостереження; адаптаційно-компенсаторних змін – з 3-ї по 7-му добу експерименту із стабілізацією морфофункціонального стану гемомікроциркуляторного русла (на тлі зменшення повнокрів'я гемокапілярів покращення ультраструктурної організації нейронів: конденсовані грудочки гетерохроматину розташовувалися у різних ділянках ядра, а також біля каріолеми, у нейроплазмі значна кількість рибосом і полісом, у цитоплазмі гіпертрофовані мітохондрії з чіткими кристами та вогнищево просвітленим матриксом, каналці ендоплазматичної сітки та цистерни комплексу Гольджі лише помірно розширені; відновні – з 14-ї по 28-му добу спостереження із зворотним розвитком альтераційних змін і суттєвим, однак не повним відновленням вихідного стану структур головного мозку.

Ключові слова: нейрони; набряк; деструкція; органи; ендотеліоцити.

Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний час, особливо у розвинених країнах, спостерігається невпинне зростання захворювань аорти та її гілок [1]. Серед них вагоме місце посідають оклюзійні ураження, в основі яких лежать переважно атеросклероз, неспецифічний аортоартеріт, постемболічна оклюзія, травматичний тромбоз, фіброзно-м'язова дисплазія (з переважним ураженням клубових артерій), уроджена гіпоплазія чи аплазія аорти [2].

Щодо гострої оклюзії аорти, то вона буває одним із етапів операційних втручань, зокрема при накладанні затискача на її черевний відділ. При цьому реєструється артеріальна гіпертензія із збільшенням середнього артеріального тиску та загального периферичного судинного опору, що водночас супроводжується ішемією різних органів [3, 4].

Разом з тим, на сьогодні встановлено, що зміна характеру центральної гемодинаміки може як передувати, так і ускладнювати перебіг гострого ішемічного ураження головного мозку [5].

Мета роботи: встановити особливості ультраструктурних змін у нейронах головного мозку щурів після стенозу аортотрубного сегмента.

Матеріали і методи. Експерименти проведено на 18 статевозрілих білих лабораторних щурах-

самцях з масою 160–180 г, з них 3 тварини склали контрольну групу, а іншим 15 щурам під кетаміновим знеболенням здійснювали звуження черевного відділу аорти безпосередньо над її біфуркацією на 2/3 діаметра за оригінальним способом [6]. Матеріал для електронно-мікроскопічних досліджень забирали через 1, 3, 7, 14 і 28 діб після операції згідно з загальноприйнятою методикою. Ультратонкі зрізи, виготовлені на ультрамікромі LKB-3 (Швеція), контрастували 1 % водним розчином уранілацетату та цитратом свинцю згідно з методом Рейнольдса і вивчали в електронному мікроскопі ПЕМ-125К.

Всі експериментальні дослідження проводили відповідно до принципів біоетики, що викладені у Гельсінській Декларації та Законі України “Про захист тварин від жорстокого поводження” (№ 1759-VI від 15.12.2009), що підтверджено комісією з біоетики Тернопільського державного медичного університету імені І.Я. Горбачевського (протокол № 34 від 01.03.2016).

Результати досліджень та їх обговорення. При ультрамікроскопічному дослідженні зі сторони гемомікроциркуляторного русла кори головного мозку щурів через добу після оклюзії аортотрубного сегмента спостерігали зміни застійного характеру, які проявлялися розширенням просвіту і

повнокрів'ям мікросудин, які супроводжувалися набряком ендотеліоцитів та розширенням периваскулярних просторів.

На цьому тлі у перимідальних нейроцитах спостерігалася реорганізація ядер та органел у їх нейроплазмі, посилення інвагінацій каріолеми, локальні порушення чіткості структурної організації ядерних мембран. У каріоплазмі переважав еухроматин, нерідко з білякаріолемною конденсацією. Відбувалося нерівномірне розширення і фрагментація каналців ендоплазматичної сітки, зменшення на її мембранах кількості рибосом з одночасним збільшенням розмірів цистерн комплексу Гольджі. Зростала кількість мітохондрій, для більшості із яких характерно гіпертрофія з одночасним просвітлення матриксу та деструкцією крист (рис. 1).

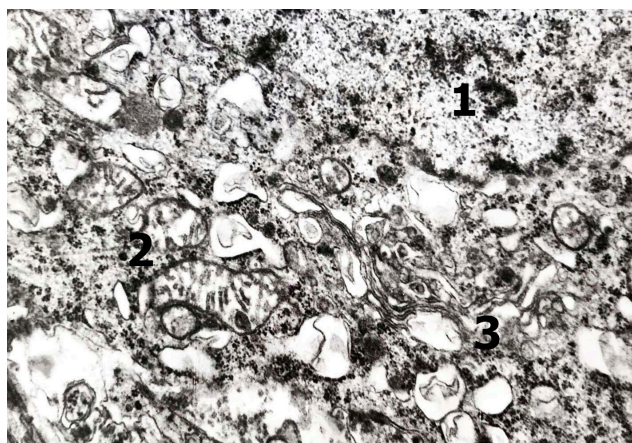


Рис. 1. Субмікроскопічні зміни нейроцита кори головного мозку щура через добу після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти. $\times 17\,000$: 1 – ядро нейроцита, 2 – мітохондрії, 3 – каналці ендоплазматичної сітки і цистерни комплексу Гольджі.

При проведенні електронно-мікроскопічного дослідження на 3-тю добу експерименту встановлено подальше наростання виявлених попередньо змін у структурних компонентах кори головного мозку. Зокрема, у складі стінки гемокapілярів субмікроскопічно спостерігали подальші ознаки ушкодження ендотеліоцитів.

При цьому в корі головного мозку тварин поряд із “темними” гіперхромними нейроцитами досить часто провлялися “світлі” гіпохромні нейроцити із просвітленням матриксів каріо- і гіалоплазми. Для таких клітин характерні округлі ядра з електронно-світлою каріоплазмою. Зовнішня ядерна мембрана набувала хвилястих контурів, помітно розширювалися перинуклеарні простори. Просвітлення нейроплазми клітин відбувалося за рахунок зменшення вмісту рибосом і полісом та деструкції органел. Характерною була наявність розширених і фрагментованих каналців ендоплазматичної сітки, цистерн

комплексу Гольджі та крупних вакуолей. Локально ушкоджені мітохондрії відрізнялися значним просвітленням матриксу та руйнуванням крист. Виявлялися первинні і вторинні лізосоми (рис. 2).

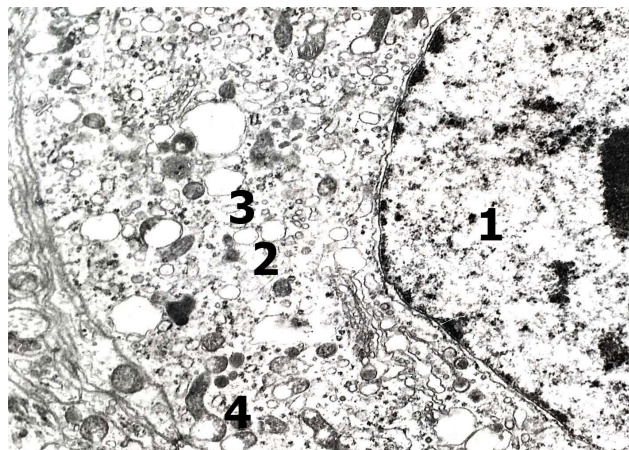


Рис. 2. Субмікроскопічні зміни нейроцита кори головного мозку тварини через 3 доби після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти. $\times 17\,000$: 1 – ядро нейроцита, 2 – цитоплазма нейроцита, 3 – вакуолі на місці зруйнованих органел, 4 – мітохондрії з деструкцією крист.

Від початку 7-ї і до 14-ї доби експерименту спостерігали ультраструктурні ознаки розвитку відновних процесів як у гемімікроциркуляторному руслі, так і в нервових клітинах кори головного мозку тварин, які полягали у зменшенні повнокрів'я, спаданні набряку та регенераторних процесах як у мікросудинах, так і у нервових клітинах.

Для нейроцитів характерне покращення їх ультраструктурної організації. У частини нервових клітин ядра ще зберігали досить помітні інвагінації каріолеми, однак вона у них набувала вже більш чітких контурів. Конденсовані грудочки гетерохроматину розташовувалися у різних ділянках ядра, а також біля каріолеми. У нейроплазмі спостерігалася значна кількість рибосом і полісом. Скрізь у цитоплазмі гіпертрофовані мітохондрії з чіткими кристами та вогнищево просвітленим матриксом. Канальці ендоплазматичної сітки та цистерни комплексу Гольджі були лише помірно розширені. Спостерігалася також наявність первинних та окремі вторинні лізосоми (рис. 3).

28-денне спостереження сприяло встановленню подальшої нормалізації гемімікроциркуляції і відновного ремоделювання нервових клітин кори півкуль головного мозку щурів. Однак повного відновлення структурної організації досліджуваних компонентів не відбувалося, про що свідчили залишкові явища від попередніх змін.

Зокрема, проведене на 28-у добу експерименту субмікроскопічне дослідження дозволило вста-

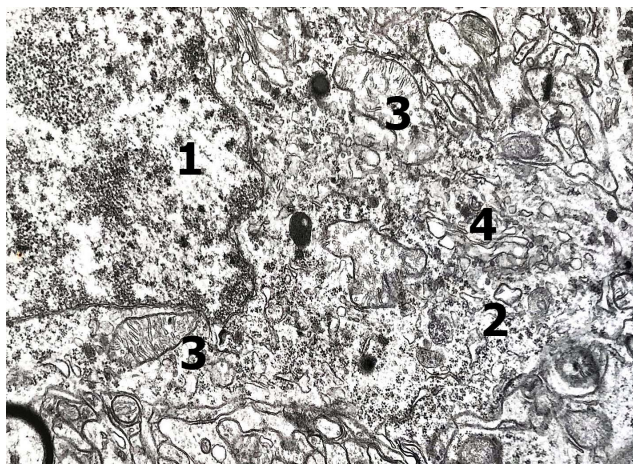


Рис. 3. Субмікроскопічні зміни нейрона кори головного мозку тварини через 14 днів після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти. $\times 17\ 000$: 1 – ядро нейрона, 2 – цитоплазма нейрона, 3 – мітохондрії, 4 – комплекс Гольджі.

новили лише відносну нормалізацію структурних компонентів кори великих півкуль головного мозку. На даний період спостереження вже спостерігалось багато нормохромних нейронів. Їх ядра були округлої форми, з чітко контурованою, місцями розширеною каріолею та маргінацією хроматину. У цитоплазмі нервових клітин органили мали типову будову, каналці ендоплазматичної сітки не були розширені, на їхніх мембранах були наявні рибосоми. Невеликі мітохондрії мали чіткі контури зовнішніх мембран і крист. Компоненти комплексу Гольджі були добре структуровані, що також підтверджувало розвиток відновних процесів у віддалений після стенозу каудального відділу черевної аорти період (рис. 4).

Таким чином, проведене електронно-мікроскопічне дослідження структурних компонентів кори півкуль головного мозку щурів після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти свідчить про етапність морфофункціональної перебудови та ремоделювання як гемомікроциркуляторної ланки, так і нейронів у динаміці яких можна виділити такі періоди:

- альтерації – безпосередньо після стенозування і до 3-ї доби спостереження;

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Василюк Я. І. Судинні протези і їх інфікування в хірургії артерій / Я. І. Василюк // Шпитальна хірургія. – 2008. – № 1. – С. 39–43.
2. Седов В. М. Значение инвазивного исследования показателей центральной гемодинамики в своевременной коррекции ее нарушений при операциях на брюшной аорте / В. М. Седов, С. В. Ковалев // Вестник хирургии им. И. И. Грекова. – 2002. – Т. 161, № 3. – С. 66–69.

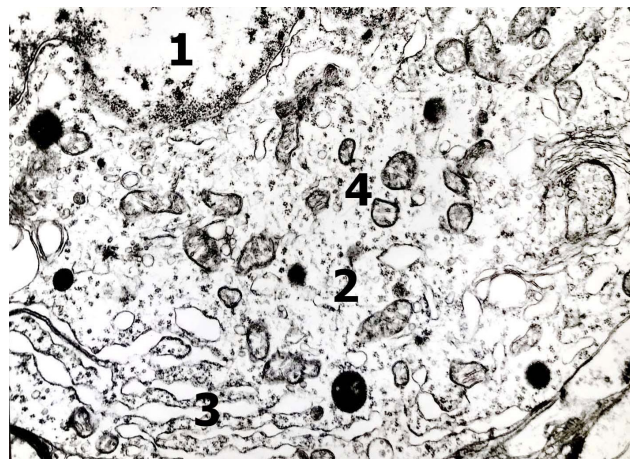


Рис. 4. Субмікроскопічні зміни нейрона кори головного мозку тварини через 28 днів після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти. $\times 17\ 000$: 1 – ядро нервової клітини, 2 – цитоплазма нервової клітини, 3 – гранулярна ендоплазматична сітка, 4 – мітохондрії.

- адаптаційно-компенсаторні – з 3-ї по 7-му добу експерименту із стабілізацією морфофункціонального стану гемомікроциркуляторного русла і цитоархітектоніки кори головного мозку;

- відновні – з 14-ї по 28-му добу спостереження із зворотним розвитком альтераційних змін і суттєвим, однак не повним відновленням вихідного стану структур головного мозку, що є підтвердженням даних, отриманих при застосуванні інших методів дослідження.

Висновок. Морфофункціональна перебудова та ремоделювання структурних компонентів кори півкуль головного мозку щурів після експериментального стенозу каудального відділу черевної аорти відбуваються послідовно за наступними періодами: альтерації – безпосередньо після стенозування і до 3-ї доби спостереження; компенсації – з 3-ї по 7-му добу експерименту і часткового відновлення у більш віддалені терміни.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження дозволять обґрунтувати ефективність корекції реперфузійних змін у головному мозку після декомпресії аортоклубового сегмента.

5. Виленский Б. С. Инсульт: профилактика, диагностика и лечение / Б. С. Виленский. – М., 2002. – 397 с.
6. Патент на корисну модель 60262 Україна, МПК А 61 М 5/00, G 09 В 23/00. Пристрій для дозованого звуження судин

/ Герасимюк І. Є., Пилипко І. В., Островська Л. О.; заявник і власник патенту Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського. – № u201015339 ; заявл. 20.12.2010 ; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

REFERENCES

1. Vasyliuk, Ya.I. (2008). Sudynni protezy i yikh infikovannia v khirurgii arterii [Vascular prosthetics and their infection in arterial surgery]. *Shpytalna khirurgiia – Hospital Surgery*, 1, 39-43 [in Ukrainian]
2. Sedov, V.M., & Kovalev, S.V. (2002). Znacheniyе invazivnogo issledovaniya pokazateley tsentralnoy gemodinamiky v svoeyevremennoy korrektsii ee narusheniy pri operatsyyakh na bryushnoy aorte [The value of an invasive study of central hemodynamic parameters in the timely correction of its disorders in operations on the abdominal aorta]. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova – Journal of Surgery named after I.I. Grekov*, 161 (3), 66-69 [in Russian].
3. Neymark, M.I., & Shmelev, V.V. (1997). Izmeneniya tsentralnoy gemodinamiky i ikh korrektsiya v protsesse rekonstruktivnoy operatsyy po povodu sindroma Lerysha [Changes in central hemodynamics and their correction in the process of reconstructive surgery for Leriche syndrome]. *Anesteziologiya i reanimatologiya – Anesthesiology and Resuscitation*, 2, 18-22 [in Russian].
4. Gelman, S. (2000). Complications during vascular surgery: basic principles and management of arterial hypotension and hypertension. *Baillieres Clin. Anaesthesiol.*, 14 (1), 111-124.
5. Vilenskiy, B.S. (2002). *Insult: profilaktika, diagnostika i lecheniye [Stroke: prevention, diagnosis and treatment]*. Moscow [in Russian].
6. Herasymiuk, I.Ye., Pylypko, I.V., & Ostrovska, L.O. (2011). *Patent na korysnu model 60262 Ukraina, MPK A 61 M 5/00, G 09 B 23/00. Prystrii dlia dozovanoho zvuzhennia sudyn. Zaiavnyk i vlasnyk patentu Ternopilskyi derzhavnyi medychnyi universytet imeni I.Ya. Horbachevskoho [Patent for utility model 60262 Ukraine, IPC A 61 M 5/00, G 09 B 23/00. Device for dosed constriction of blood vessels. Applicant and patent holder Ternopil State Medical University named after I.Ya. Horbachevsky] No. u201015339; applic. 20.12.2010; publ. 10.06.2011, Bul. No. 11 [in Ukrainian]*.

Отримано 18.09.2018

Електронна адреса для листування: herasymyuk@tdmu.edu.ua

YU. M. HAVRYSHCHUK, I. YE. HERASYMIUK, T. R. GENYK

I. Horbachevsky Ternopil State Medical University

ULTRASTRUCTURAL AND REMODELLING FEATURES OF BRAIN NEUROCYTES AFTER STENOSIS OF AORTOILIAC SEGMENT IN RATS

The aim of the work: to determine the changes of neurocytes ultrastructure of the rats brain after stenosis of the aortoiliac segment.

Materials and Methods. Experiments were carried out on 18 sexually mature white laboratory male rats. Among them 3 animals were in a control group. Another 15 rats under ketamine anesthesia the abdominal aorta was narrowed directly over its bifurcation to 2/3 of the diameter. The material for electron microscopic studies was taken after 1, 3, 7, 14 and 28 days after surgery in accordance with the generally accepted method.

Results and Discussion. The electron microscopic examination of rats' cerebral cortex neurocytes after experimental stenosis of the caudal part of the abdominal aorta indicates the phatism of their morphofunctional rearrangement against the background of remodeling of the organ microcirculatory vessels in the dynamics of which the following periods can be distinguished:

- alterations (intensification of nuclear membrane invagination, local violations of the nuclear membranes structural organization clarity, uneven expansion and fragmentation of endoplasmic mesh channels, reduction of the number of ribosomes on its membranes, increase sizes of the Golgi complex cisterns, hypertrophy of mitochondria with simultaneous matrix enlightenment and destruction of their matrix) – immediately after stenosis and before the 3rd day of observation;
- adaptive-compensatory changes – from the third to the 7th day of the experiment with the stabilization of the microcirculatory flow morphofunctional state – against the background of diminished capillaries blood plethora the improvement of the ultrastructural organization of neurocytes was noted: the condensed heterochromatin were located in different parts of the nucleus, as well as at the karyoles, in the neuroplasm there was a significant amount of ribosomes and polysomes, in the cytoplasm hypertrophied mitochondria with clear crystals and focal-clarified matrix, tubules the endoplasmic reticulum and Golgi complex cisterns were only moderately expanded;
- restorations – from the 14th to the 28th day of observation with the backward development of alterational changes and a substantial, but not complete, restoration of the initial state of the brain structures.

Key words: neurocytes; edema; destruction; organelles; endothelial cells.

Ю. Н. ГАВРИЩУК, И. Е. ГЕРАСИМЮК, Т. Р. ГЕНИК

ГВУЗ "Тернопольский государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МОЗ Украины"

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ НЕЙРОНОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПОСЛЕ СТЕНОЗА АОРТОПОДВЗДОШНОГО СЕГМЕНТА У КРЫС

Цель работы: установить особенности ультраструктурных изменений в нейронах головного мозга крыс после стеноза аортоподвздошного сегмента.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на 18 половозрелых белых лабораторных крысах-самцах, из них 3 животных составили контрольную группу, другим 15 крысам под кетаминным обезболиванием осуществляли сужение брюшного отдела аорты непосредственно над ее бифуркацией на 2/3 диаметра. Материал для электронно-микроскопических исследований забирали через 1, 3, 7, 14 и 28 суток после операции по общепринятой методике.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенное электронно-микроскопическое исследование нейронов коры полушарий головного мозга крыс после экспериментального стеноза каудального отдела брюшной аорты свидетельствует об этапности их морфофункциональной перестройки на фоне ремоделирования гемомикроциркуляторного звена органного кровеносного русла, в динамике которых можно выделить следующие периоды: альтерации (усиление инвагинаций кариолемы, локальные нарушения четкости структурной организации ядерных мембран, неравномерное расширение и фрагментация канальцев эндоплазматической сети, уменьшение на ее мембранах количества рибосом, увеличение размеров цистерн комплекса Гольджи, гипертрофия митохондрий с одновременным просветлением матрикса и деструкцией их крист) – непосредственно после стенозирования и до 3-х суток наблюдения; адаптационно-компенсаторных изменений – с 3-х по 7-е сутки эксперимента со стабилизацией морфофункционального состояния гемомикроциркуляторного русла (на фоне уменьшения полнокровия гемокапилляров отмечалось улучшение ультраструктурной организации нейронов: конденсированные комочки гетерохроматина располагались в разных участках ядра, а также в кариолеме, в нейроплазме наблюдалось значительное количество рибосом и полисом, гипертрофированные митохондрии с четкими кристами и очагово просветленным матриксом, канальцы эндоплазматической сети и цистерны комплекса Гольджи были лишь умеренно расширенные; восстановительный – с 14 по 28-е сутки наблюдения с обратным развитием альтерационных изменений и существенным, однако не полным восстановлением исходного состояния структур головного мозга.

Ключевые слова: нейроны; отек; деструкция; органеллы; эндотелиоциты.