

УДК 612.84:616-001.31-007.23-092.9:534.222.2
DOI: 10.24061/1727-0847.24.3.2025.40

Л. В. Абдул-Огли, К. А. Олійник, Д. В. Кошарний, В. Г. Рутгайзер, В. В. Кошарний
Кафедра анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії (в.о. зав. – проф. В. В. Кошарний)
Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБУДОВИ ЦЕНТРІВ ЗОРОВОЇ СЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Резюме. Пошкодження центральної нервової системи в учасників бойових дій на Сході України посідають друге місце після кульових та осколкових поранень тулуба і кінцівок. Дослідження нашої праці було спрямоване на встановлення закономірностей макроскопічної та мікроскопічної перебудови структурних компонентів центрів зорового аналізатору в умовах експерименту. Спочатку ми дослідили взаємозв'язки між величиною ока, як периферійної частини аналізатора к вазі головного мозку щура. Потім – будову кіркового центра зорового аналізатора – ділянки поля Бродмана потиличної частки головного мозку щура в контрольній та експериментальних групах. Унаслідок дослідження визначили, що вага очного яблука щура важить у середньому 115 мг, а відношення ваги очного яблука к вазі мозку становить 16,1. Після впливу ударної хвилі ці показники майже не змінюються у щурів експериментальних груп. Для того, щоб проаналізувати, які зміни відбуваються у структурах зорового аналізатора після впливу ударної хвилі ми розглянули будову окремих структур у щурів експериментальних груп. Аналізуючи перебудову зорової сенсорної системи можливо зробити висновок, що на макрорівні у відділах головного мозку, а саме в ділянках зорової системи, після впливу ударної хвилі не відбувається змін, які вирізняються великою строкатістю. Реакція на травму голови легкої тяжкості характеризує типові послідовні зміни для усіх ділянок головного мозку, у тому числі і зорових, тобто прояви гіперемії, які пов'язані більш з розширенням венозних судин, як компенсаторна реакція на ударну хвилю. Але досліджування на мікроскопічному рівні в експериментальних групах показало, що в зоровій корі потиличної частки в ділянці сімнадцять по Бродману відбуваються зміни у четвертому шарі шестишарової будови кори, відповідно хаотичному розташуванню зернистих клітин, які не характерні для цього шару в контрольній групі щурів. Спроби пов'язати характер змін на дні ока з локалізацією нейротравми не можуть вважатися переконливими, коли мова йде про травму легкого ступеня тяжкості, тому суворої залежності між ними встановити не вдалося. Однак було з'ясовано, що після впливу ударної хвилі з локалізацією на очне яблуко відіграє роль глибина і широкість поразки, у зв'язку з чим, зміни, хоча і незначні і нетипові, але мають прояви у зоровій ділянці потиличної частки на макроскопічному та мікроскопічному рівнях. Вищенаведені дані свідчать про надзвичайну складову проблеми травматичних та посттравматичних уражень структур центрів зорової сенсорної системи.

Ключові слова: сенсорна система, очне яблуко, сітківка, ударна хвиля, нейротравма, потилична кора, експеримент.

Зорова сенсорна система або, як запропонував І. П. Павлов, цю складну систему назвати «аналізатор», складаються з нервових закінчень рецепторного кола, провідного шляху та мозкових центрів, у тому числі кіркового центру [1]. Нині в Україні при бойових травмах голови дуже часто спостерігаються зміни з боку очного дна та головного мозку, що становить – 31,3% [2, 3]. За даними окремих дослідників спостерігається 46% випадків травм голови, які супроводжуються травмами очного яблука та відділів головного мозку [4]. Травматичні ураження відділів головного та спинного мозку належать до найбільш драма-

тичних травм людського організму, оскільки дають велику смертність, яка досягає при деяких формах ушкоджень 60-70% і, отже 20-40% потерпілих, стають інвалідами [5, 6]. Пошкодження центральної нервової системи в учасників бойових дій на Сході України посідають друге місце після кульових та осколкових поранень тулуба і кінцівок [7]. Тільки за рік у неврологічний стаціонар Військово-медичного клінічного центру Північного регіону надійшло 700 військовослужбовців із закритими черепно-мозковими травмами (ЗЧМТ), які зумовлені вибуховою хвилею. Частота ЗЧМТ на сьогодні становить 5-7 на 1000 тис. населення [8]. При

черепно-мозковій травмі часто спостерігаються на дні ока судинні розлади: розширення вен сітківки, звуження її артерій, гіперемія сосочків зорового нерва [9, 10]. Результати окремих досліджень довели, що ці зміни виявляються в ранні та пізні терміни після впливу нейротравми [11]. Офтальмоскопічна картина нерідко має важливе значення для діагностики ушкоджень мозку та їх прогнозу [12]. Тому вище приведені дані, надихнули нас, проаналізувати та дослідити всі можливі зміни, які трапляються на макроскопічному та мікроскопічному рівнях при ураженні центрів зорової сенсорної системи ударною хвилею.

Мета дослідження: встановити закономірності макро- та мікроскопічної перебудови структурних компонентів центрів зорового аналізатора в умовах експерименту.

Матеріал і методи. Всього в експерименті брало участь 63 щура, які були розподілені на контрольну та дві експериментальні групи – у гострий період (n=21) та ранній період (n=21). За час проведення роботи, внаслідок впливу ударної хвилі, ні одна тварина не загинула. В нашому експерименті ми дослідили вплив ударної хвилі за допомогою другої експериментальної моделі, але з доповненими особливостями, відповідно отриманому патенту України (Пат. 146858 Україна, МПК G09B23/28). Експерименти з лабораторними тваринами відповідали етичним вимогам Європейської конвенції з використання хребетних тварин для експериментів. Евтаназію тварин по за-

кінченні експерименту проводили введенням летальної дози тіопенталу натрію.

Результати дослідження та їх обговорення. Дослідження нашої праці було спрямоване на взаємозв'язки між величиною ока, як периферійної частини аналізатора, а далі, більш детально – будовою центральної частини останнього – потиличної частки головного мозку щура на макро- та мікроскопічному рівнях контрольної та експериментальних груп. Унаслідок дослідження ми визначили, що вага очного яблука щура важить у середньому 115 мг, а відношення ваги очного яблука к вазі мозку становить 16,1 (рис. 1 – А, Б). Після впливу ударної хвилі ці показники майже не змінюються у щурів експериментальних груп. Для того, щоб проаналізувати, які зміни відбуваються у структурах зорового аналізатора після впливу ударної хвилі ми розглянули будову окремих структур у щурів експериментальних груп. Зоровий аналізатор складається з очного яблука та його оболонок, а особливо з сітківки, в якій розташовані світлочутливі елементи, які сприймають зовнішнє специфічне подразнення (рис. 2 – А, Б); з нервового шляху, яке проводить нервові збудження у вигляді сформованого зорового нерва, який є відростками гангліозних клітин, який розташований в зоровій частині гіпоталамуса та продовжується до таламуса та метаталамуса і середнього мозку – ділянки, де розташовані підкіркові центри зорового аналізатора, які дуже добре візуалізуються (рис. 3 – А); з кіркового кінця зорового аналізатора, у потиличній корі в ділянці шпорної борозни, яка визначається як окрема ділянка сімнадцять (рис. 4 – Б).

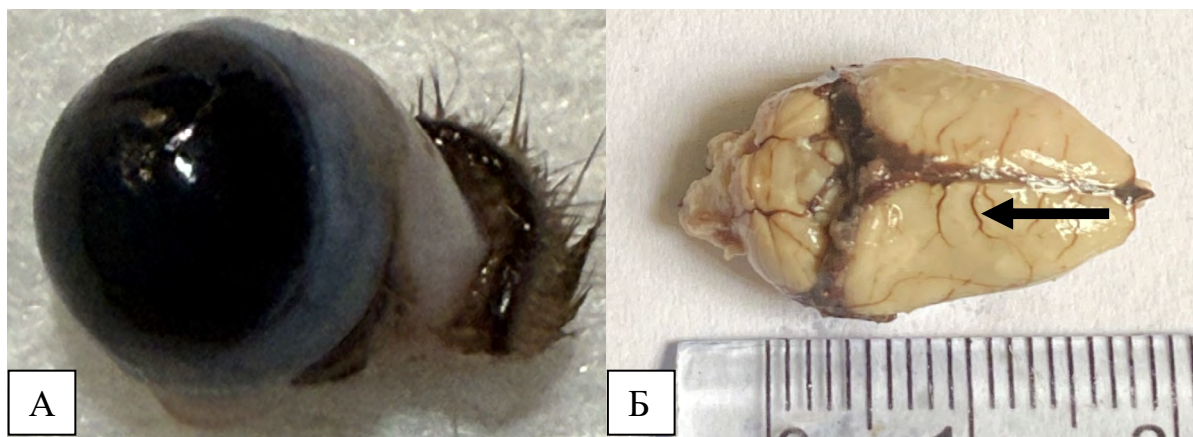


Рис. 1. Макропрепарат очного яблука (А) та кора великих півкуль (Б). Примітки: стрілкою вказано кора великих півкуль головного мозку щурів контрольної групи

Тому, у нашій роботі були з'ясовані особливості будови ділянки сімнадцять кори великих півкуль по Бродману. Ділянки Бродмана були уперше виявлені неврологом Корбініаном Бродманом і позначені від одного до п'ятдесяти двох. Ділянки центрів зорової системи складаються з двох відділів: первинна зорова кора, як

частина зорової кори, яка отримує сенсорні входивід таламуса була позначена за полем Бродмана під номером сімнадцять (17) і екстрастріарна кора, яка складається з зорових другої, третьої, четвертої і п'ятої ділянки, яка відповідає полям Бродмана вісімнадцять та дев'ятнадцять (18, 19) (рис. 4 – Б).

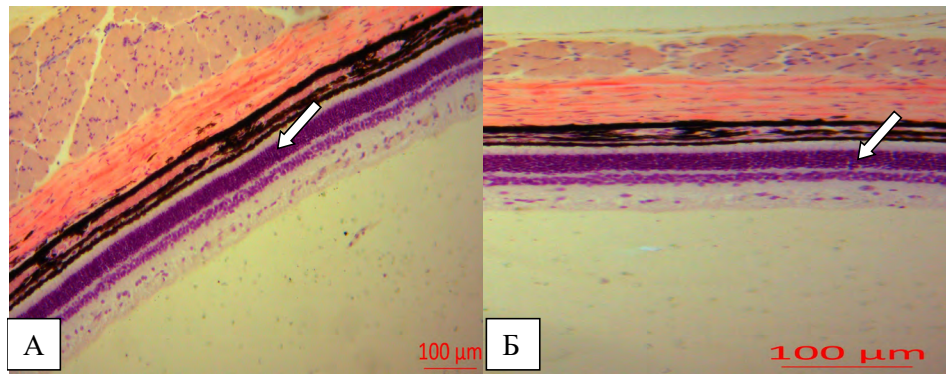


Рис. 2. Сітківка очного яблука щурів контрольної групи (А, Б). Примітки: забарвлення гематоксином та еозином; scale bar = 100 μ m. Стрілками вказаний третій шар сітківки – шар світлочутливих елементів

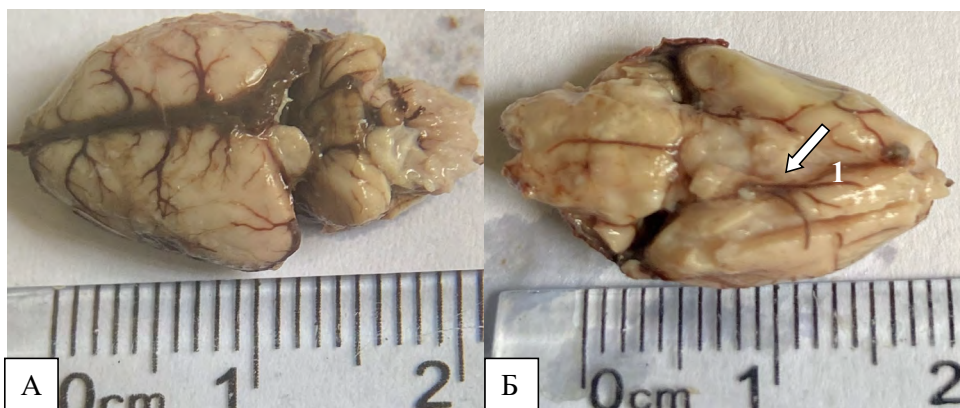


Рис. 3. Макропрепарат головного мозку щура контрольної групи, зверху (А) та знизу (Б) фронтальна проекція. Примітки: стрілкою вказано зоровий нерв гіпоталамічної ділянки проміжного мозку. 1 – pars optica (hypothalamus) та зоровий нерв (chiasma opticus)

Але поєднання підкіркових зорових центрів зі шпорною борозною відбуваються за допомогою пучків нервових волокон, які поєднують проміжний та середній відділи головного мозку з потиличною корою, під назвою пучка Граціоле, по нашим даним який є масивним пучком, який шириною до 0,15 см та товщиною до 0,4 мм. У зв'язку з розташуванням пучка Граціоле в сагітальній площині в ньому виділяють ребро зверху та знизу, медіальну та латеральну поверхні. Ребро зверху обмежено задніми щипцями мозолистого тіла, а знизу ребро обмежено нижнім поздовжнім пучком (рис. 4 – А, Б). Пучок Граціоле подібно муфті, охоплює зовнішню периферію заднього рогу і, відповідно, останньому, виявляється опуклим у фронтальної та горизонтальній площинах. Нервові волокна граціолева пучка ніколи не заходять за задньонижню периферію зорового бугра, його подушки, зовнішнього колінчастого тіла і верхнього бугра четверохолмія, а завжди він робить більш або менш значний вигін до переду та до низу. По виходу з зорового бугра, зовнішнього колінчастого тіла та четверохолмія Граціолев пучок топографічно зв'язаний з різними утвореннями мозку.

При дослідженні мікроструктури зорової ділянки кори великих півкуль потиличної частки було з'ясовано, що серед шести шарів, характерних для гістоструктури потиличної частки щурів контрольної групи, є окремі зміни, як наслідки після впливу ударної хвилі в шарах потиличної частки експериментальної щурів, які мають наступні відмінності: перший шар широкий та має поодинокі нервові клітини; другий шар складається з маленьких витягнутих кліток, густо розташованих групами, в окремих містах у вигляді ланцюжка (рис. 5 – А); для третього шару характерно більш рідкісне розташування клітин, за формою та величиною, які не мають відмінності від клітин другого шару; серед клітин четвертого шару переважають зернисті клітини, які мають форму близьку до ромбоподібних клітин з відростками, який у зорової корі набуває значного розвитку (рис. 5 – Б); п'ятий шар складається з двох підшарів: в першому підшарі клітини крупні, добре фарбуються, окремі з них мають пірамідні клітини, а у другому підшару п'ятого шару розташовані менш клітини, які менш інтенсивно пофарбовані, при чому вертикальна смугастість була відсутня.

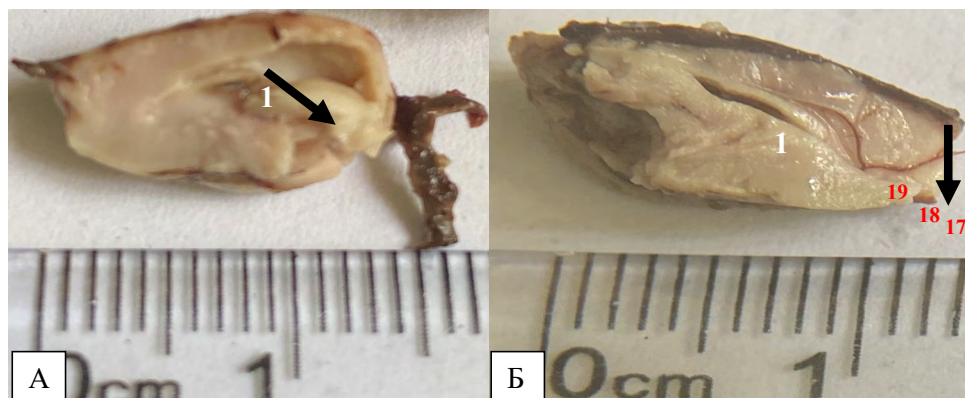


Рис. 4. Верхньолатеральна поверхня головного мозку щура контрольної групи (А, Б). Примітки: стрілками вказані *sulcus calcarinus dexter et sinister* (шпорна борозна) потиличної ділі головного мозку; 17, 18, 19 – поля Бродмана; 1 – мозолісте тіло

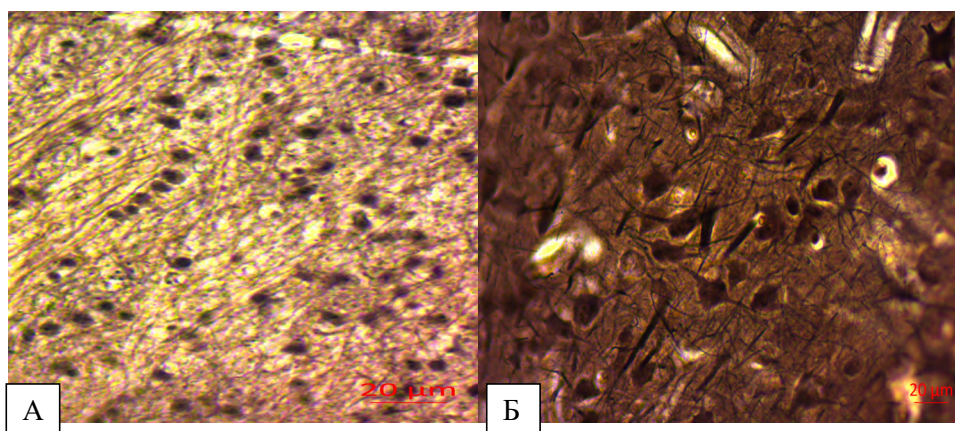


Рис. 5. Зріз кори головного мозку щура проєкції шпорної борозни контрольної групи. Примітки: препарат головного мозку щура scale bar = 20 µm. А – зовнішній шар зернистих клітин. Б – внутрішній шар зернистих клітин

Для всього поля характерна густота розташованих клітин у щурів контрольної групи (рис. 6 – А, Б).

Мікроскопічне дослідження зорової ділянки кори потиличної частки великих півкуль експериментальної групи щурів показало, що у дослідже-

них слабо виражені диференціація зернистих шарів і зокрема, четвертого шару, найбільш характерного для ділянки сімнадцяти ссавців контрольної групи.

Тобто зміни після впливу ударної хвилі зміни відбуваються у четвертому шарі кори потиличної ділянки головного мозку.

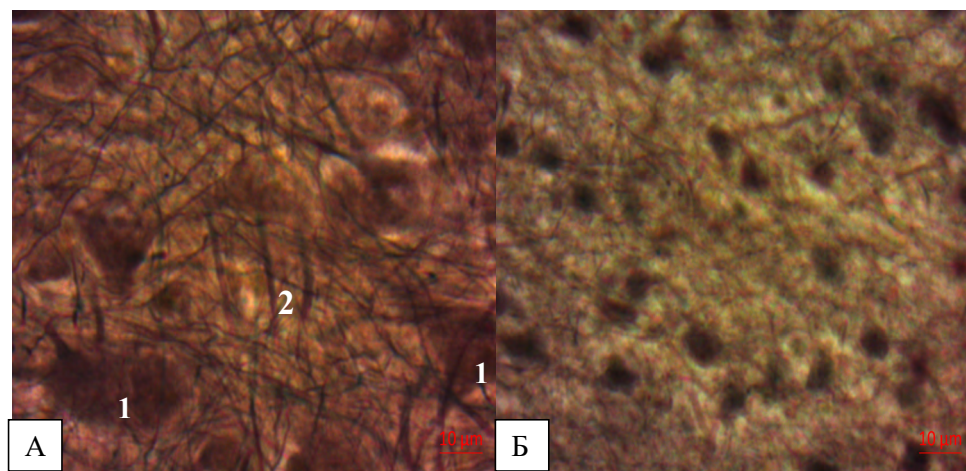


Рис. 6. Гістологічний зріз потиличної ділянки кори головного мозку щура. Примітки: забарвлення гематоксилином та еозином; scale bar = 10 µm. А – п'ятий шар з клітинами першого підшару, де 1 – нейрони, 2 – нервові волокна. Б – п'ятий шар з клітинами другого підшару

Зміни на клітинному рівні відповідають змінам на тканинному та органному рівнях порівняно з контр-

ольною групою, що ми і дослідили у нашій роботі на всіх рівнях організації (рис. 7 – А, Б; рис. 8 – А, Б).

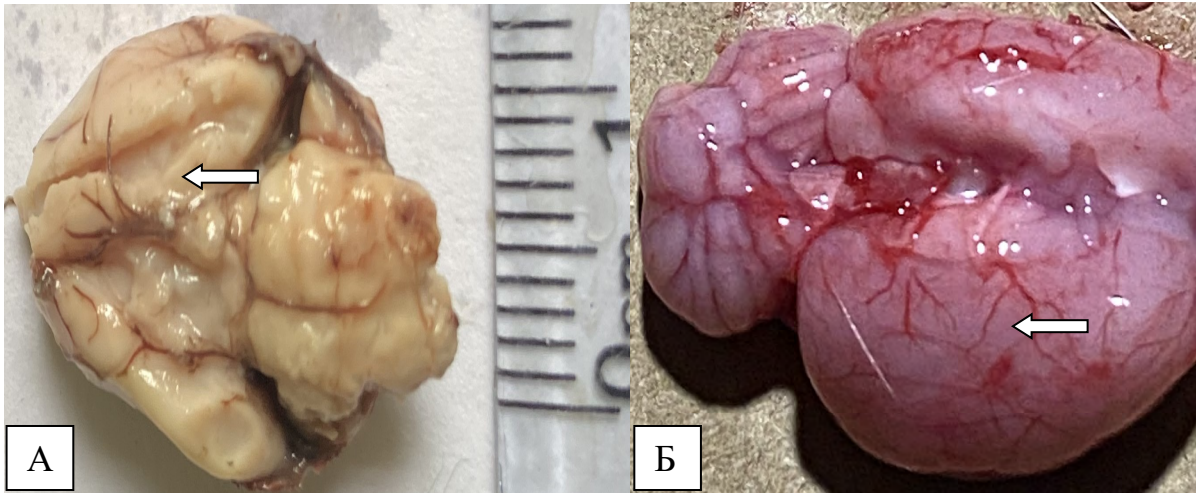


Рис. 7. Макропрепарат головного мозку щурів контрольної та експериментальної груп. Примітки: стрілкою вказано кора великих півкуль головного мозку щурів контрольної (А) та експериментальної (Б) груп (гострий період)

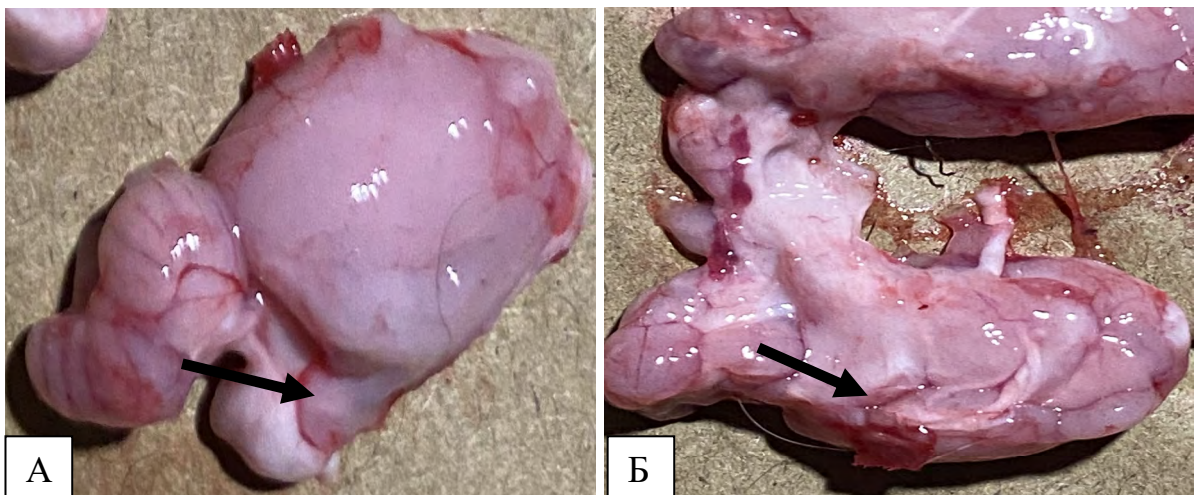


Рис. 8. Макропрепарат головного мозку щурів експериментальної групи після впливу ударної хвилі у ранній період. Примітки: стрілками вказані потиличні частки головного мозку групи експериментальних щурів у ранній період після впливу. А – вид зверху. Б – сагітальний зріз правої половини головного мозку

Висновки. 1. На макрорівні у відділах головного мозку, а саме в ділянках зорової системи, після впливу ударної хвилі не відбувається змін, які вирізняються великою строкатістю. Реакція на травму голови легкої тяжкості, характеризує типові послідовні зміни для усіх ділянок головного мозку, у тому числі і зорових, тобто прояви гіперемії, які пов'язані більш з розширенням венозних судин, як компенсаторна реакція на ударну хвилю. Але досліджування на мікроскопічному рівні в експериментальних групах показало, що в зоровій корі потиличної частки в ділянці сімнадцять по Бродману відбуваються зміни у четвертому шарі шестишарової будови кори, відповідно хаотичному розташуванню зернистих клітин, які не характерні для цього шару в контрольній групі щурів. 2. Спроби пов'язати характер

змін на дні ока з локалізацією черепно-мозкової травми не можуть вважатися переконливими, коли мова йде про травму легкої ступеня тяжкості, тому суворої залежності між ними встановити не вдалося. Однак було з'ясовано, що після впливу ударної хвилі з локалізацією на очне яблуку відіграє роль глибина і широкість поразки, у зв'язку з чим, зміни, хоча і незначні і нетипові, але мають прояви у зоровій ділянці потиличної частки на макроскопічному та мікроскопічному рівнях.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому належить виявити та досконало дослідити зміни на макроскопічному та мікроскопічному рівнях очного яблука та його оболонок після впливу ударної хвилі у різні терміни часу і з'ясувати можливий взаємозв'язок цих змін.

Список використаної літератури

1. Абдул-Огли ЛВ, Олійник КА. Сучасні уявлення та розуміння ударно-хвильового впливу на систему зорового аналізатора. *Перспективи та інновації науки*. 2024;11(45):1795-810. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-11(45)-1795-1810).
2. Petras JM, Bauman RA, Elsayed NM. Visual system degeneration induced by blast overpressure. *Toxicology*. 1997 Jul 25;121(1):41-9. doi: 10.1016/s0300-483x(97)03654-8.
3. Sencer A, Aras Y, Akcakaya MO, Goker B, Kiris T, Canbolat AT. Posterior fossa epidural hematomas in children: clinical experience with 40 cases. *J Neurosurg Pediatr*. 2012 Feb;9(2):139-43. doi: 10.3171/2011.11.PEDS11177.
4. Takeuchi S, Wada K, Takasato Y, Masaoka H, Hayakawa T, Yatsushige H, et al. Traumatic hematoma of the posterior fossa. *Acta Neurochir Suppl*. 2013;118:135-8. doi: 10.1007/978-3-7091-1434-6_24.
5. Allen RS, Motz CT, Feola A, Chesler KC, Haider R, Ramachandra Rao S, et al. Long-Term Functional and Structural Consequences of Primary Blast Overpressure to the Eye. *J Neurotrauma*. 2018 Sep 1;35(17):2104-16. doi: 10.1089/neu.2017.5394.
6. Gulsen S, Sonmez E, Yilmaz C, Altinors N. Traumatic acute subdural hematoma extending from the posterior cranial fossa to the cerebellopontine angle. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009 Sep;46(3):277-80. doi: 10.3340/jkns.2009.46.3.277.
7. Сірко АГ. Вогнепальні поранення черепа та головного мозку під час збройного конфлікту на сході України. Оптимізація надання медичної допомоги. *Укр. Нейрохірург. Журн*. 2015;3:11-6.
8. Коршняк ВО, Насібуллін БА. Сучасні погляди на механізми впливу вибухової хвилі на центральну нервову систему та формування неврологічної симптоматики. *Міжнародний неврологічний журнал*. 2016;6(84):139-42.
9. Zhu Y, Howard JT, Edsall PR, Morris RB, Lund BJ, Cleland JM. Blast Exposure Induces Ocular Functional Changes with Increasing Blast Over-pressures in a Rat Model. *Curr Eye Res*. 2019 Jul;44(7):770-80. doi: 10.1080/02713683.2019.1567791.
10. Choi JH, Greene WA, Johnson AJ, Chavko M, Cleland JM, McCarron RM, et al. Pathophysiology of blast-induced ocular trauma in rats after repeated exposure to low-level blast overpressure. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015 Apr;43(3):239-46. doi: 10.1111/ceo.12407.
11. Watson R, Gray W, Sponsel WE, Lund BJ, Glickman RD, Groth SL, et al. Simulations of Porcine Eye Exposure to Primary Blast Insult. *Transl Vis Sci Technol*. 2015 Aug 25;4(4):8. doi: 10.1167/tvst.4.4.8.
12. Thomas CN, Bernardo-Colón A, Courtie E, Essex G, Rex TS, Blanch RJ, et al. Effects of intravitreal injection of siRNA against caspase-2 on retinal and optic nerve degeneration in air blast induced ocular trauma. *Sci Rep*. 2021 Aug 19;11(1):16839. doi: 10.1038/s41598-021-96107-y.

References

1. Abdul-Ohly LV, Oliynyk KA. Suchasni uyavlennya ta rozuminnya udarno-khvyly'ovoho vplyvu na systemu zorovoho analizatora. *Perspektyvy ta innovatsiyi nauky*. 2024;11(45):1795-810. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-11(45)-1795-1810). [in Ukrainian].
2. Petras JM, Bauman RA, Elsayed NM. Visual system degeneration induced by blast overpressure. *Toxicology*. 1997 Jul 25;121(1):41-9. doi: 10.1016/s0300-483x(97)03654-8.
3. Sencer A, Aras Y, Akcakaya MO, Goker B, Kiris T, Canbolat AT. Posterior fossa epidural hematomas in children: clinical experience with 40 cases. *J Neurosurg Pediatr*. 2012 Feb;9(2):139-43. doi: 10.3171/2011.11.PEDS11177.
4. Takeuchi S, Wada K, Takasato Y, Masaoka H, Hayakawa T, Yatsushige H, et al. Traumatic hematoma of the posterior fossa. *Acta Neurochir Suppl*. 2013;118:135-8. doi: 10.1007/978-3-7091-1434-6_24.
5. Allen RS, Motz CT, Feola A, Chesler KC, Haider R, Ramachandra Rao S, et al. Long-Term Functional and Structural Consequences of Primary Blast Overpressure to the Eye. *J Neurotrauma*. 2018 Sep 1;35(17):2104-16. doi: 10.1089/neu.2017.5394.
6. Gulsen S, Sonmez E, Yilmaz C, Altinors N. Traumatic acute subdural hematoma extending from the posterior cranial fossa to the cerebellopontine angle. *J Korean Neurosurg Soc*. 2009 Sep;46(3):277-80. doi: 10.3340/jkns.2009.46.3.277.
7. Sirko AH. Vohnepal'ni poranennya cherepa ta holovnoho mozku pid chas zbroynoho konfliktu na skhodi Ukrayiny. *Optymizatsiya nadannya medychnoyi dopomohy*. *Ukr. Neyrokhirurh. Zhurn*. 2015;3:11-6. [in Ukrainian].

8. Korshnyak VO, Nasibullin BA. Suchasni pohlyady na mekhanizmy vplyvu vybukhovoyi khvyli na tsentral'nu nervovu systemu ta formuvannya nevrolohichnoyi symptomatyky. *Mizhnarodnyy nevrolohichnyy zhurnal*. 2016 ;6(84):139-42. [in Ukrainian].
9. Zhu Y, Howard JT, Edsall PR, Morris RB, Lund BJ, Cleland JM. Blast Exposure Induces Ocular Functional Changes with Increasing Blast Over-pressures in a Rat Model. *Curr Eye Res*. 2019 Jul;44(7):770-80. doi: 10.1080/02713683.2019.1567791.
10. Choi JH, Greene WA, Johnson AJ, Chavko M, Cleland JM, McCarron RM, et al. Pathophysiology of blast-induced ocular trauma in rats after repeated exposure to low-level blast overpressure. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015 Apr;43(3):239-46. doi: 10.1111/ceo.12407.
11. Watson R, Gray W, Sponsel WE, Lund BJ, Glickman RD, Groth SL, et al. Simulations of Porcine Eye Exposure to Primary Blast Insult. *Transl Vis Sci Technol*. 2015 Aug 25;4(4):8. doi: 10.1167/tvst.4.4.8.
12. Thomas CN, Bernardo-Colón A, Courtie E, Essex G, Rex TS, Blanch RJ, et al. Effects of intravitreal injection of siRNA against caspase-2 on retinal and optic nerve degeneration in air blast induced ocular trauma. *Sci Rep*. 2021 Aug 19;11(1):16839. doi: 10.1038/s41598-021-96107-y.

LAWFULNESS OF MACROSCOPIC RESTRUCTURING OF THE CENTERS OF THE VISUAL SENSORY SYSTEM IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

Abstract. Damage to the central nervous system in combatants in Eastern Ukraine ranks second after bullet and shrapnel wounds of the torso and limbs. The study of our work was aimed at establishing the patterns of macroscopic and microscopic restructuring of the structural components of the centers of the visual analyzer in experimental conditions. First, we investigated the relationships between the size of the eye, as a peripheral part of the analyzer, and the weight of the rat brain. Then, we studied the structure of the cortical center of the latter – the area of the Brodmann field of the occipital lobe of the rat brain in the control and experimental groups. As a result of the study, we determined that the weight of the rat eyeball weighs an average of 115 milligrams, and the ratio of the weight of the eyeball to the weight of the brain is 16.1. After the impact of the shock wave, these indicators almost do not change in rats of the experimental groups. In order to analyze what changes occur in the structures of the visual analyzer after the impact of the shock wave, we examined the structure of individual structures in rats of the experimental groups. Analyzing the restructuring of the visual sensory system, it is possible to conclude that at the macrolevel of the brain sections after the impact of the shock wave, there are no changes that are distinguished by great variegation, characteristic and typical changes specifically in the areas of the visual system, and the reaction to a mild head injury is characterized by typical sequential changes for all areas of the brain, which outwardly have primarily manifestations of hyperemia, which is more associated with the expansion of venous vessels of individual areas of the brain. But microscopic studies in the experimental groups showed that in the visual cortex of the occipital lobe in Brodmann area seventeen, changes occur in the fourth layer of the six-layer structure of the cortex, which are characteristic of the rats of the experimental groups, according to the chaotic arrangement of granular cells, which is not characteristic of this layer in the rats of the control group. Attempts to link the nature of the changes in the fundus of the eye with the localization of neurotrauma cannot be considered convincing when it comes to mild trauma, therefore a strict relationship between them could not be established. However, it was found that the role is played not so much by the localization of the lesion, but by the depth and breadth of the lesion, which gradually, albeit insignificant, changes in the occipital lobe, which after the impact of the shock wave had manifestations at the macroscopic and microscopic levels. The above data indicate an extraordinary component of the problem of traumatic and post-traumatic lesions of the structures of the visual areas of the occipital cortex, relative to the spur sulcus, where the cortical end of the visual analyzer is located.

Key words: sensory system, eyeball, retina, shock wave, neurotrauma, occipital cortex, experiment.

Відомості про авторів:

Абдул-Огли Лариса Володимирівна – доктор медичних наук, професор, професор кафедри фізіології Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6942-2397>;

Олійник Катерина Анатоліївна – аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4874-5741>;

Кошарний Дмитро Володимир – учень комунального закладу освіти «Науковий медичний ліцей «Дніпро» Дніпропетровської обласної ради», м. Дніпро;

Рутгайзер Вікторія Георгіївна – доктор медичних наук, доцент, доцент кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-8253>;

Кошарний Володимир Віталійович – доктор медичних наук, професор кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро, ORCID ID: <https://orcid.org/0000000278153950>.

Information about the authors:

Abdul-Ogly Larysa V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physiology of the Dnipro State Medical University, Dnipro, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6942-2397>;

Oliinyk Kateryna A. – Graduate student of the Department of Human Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery of the Dnipro State Medical University, Dnipro, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-4874-5741>;

Kosharny Dmytro V. – student municipal educational institution «Scientific Medical Lyceum «Dnipro» of the Dnipropetrovsk Regional Council», Dnipro;

Rutgayzer Viktoria G. – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Human Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery of the Dnipro State Medical University, Dnipro, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-8253>;

Kosharnyi Volodymyr V. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Human Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery, Dnipro State Medical University, Dnipro, ORCID ID: <https://orcid.org/0000000278153950>.

Надійшла 04.08.2025 р.