

УДК 612.84:616-001.31-007.23-092.9:534.222.2
DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55

Л. В. Абдул-Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний

*Кафедра анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії (в.о.зав. – проф. В. В. Кошарний)
Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро*

СТРУКТУРНА БУДОВА ЧЕРЕПА, ОЧНОЇ ЯМКИ ТА ОРГАНУ ЗОРУ ЩУРА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Резюме. Досконале вивчення будови черепа є важливим для розуміння патогенезу різних посттравматичних змін. Попри значну кількість досліджень, досі існує потреба в систематизованому аналізі посттравматичних змін в черепі на етапах, що імовірно пов'язано зі складністю очної ямки і структур, розташованих в цієї ділянки та близькістю до головного мозку та обмеженим доступом для вивчення. Череп у середньому становить 11% від загальної маси тулуба щура та має відмінні особливості у щурів: сильно витягнутий, а виличні дуги розставлені не широко. Вага черепа щура контрольної групи становила $4,37 \pm 0,73$ грам, а вага черепа по відношенню до загальної маси скелету у цілому – $14,97 \pm 0,91\%$. У експериментальних групах ці розміри черепа майже не вирізнялись. Очна ямка (отвір у щура) складається з кісток черепа, які формують цей отвір, м'язів, жирових тканин та інших структур, які заповнюють цю ділянку, захищає очне яблуко та його навколо розташовані очні структури і має форму чотирибачної піраміди з закругленими контурами. Глибина очної ямки становить до 5,0 см, ширина її входу до 4,0 см та висота – 3,5 см, а об'єм становить $30,0 \text{ см}^3$. Для розуміння патоморфологічних змін, які відбуваються після впливу ударної хвилі потребують більш ретельного вивчення черепа та аналізу краніологічних структур та кісток, які формують очну ямку. Тому, у роботі проаналізовано сучасні уявлення про вплив ударної хвилі на структури черепа, екстраполюючи в умови бойових дій. Серед усіх ушкоджень більш характерна для очного яблука формування гідростатичного шоку та проходження хвиль через очні ямки черепа. Тому природно, що у зв'язку з цим, з однією сторони, військові офтальмологи повинні мати звісний рівень знань та навичок у справі етапного лікування загально хірургічних пораненнях органу зору, а з іншої сторони, повинні мати знання у посттравматичних ураженнях краніального відділу інтракраніальних структур. За відсутності видимих уражень черепа, завжди страждає периферійний відділ зорового аналізатору – очне яблуко та його оболонки, які розташовані більш екстракраніально та і центральний відділ – потилична частка, для якої захисну функцію виконує потилична кістка, яка після впливу поверхневої ударної хвилі теж була не пошкоджена. Тому ми зробити висновок, що ураження підкіркових та кіркових центрів зорового аналізатору, які ми дослідили раніше, відбуваються завдяки поверхневій ударної хвилі, вплив якої у даному дослідженні не супроводжується ураженням кісток черепа.

Ключові слова: очне яблуко, очна ямка, очний отвір, орбіта, череп, ударна хвиля, експеримент.

Під час бойових дій ударна хвиля є основною причиною поранень і пошкоджень голови та шиї, окремо ділянок лицевої частини черепа та головного мозку. При травмах черепа можуть спостерігатися різні чутливі та трофічні розлади з боку органу зору. Частіше це паралічі та парези, які пов'язані з поширенням переломів і тріщин кісток черепа [1, 2]. Але поряд з такими розладами при травмах черепа можуть мати місце внутрішньочерепні ураження відповідних нервових стовбурів і ядер: паралічі зовнішніх м'язів очей, порушення асоційованих рухів, паралітичний птоз і лагофталм, зіничні розлади [3]. Основною при-

чиною їх є переломи основи черепа та окремих кісток і крововиливи в речовину головного мозку, які супроводжуються різними клінічними симптомами. Так, одностороннє розширення зіниці за відсутністю реакції на світло після травми черепа розглядається як важливий симптом наростаючого здавлення мозку, що вказує на бік ураження. За станом зіниць у таких поранених необхідно систематично і ретельно спостерігати, щоб не пропустити появи цього симптому, слід уникати у разі застосування мідріатичних засобів [4]. Важливо, що стійкі зіничні порушення при травмах черепа давністю більше 20-30 днів змушують припусти-

ти значне ураження головного мозку. Відрізнити параліч очних м'язів базального походження від паралічів очної локалізації можна тільки за супутніми симптомами. На очні походження паралічу вказують наявні іноді явні ознаки пошкодження очей – екзофтальм, енофтальм, офтальмоскопічні зміни [5, 6]. На користь базального характеру паралічів м'язів очей може свідчити наявність одночасного одностороннього ураження ряду черепно-мозкових нервів. При пораненнях та тупих травмах черепа можуть іноді мати місце різні розлади чутливості, трофіки та гіпоксичного стресу на ґрунті ушкодження трійчастого нерва. Вони носять характер гіперстезій, гіпостезій, анестезій або парестезій шкіри повік, кон'юнктиви і рогівки; збочень кон'юнктивального та корнеального рефлексів і можливого розвитку невропаралітичного кератиту [7, 8]. Тому, для розуміння структурної перебудови, яка відбувається після впливу ударної хвилі у зоровій системі, потрібно більш ретельне вивчення та аналіз не тільки структур сенсорної системи, а і черепа та особливо кісток, які формують очну ямку, де розташоване очне яблуко та кісток, які мають захисну функцію для потиличної частки головного мозку. Нині відомо, що череп є однією з найскладніше організованих кісткових структур, а його розвиток має тісний зв'язок із формуванням прилеглих органів та утворень, включаючи головний мозок, у зв'язку з чим, вивчення будови черепа є важливим для розуміння патогенезу різних посттравматичних змін. Попри значну кількість досліджень, досі існує потреба в систематизованому аналізі посттравматичних змін в черепі на етапах, що імовірно пов'язано зі складністю очної ямки і структур, розташованих в цієї ділянки та близькістю до головного мозку та обмеженим доступом для вивчення. [9]. Відомо, що скелет щура складається у середньому з 275 кісток, які мають у складі 50% – води, 28% – органічні речовини, та 22% – неорганічні речовин. Важливо проаналізувати не тільки будову кісток та розміри отворів, їх форму та розташування, але і можливі наслідки вибухової травми на цілісність окремих ділянок та черепа у цілому. Тому, для досягнення цієї мети, ми дослідили будову черепа щура в експериментальних групах порівняно з контрольною після впливу поверхневої ударної хвилі.

Мета дослідження: встановлення особливостей будови черепа, очної ямки та органу зору щура контрольної та чотири експериментальні групи після впливу ударної хвилі у різні періоди часу.

Матеріал і методи. Всього в експерименті брало участь 15 щурів та їхні черепа, які були роз-

поділені на контрольну та експериментальні групи (по 3 в кожній). За час проведення роботи, внаслідок впливу ударної хвилі, ні одна тварина не загинула, але у зв'язку з гострим експериментом відбувалось виведення щура з експерименту за допомогою вівісекції. У нашому експерименті ми дослідили вплив ударної хвилі на краніальний відділ щура за допомогою другої експериментальної моделі, але з доповненими особливостями, відповідно отриманому патенту України (Пат. 146858 Україна, МПК G09B23/28) та порівняно з контрольною групою.

Результат дослідження та їх обговорення.

У нашому дослідженні ми проаналізували та дослідили краніальний відділ щура у різні періоди часу після впливу поверхневої ударної хвилі. Було з'ясовано, що череп у середньому становить 11% від загальної маси тулуба щура та має відмінні особливості у щурів: сильно витягнутий, а виличні дуги розставлені не широко. При візуальному обстеженні в ньому виділяють передню та задню частини, де ширша задня частина – мозкова, звужується в ділянці очних ямок і знову розширюється попереду останніх, де починається лицева частина черепа, до якої належить також нижня щелепа. На верхній поверхні черепа спереду лежать парні міжщелепна і носова кістки, що оточують зовнішній отвір – *foramen infraorbitale* (рис. 1 – А, Б). Ззаду носові кістки межують із лобовими, а міжщелепні – верхньощелепними кістками. У переднього краю верхньощелепних кісток утворюється великий підочномковий отвір – через який проходять нерви та судини. Очна ямка (отвір у щура) складається з кісток черепа, які формують цей отвір, м'язів, жирових тканин та інших структур, які заповнюють цю ділянку. Глибина очної ямки становить до 5,0 см, ширина її входу до 4,0 см та висота – 3,5 см, а об'єм становить 30,0 см³. Очна ямка є кістковою порожниною, що захищає очне яблуко та його навколо розташовані очні структури і вона має форму чотирибічної піраміди з закругленими контурами. Кісткові складові очної ямки щура наступні: верхню стінку утворює лобна кістка; присередню – верхня щелепа, решітчаста кістка, клиноподібна кістка; передню – зубна кістка; задню – клиноподібна кістка; нижню – зубна кістка; бічну – слизова кістка. Основні структури, які розташовані в очній ямці щура: очне яблуко – головний орган зору; очні м'язи: забезпечують рух очного яблука; очні нерви: передають сигнали зі зорових рецепторів до мозку; очні судини: забезпечують кровопостачання очного яблука та прилеглих структур; жирова тканина: захищає та підтримує органи.

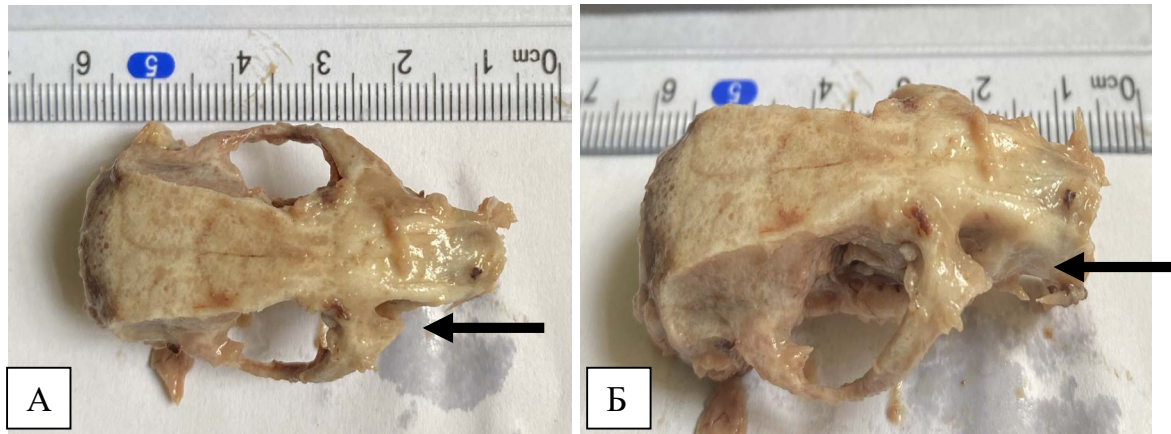


Рис. 1. Череп щура зверху.

Примітки: стрілками вказані foramen infraorbitalea. А, Б – контрольна група

Сльозова залоза, яка має назву Гардерова, розташована у внутрішньому куті очної орбіти, має подібну функцію слізної залози, продукує у щурів ліпіди, мелатонін, порфірін, має фотопротекторну дію, джерело феромонів та виробляє сльози, які звожують око. Вона уперше була описана у 1694 році швейцарським анатомом Іоганом Якобом Гардером у оленів. Нами були описані особливості очної ямки, яка забезпечує захист очного яблука та допомагає забезпечувати

правильне функціонування органів зору. Ці особливості полягають у зміні її розміру та форми очної ямки в щура, що змінюються залежно від розміру щура (рис. 2 – А). Після впливу поверхневої ударної хвилі на структури очного яблука ми спостерігали посттравматичні зміни на протязі усіх відділів зорового аналізатору, а в одному окремому випадку, ці порушення стосувались і структур черепа у ділянці виличної дуги у гострий період після експерименту (рис. 2 – Б).

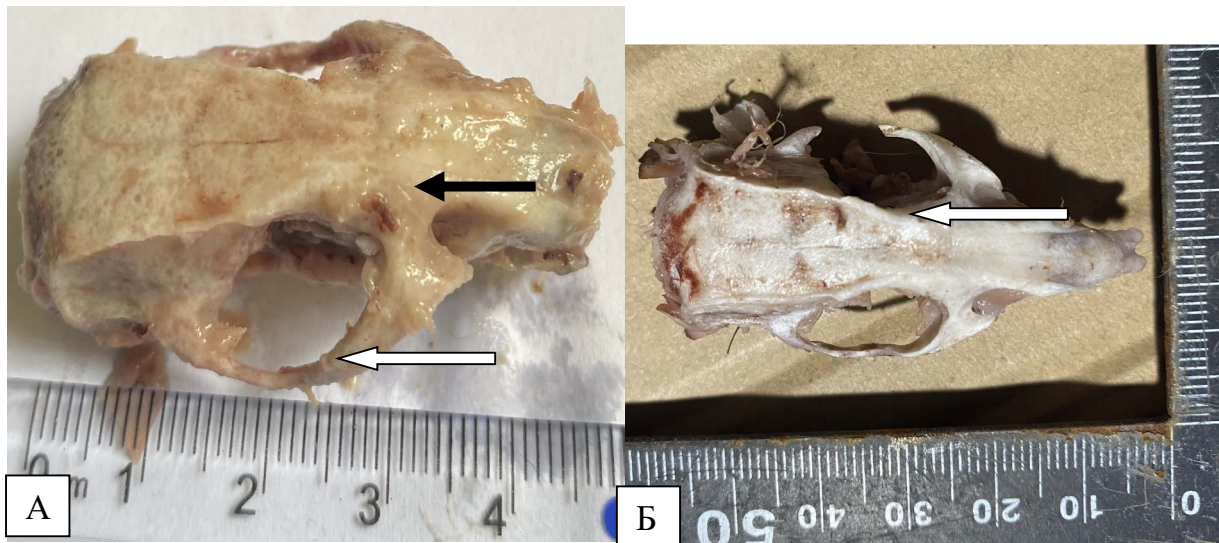


Рис. 2. Череп щура зверху.

Примітки: білими стрілками вказані очні отвори, чорною стрілкою вказана орієнтовно межа між мозковою та лицевою частиною черепа щура. А – контрольна група. Б – експериментальна група

Тому ми провели аналіз краніометричних параметрів стосовно структур очної ямки і навколо розташованих кісток черепа щура. Дослідження нашої праці було спрямоване на взаємозв'язки між величиною ока, як периферійної частини аналізатора та очної ямки за допомогою краніометричного методу дослідження (рис. 3 – А, Б). Додаткове збільшення ока у щурів на протязі від народження до прозріван-

ня складає 47%; а далі, на протязі життя, на 54%, яке досягає у середньому 112-115 мг, а екватор перетину ока при цьому 4,8-4,9 мм, при середньої маси тіла – 200,0 г (рис. 4 – А, Б). Вага черепа щура контрольної групи становила $4,37 \pm 0,73$ г, а вага черепа по відношенню до загальної маси скелету у цілому – $14,97 \pm 0,91\%$ (рис. 5 – А, Б). У експериментальних групах ці вагові показники майже не змінювались.

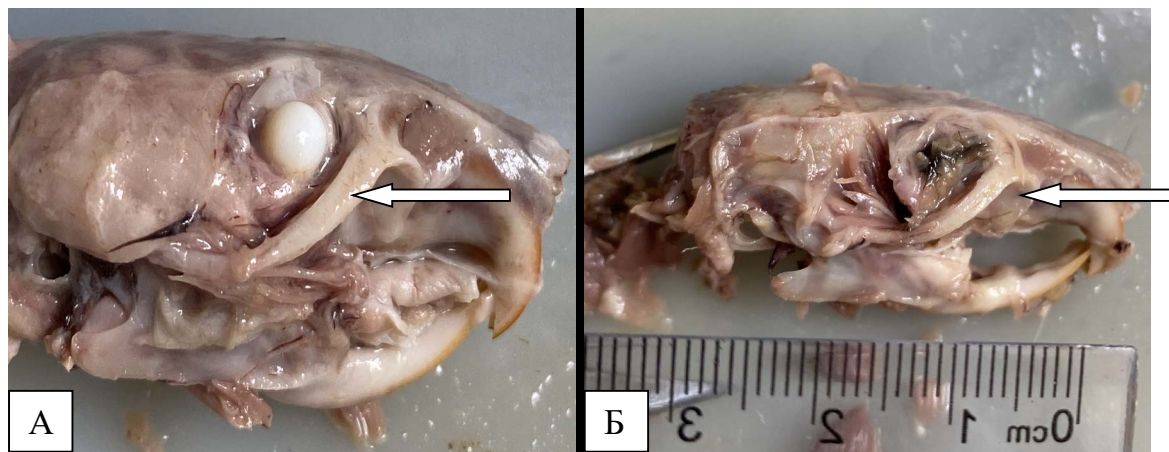


Рис. 3. Череп щура з бічної сторони, справа.

Примітки: стрілкою вказано очне яблуко зліва (bulbus oculi sinister) у щура контрольної групи (А) та проєкція Гайдєрової залози. Б – орбіта щура контрольної групи після екстирпації очного яблука

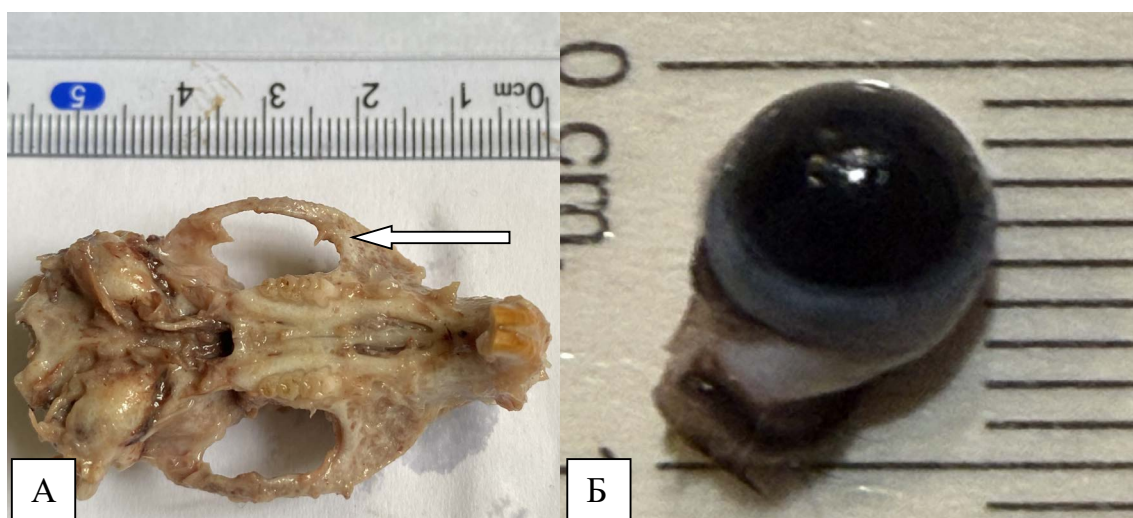


Рис. 4. Череп та очне яблуко щура контрольної групи.

Примітки: стрілкою вказано проєкція очного яблука зліва (foramen bulbi oculi sinister) – вид зверху (А). Б – очне яблуко щура контрольної групи

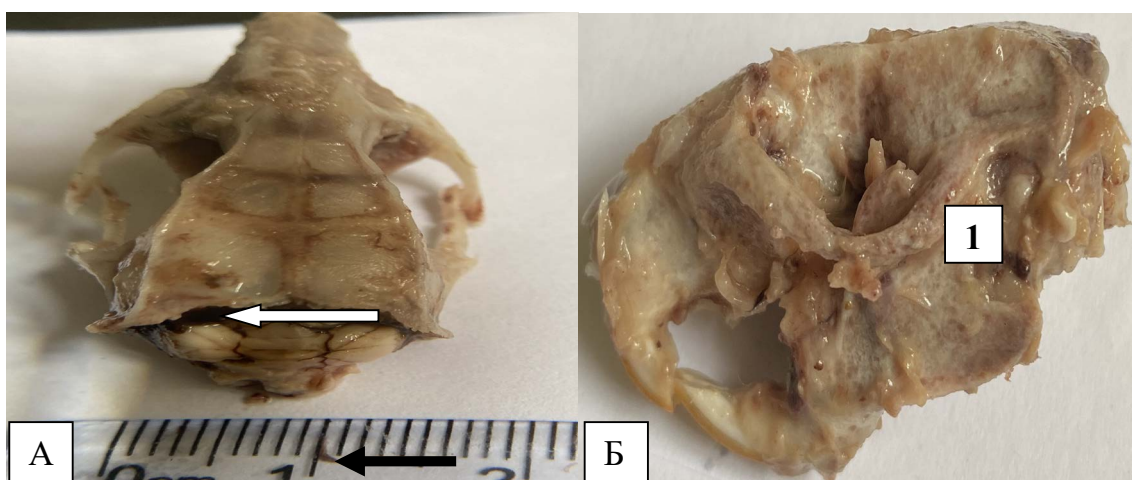


Рис. 5. Череп щура контрольної групи зверху та збоку у сагітальному розрізі.

Примітки: білою стрілкою вказано ширину міжочного проміжку (А). Б – орбіта щура та зоровий нерв (1); чорної стрілкою вказано потилична доля головного мозку контрольної групи

Висновок. Отже, аналізуючи усі результати посттравматичних змін структур черепа можливо зробити висновок, що череп щурів достатньо міцний, особливо, коли відбувається вплив ударної хвилі легкого ступеня, але у одному випадку все ж виявилось ураження цілісності виличної дуги, яка є більш крихка, але це було виключенням ніж закономірністю. Але, попри, за відсутності видимих уражень черепа, завжди, у першу чергу страждає периферійний його відділ – очне яблуко та його оболонки, які розташовані більш екстракраніально в яких відбуваються посттравматичні зміни. У другу чергу, що цікаво, страждає і центральний від-

діл – потилична частка, для якої захисну функцію виконує потилична кістка, яка після впливу поверхневої ударної хвилі не уражена. Тому ми зробити висновок, що ураження підкіркових та кіркових центрів зорового аналізатору, які ми дослідили раніше, відбуваються завдяки поверхневій ударної хвилі, вплив якої у даному дослідженні не супроводжується ураженням кісток черепа.

Перспективи подальших досліджень. У подальшому належить виявити та досконало дослідити мікроскопічні зміни в оболонках очного яблука щура та посттравматичні зміни гістоструктур органу зору після впливу ударно-хвильового впливу.

Список використаної літератури

1. Данчин АО, Поліщук МЄ, Данчин ГО, Гончарук ОМ, Перекопайко ЮМ. Організація надання кваліфікованої та спеціалізованої медичної допомоги при вогнепальних пораненнях м'яких тканин склепіння черепа. *Укр. нейрохірург. журн.* 2016;3:33-8.
2. Сірко А Г, Дзяк ЛА. Бойові вогнепальні черепно-мозкові поранення. Київ: ТОВ «Пергам»; 2017. 280 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Oshitari T. Neurovascular Impairment and Therapeutic Strategies in Diabetic Retinopathy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Dec 31;19(1):439. doi: 10.3390/ijerph19010439.
8. 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.
9. Слободян ОМ, Латинський МЕ, Лаврів ЛПІ. Морфогенез утворень зовнішньої основи черепа. В: Твердохліб ІВ, редактор. Матеріали Дев'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Теорія та практика сучасної морфології; 2025 лист. 6-7; Дніпро. Дніпро: ДДМУ; 2025, с. 174.

References

1. Danchyn AO, Polishchuk MYE, Danchyn HO, Honcharuk OM, Perekopayko Yu M. Orhanizatsiya nadannya kvalifikovanoyi ta spetsializovanoyi medychnoyi dopomohy pry vohnepal'nykh poranennyakh m'yakyykh tkanyn sklepinnya cherepa. *Ukr. neyrokhirurh. zhurn.* 2016;3:33-8. [in Ukrainian].
2. Sirko A H, Dzyak LA. Boyovi vohnepal'ni cherepno – mozkovy poranennya. Kyuyiv: TOV «Perham»; 2017. 280 s. [in Ukrainian].
3. 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.
4. 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.
5. 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.

6. 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.
7. Oshitari T. Neurovascular Impairment and Therapeutic Strategies in Diabetic Retinopathy. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 Dec 31;19(1):439. doi: 10.3390/ijerph19010439.
8. 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.
9. Slobodyan OM, Latyns'kyi ME, Lavriv LP. Morfohenez utvoren' zovnishn'oyi osnovy cherepa. V: *Tverdokhlib IV, redaktor. Materialy Dev'yatoyi Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z mizhnarodnoyu uchastyu. Teoriya ta praktyka suchasnoyi morfolohiyi; 2025 lyst. 6-7; Dnipro. Dnipro: DDMU; 2025, s. 174. [in Ukrainian].*

STRUCTURAL STRUCTURE OF THE SKULL, OCCUPATIONAL SLOT AND VISUAL ORGAN OF THE RAT IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

Abstract. A thorough study of the structure of the skull is important for understanding the pathogenesis of various post-traumatic changes. Despite a significant number of studies, there is still a need for a systematic analysis of post-traumatic changes in the skull at stages, which is probably due to the complexity of the orbital cavity and structures located in this area and its proximity to the brain and limited access for study. The skull on average constitutes 11% of the total body mass of the rat and has distinctive features in rats: it is strongly elongated, and the zygomatic arches are not widely spaced. The weight of the skull of the rat of the control group was 4.37 ± 0.73 grams, and the weight of the skull in relation to the total mass of the skeleton as a whole was $14.97 \pm 0.91\%$. In the experimental groups, these skull dimensions were almost the same. The orbital fossa (the hole in the rat) consists of the bones of the skull that form this hole, muscles, fatty tissue and other structures that fill this area, protects the eyeball and the ocular structures located around it and has the shape of a four-sided pyramid with rounded edges. The depth of the orbital fossa is up to 5.0 cm, the width of its entrance is up to 4.0 cm and the height is 3.5 cm, and the volume is 30.0 cm^3 . To understand the pathomorphological changes that occur after the impact of the shock wave, a more thorough study of the skull and analysis of the cranial structures and bones that form the orbital fossa are required. Therefore, the paper analyzes modern ideas about the impact of the shock wave on the structures of the skull, extrapolating to the conditions of combat operations. Among all the injuries, the formation of hydrostatic shock and the passage of waves through the orbital fossa of the skull are more characteristic of the eyeball. Therefore, it is natural that in this regard, on the one hand, military ophthalmologists must have a certain level of knowledge and skills in the staged treatment of general surgical injuries of the organ of vision, and on the other hand, they must have knowledge in post-traumatic lesions of the cranial department of intracranial structures. In the absence of visible lesions of the skull, the peripheral department of the visual analyzer suffers – the eyeball and its shells, which are located more extracranially, and the central department – the occipital lobe, for which the protective function is performed by the occipital bone, which after the impact of the surface shock wave was also not affected. Therefore, we conclude that the damage to the subcortical and cortical centers of the visual analyzer, which we investigated earlier, occurs due to the surface shock wave, the effect of which in this study is not accompanied by damage to the bones of the skull.

Key words: eyeball, eye socket, eye opening, orbit, skull, shock wave, 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/0000-0002-6942-2397AB>;

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 Володимир Віталійович – доктор медичних наук, професор, в.о. завідувача кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Дніпровського державного медичного університету, м. Дніпро, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-3950>.

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/0000-0002-6942-2397AB>;

Oliinyk Kateryna A. – Postgraduate 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>;

Kosharnyi Volodymyr V. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Human Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery, Dnipro State Medical University, Dnipro, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7815-3950>.

Надійшла 27.10.2025 р.