

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ОЛІЙНИК КАТЕРИНА АНАТОЛІЇВНА

УДК 612.84:616-001.31-007.23 -092.9:534.222.2

ДИСЕРТАЦІЯ
РЕМОДЕЛЮВАННЯ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРА ПІСЛЯ УДАРНО-
ХВИЛЬОВОГО ВПЛИВУ

22 - охорона здоров'я

222– медицина

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Катерина ОЛІЙНИК

Науковий керівник: Абдул – Огли Лариса Володимирівна, доктор медичних наук, професор.

Дніпро – 2026

АНОТАЦІЯ

Олійник К. А., Ремодельовання зорового аналізатора після ударно - хвильового впливу. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 222 «Медицина». –Дніпровський державний медичний університет, Дніпро, 2026.

У зв'язку з появою вибухової зброї у теперішній час в нашої країні частота ураження очного яблука та його оболонок, на жаль, дуже зросла. Залежно від характеру впливу ударної хвилі, сили і місця її застосування можуть наступити різного роду пошкодження не тільки органу зору та її складових, а і зорової ділянки потиличної долі кори головного мозку. Тому у нашої роботі ми спробували дослідити, пояснити та проаналізувати ті наслідки, які відбуваються у структурах периферичного і центрального відділів зорового аналізатору у різні терміни після дії повітряної ударної хвилі в умовах бойових дій для того, щоб покращити швидкість діагностики та лікування цих наслідків, тому, що зір є провідним сенсорним каналом людини і збереження функціональної активності структур зорового аналізатору набуває найважливішого соціального та медичного значення.

Периферичний відділ зорового аналізатору – очне яблуко та його оболонки, не лише сприймають зображення зовнішнього світу, але завдяки сітківці - оболонки, яка є складною нейросенсорною тканиною, перетворюють електромагнітні коливання світла на нервові імпульси, які, що дуже важливо, передають в зорові центри головного мозку, де формується усвідомлена картина навколишньої дійсності. Але все це руйнується і практично не репарується після впливу повітряної ударної хвилі. Пошкодження сітківки та її клітин часто незворотні, що призводить до стійкого зниження або повної втрати зору. Тому, для діагностування, надання невідкладної допомоги, своєчасного лікування, військові офтальмологи та нейрохірурги повинні бути професійними та розуміти всі ті специфічні зміни,

які відбуваються в структурах зорового аналізатору, в умовах бойової вибухової травми, поширеність якої, у теперішній час, зростає. Повітряна ударна хвиля середньої ступеня тяжкості суттєво впливає не тільки на сам орган зору, який характеризується багаторівневою організацією та високою вразливістю, а і на структури зорових ділянок потиличної кори головного мозку на мікроскопічному та ультрамікроскопічному рівнях. Тому, актуальність вивчення уражень структур зорового аналізатору - очного яблука та його оболонок, а також потиличної долі головного мозку після впливу повітряної ударної хвилі обґрунтовує цінність цього дослідження. Враховуючи недостатню кількість даних про ремоделюючі морфологічні особливості усіх компонентів зорового аналізатору, які виникають після впливу повітряної ударної хвилі, ця тема є актуальною і потребує більш глибокого вивчення. Результати роботи можуть бути використані для подальшого дослідження органу зору відносно ремоделюючих змін як самого органу ока в різні чотири періоди часу - гострий, ранній, пізній та віддалений, так і структурних компонентів зорових ділянок потиличної долі головного мозку у першу та сьому доби експерименту.

Метою нашої наукової роботи стало дослідити ремоделювання структур зорового аналізатору щурів після впливу повітряної ударної хвилі в гострий – на першу добу, ранній – на сьому добу, пізній період – на чотирнадцяту та у віддалений період - тридцяту добу за допомогою загальноморфологічних, гістологічних, ультрамікроскопічних, краніологічних та лабораторних методів дослідження.

Об'єктом дослідження стали 105 лабораторних статевозрілих щурів, які були розділені на 4 дослідні групи і група контролю: (1) контрольна група – зразки очних яблук лабораторних щурів, що не зазнавали впливу повітряної ударної хвилі – 21 зразків; (2) група - перша доба – гострий період, після дії повітряної ударної хвилі – 21 зразків; (3) група - сьома доба – ранній період, після дії повітряної ударної хвилі – 21 зразків; (4) група – чотирнадцята доба

– пізній період, після дії повітряної ударної хвилі – 21 зразків; (5) група – тридцята доба – віддалений період, після дії повітряної ударної хвилі – 21 зразків.

Щури підлягали ударно - хвильовому впливу на оболонки очного яблука, яких виводили з експерименту у першу, сьому, чотирнадцяту та тридцяту доби після отримання ними змодельованої травми. Після виведення з експерименту проводили наступні методи для ремоделювання зорового аналізатору щурів після ударно – хвильового впливу: анатомічний – препарування – енуклеація та екстирпації для дослідження макроскопічних змін оболонок очного яблука, його внутрішньої середовища – кришталика та зорових ділянок потиличної долі головного мозку після впливу повітряної ударної хвилі у зрівнянні з контрольною групою; гістологічний – для характеристики мікроскопічних структурних компонентів оболонок очного яблука протягом чотирьох періодів часу, кришталика та гістоструктури зорових ділянок потиличної кори та ультрамікроскопічний – для дослідження ремоделюючих змін зорових ділянок потиличної долі головного мозку в умовах дії повітряної ударної хвилі в гострий та ранній періоди; краніологічний – для дослідження очної ямки та кісток черепа щура; лабораторний – для дослідження рівня глюкози у крові до та після експерименту.

Уперше комплексне досліджено усі складові зорового аналізатору: структурних компонентів стінки очного яблука – трьох оболонок та внутрішнього його середовища - кришталика після впливу ударної хвилі у різні терміни тривалості впливу. Визначено морфологічні феномени, що свідчать про наслідки впливу повітряної ударної хвилі на ремоделюючі зміни структур периферичного відділу зорового аналізатору у різні періоди - гострий, ранній пізній та віддалений і центрального відділу – у гострий та ранній періоди. Простежено відсутність ураження кісток черепа і відсутність впливу цього ураження на зміни в зоровій ділянці потиличної кори за

Бродманом і додатково визначені показники глюкози у щурів експериментальних груп, які були в межах норми, що було непрямою ознакою відсутності стресу у піддослідних лабораторних тварин, який не впливав на результати дослідження.

У щурів експериментальних груп, заумов моделювання повітряної ударної хвилі, ми спостерігали основні характеристики і послідовність специфічних ремоделюючих макро - та мікроскопічних змін, які відбуваються на рівні складових оболонок очного яблука та структури його внутрішньої середовища – кришталика, у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди часу після експерименту. Так, у гострий період у першу добу ми спостерігали у рогівці: деформацію, ерозії та помутніння очного яблука; в ранній період, на сьому добу - плямоподібні помутніння рогівки; у пізній період, на чотирнадцяту добу - розвиток дистрофічних змін; у віддалений період, на тридцяту добу - формування рубцевої тканини. У райдужної оболонці, яка є складовою судинної оболонки: в гострий період спостерігалось потемніння та зміна кольору радужки; у ранній період - зморщування радужки та розростання плями; у пізній період - початок формування рубцевої сполучної тканини радужки зі згустком поздовжнього вузького крововиливу та у віддалений період - стійкого помутніння. У сітківці: у гострий період з'являлись ділянки помутніння, які мали молочно білі плями різної форми; в ранній період - зморщування сітківки; у пізній період - її відшарування; у віддалений період - дегенеративні зміни. На гістологічному рівні у сітківці, після дії ударної хвилі у ранній та пізній і ще більш у віддалений період спостерігались прояви дегенерації складових клітинних шарів нейронів сітківки і окремих нейронів – набряк клітинного шару нейронів, їх реорганізація, деформація та розкладання, які пов'язані, у першу чергу, з порушенням трофічної функції. Поряд зі змінами, що локалізуються в будь – який з трьох оболонок, мали місце численні зміни, що зачіпають ряд відділів ока внутрішнього середовища, таких як кришталик на протязі усіх

посттравматичних періодів. У гострий період - порушенні цілості капсули кришталика; у ранній період - набряклі маси кришталика заповнюють камеру, повністю або частково; у пізній та відділений періоди експерименту формувались посттравматичної катаракти. Умови змодельованої ударної хвилі та гістопатологічні ушкодження, які специфічні для оболонок очного яблука свідчить про те, що модель у щурів може бути корисною для дослідження терапевтичних та хірургічних втручань, що надає можливість теоретичного обґрунтування можливих заходів протидії первинному впливу повітряної ударної хвилі на оболонки ока; на макрорівні відділах головного мозку, а саме в ділянках зорової системи, після впливу ударної хвилі не відбувається змін, які відрізняються великою строкатістю. Реакція на травму середньої тяжкості, характеризує типові послідовні ремоделюючі 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 – вибухову хвилю більш виражену у першу добу і майже непомітну на сьому добу. Але досліджування на мікроскопічному рівні в експериментальних групах показало, що в зоровій корі потиличної долі 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 середнього 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, але мали прояви у зоровій ділянці потиличної долі на макроскопічному та особливо, на мікроскопічному рівнях.

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. 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 чотирибічної піраміди з закругленими гранями. Тому, у роботі проаналізовано сучасні уявлення по впливу 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 другої сторони, повинні мати знання у посттравматичних ураженнях краніального відділу екстра і інтракраніальних структур. При відсутності видимих уражень черепа, все рівно, страждає периферичний відділ зорового аналізатору - очне яблуко та його оболонки, які розташовані більш екстракраніально та і центральний відділ – потилична доля, для якої захисну функцію виконує потилична кістка, яка після впливу повітряної ударної хвилі теж була не уражена. Тому ми зробити висновок, що ураження підкіркових та кіркових центрів зорового аналізатору, які ми дослідили, відбуваються завдяки повітряної ударної хвилі, після впливу якої у даному дослідженні, кістки черепа були цілі.

Результати дослідження сприяють розширенню уявлень про ре моделюючи специфічні зміни в структурах оболонок очного яблука протягом острого, раннього, пізнього та віддаленого періодів та потиличної долі головного мозку в умовах впливу повітряної ударної хвилі у гострий і ранній періоди; дають змогу прогнозувати наслідки впливу повітряної ударної хвилі на структурні компоненти оболонок очного яблука – рогівку, склеру, райдужку та сітківку та можливі прогнози цього впливу на зорову сенсорну систему. Отримані результати про ремоделюючи особливості, які

зустрічаються після впливу ударної хвилі у експериментальних тварин дають можливість скласти уявлення не тільки про посттравматичні морфологічні зміни структур усіх відділів зорового аналізатору, які ми можемо прогнозувати та коригувати, особливо з урахуванням терміну впливу у першу, сьому, чотирнадцяту та тридцять добу у зрівнянні з контрольною групою щурів, а і про відсутність стресу після удару – біохімічний показник рівня глюкози в аналізах периферичної крові.

Тому, усе це обґрунтовує актуальність цього дослідження та доцільність його проведення. Результати роботи можуть бути використані для подальшого вивчення структур очного яблука, його оболонок, їх морфологічні зміни, локальні зміни у в оболонках очного яблука і складових зорового аналізатору – периферичного та центрального його відділів після впливу повітряної ударної хвилі, особливо з урахуванням терміну дії – гострий період (перша доба), ранній період (сьома доба), пізній період (чотирнадцята доба) та віддалений період (тридцять доба).

У результаті проведених досліджень було виявлено загальні закономірності змін, які відбуваються після впливу ударної хвилі у структурах зорового аналізатору – очного яблука, підкіркових та кіркових центрів кори великих півкуль у різні періоди часу при яких виникає ушкодження, що супроводжується у першу чергу, судинними порушеннями та набряком. Отримані результати про ремоделювання структур зорового аналізатору після впливу повітряної ударної хвилі з різним терміном тривалості цього впливу у експериментальних тварин дають можливість скласти уявлення про зміни, які відбуваються не тільки на тканинному рівні в оболонках очного яблука, а і на клітинному рівні складових зорової ділянки потиличної долі кори головного мозку, які ми можемо прогнозувати та коригувати при дії повітряної ударної хвилі, особливо з урахуванням тривалості впливу – перша, сьома, чотирнадцята та тридцять добу експерименту.

Ключові слова: очне яблуко, рогівка, райдужка, сітківка, кришталик, потилична доля, череп, очна ямка, вибухова хвиля, травма, експеримент.

SUMMARY

Oliynyk K.A., – Remodeling of the visual analyzer after shock wave exposure. Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 222 "Medicine". - Dnipro State Medical University, Dnipro, 2026.

Due to the emergence of explosive weapons in our country at present, the frequency of damage to the eyeball and its membranes, unfortunately, has increased greatly. Depending on the nature of the impact of the shock wave, its strength and place of application, various types of damage can occur not only to the organ of vision and its components, but also to the visual area of the occipital lobe of the cerebral cortex. Therefore, in our work we tried to investigate, explain and analyze the consequences that occur in the structures of the peripheral and central departments of the visual analyzer at different times after the action of a surface shock wave in combat conditions in order to improve the speed of diagnosis and treatment of these consequences, because vision is the leading sensory channel of a person and the preservation of the functional activity of the structures of the visual analyzer acquires the most important social and medical importance. The peripheral department of the visual analyzer - the eyeball and its membranes, not only perceive the image of the outside world, but thanks to the retina - the membrane, which is a complex neurosensory tissue, convert electromagnetic oscillations of light into nerve impulses, which, very importantly, are transmitted to the visual centers of the brain, where a conscious picture of the surrounding reality is formed. But all this is destroyed and practically not repaired after exposure to a surface shock wave. Damage to the retina and its cells is often irreversible, which leads to a persistent decrease or complete loss of vision.

Therefore, for diagnosis, provision of emergency care, timely treatment, military ophthalmologists and neurosurgeons must be professional and understand all the specific changes that occur in the structures of the visual analyzer in conditions of combat explosive trauma, the prevalence of which is currently increasing. A surface shock wave of moderate severity significantly affects not only the organ of vision itself, which is characterized by a multi-level organization and high vulnerability, but also the structures of the visual areas of the occipital cortex of the brain at the microscopic and ultramicroscopic levels. Therefore, the relevance of studying lesions of the structures of the visual analyzer - the eyeball and its membranes, as well as the occipital lobe of the brain after exposure to a surface shock wave justifies the value of this study. Given the insufficient amount of data on the remodeling morphological features of all components of the visual analyzer that arise after exposure to a surface shock wave, this topic is relevant and requires more in-depth study. The results of the work can be used for further research of the organ of vision in relation to remodeling changes in both the eye organ itself in different four time periods - acute, early, late and remote, and the structural components of the visual areas of the occipital lobe of the brain on the first and seventh days of the experiment.

The aim of our scientific work was to investigate the remodeling of the structures of the eyeball of rats after exposure to an air shock wave in the acute period - on the first day, early - on the seventh day, late period - on the fourteenth and in the remote period - on the thirtieth day using general morphological, histological, ultramicroscopic, craniological and laboratory research methods.

The object of the study was 105 laboratory sexually mature rats, which were divided into 4 experimental groups and a control group: (1) control group - samples of eyeballs of laboratory rats that were not exposed to the air shock wave - 21 samples; (2) group - the first day - acute period, after the action of the air shock wave - 21 samples; (3) group - the seventh day - early period, after the action of the air shock wave - 21 samples; (4) group - the fourteenth day - late period, after

the action of the air shock wave - 21 samples; (5) group - the thirtieth day - remote period, after the action of the air shock wave - 21 samples.

Rats were subjected to shock wave effects on the membranes of the eyeball, which were removed from the experiment on the first, seventh, fourteenth and thirtieth days after receiving the simulated injury. After withdrawal from the experiment, the following methods were used to remodel the visual analyzer of rats after shock wave exposure: anatomical - preparation - enucleation and extirpation to study macroscopic changes in the membranes of the eyeball, its internal environment - the lens and the visual areas of the occipital lobe of the brain after exposure to a superficial shock wave in comparison with the control group; histological - to characterize the microscopic structural components of the membranes of the eyeball during four periods of time, the histostructure of the visual areas of the occipital cortex and ultramicroscopic - to study the remodeling changes in the visual areas of the occipital lobe of the brain under the action of an air shock wave in the acute and early periods; craniological - for the study of the eye socket and bones of the rat skull; laboratory - for the study of the level of glucose in the blood before and after the experiment.

For the first time, all components of the visual analyzer have been comprehensively studied: the structural components of the wall of the eyeball - three shells and its internal environment - the lens after the impact of the shock wave at different durations of exposure. Morphological phenomena have been determined, indicating the consequences of the impact of the air shock wave on remodeling changes in the structures of the peripheral department of the visual analyzer in different periods - acute, early late and remote, and the central department - in the acute and early periods. The absence of damage to the skull bones and the absence of the effect of this damage on changes in the visual area of the occipital cortex according to Brodmann were monitored, and additionally glucose levels were determined in rats of the experimental groups, which were

within normal limits, which was an indirect sign of the absence of stress in the experimental laboratory animals, which did not affect the results of the study.

In rats of the experimental groups, under the conditions of surface shock wave modeling, we observed the main characteristics and sequence of specific remodeling macro- and microscopic changes that occur at the level of the components of the eyeball membranes and the structure of its internal environment - the lens, in the acute, early, late and remote periods of time after the experiment. Thus, in the acute period on the first day we observed in the cornea: deformation, erosion and opacification of the eyeball; in the early period, on the seventh day - spot-like opacification of the cornea; in the late period, on the fourteenth day - with the development of dystrophic changes; in the late period, on the thirtieth day - the formation of scar tissue. In the iris, which is a component of the choroid: in the acute period, darkening and change in the color of the iris were observed; in the early period - wrinkling of the iris and growth of the spot; in the late period - the beginning of the formation of scar connective tissue of the iris with a clot of longitudinal narrow hemorrhage and in the late period - persistent opacity. In the retina: in the acute period, areas of opacity appeared, which had milky white spots of various shapes; in the early period - wrinkling of the retina; in the late period - its detachment; in the late period - degenerative changes. At the histological level in the retina, after the action of the shock wave in the early and late and even more in the distant period, manifestations of degeneration of the constituent cell layers of retinal neurons and individual neurons were observed - edema of the cell layer of neurons, their reorganization, deformation and decomposition, which are associated, primarily, with a violation of trophic function. Along with changes localized in any of the three shells, numerous changes may occur that affect a number of parts of the eye's internal environment, such as the lens throughout all post-traumatic periods. In the acute period - disruption of the integrity of the lens capsule; in the early period - edematous masses of the lens fill the chamber, completely or partially; in the late and separate periods of the experiment, post-

traumatic cataracts were formed. The conditions of the simulated shock wave and histopathological injuries, which are specific for the membranes of the eyeball, indicate that the rat model can be useful for studying therapeutic and surgical interventions, which provides the opportunity to theoretically substantiate possible measures to counteract the primary effect of the surface shock wave on the membranes of the eye; at the macrolevel, in the brain regions, namely in the areas of the visual system, after the impact of the shock wave, there are no changes that are distinguished by great variegation. The reaction to a moderate injury is characterized by typical sequential remodeling changes for all areas of the brain, including the visual ones, i.e. manifestations of hyperemia, which are associated more with the expansion of venous vessels, as a compensatory reaction to the shock - blast wave, more pronounced on the first day and almost imperceptible on the seventh day. 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, corresponding to the chaotic arrangement of granular cells, which are not characteristic of this layer in the control group of rats. Attempts to link the nature of changes in the fundus of the eye with the localization of neurotrauma cannot be considered convincing when it comes to moderate-severity trauma, so a strict relationship between them could not be established. However, it was found that after the impact of a shock wave with localization on the eyeball, the depth and width of the lesion play a role, and therefore, the changes, although insignificant and atypical, have manifestations in the visual area of the occipital lobe at the macroscopic and especially microscopic levels.

To understand the pathomorphological changes that occur after the impact of a shock wave, a more thorough study of the skull and analysis of the cranium are required ophthalmic structures and bones that form the eye socket. The eye socket (socket in a rat) consists of the bones of the skull that form this hole, muscles, fatty tissues 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. Therefore, the paper analyzes modern ideas about the impact of a 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 eye sockets 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 wounds of the organ of vision, and on the other hand, they must have knowledge in post-traumatic lesions of the cranial department of extra- and intracranial structures. In the absence of visible lesions of the skull, the peripheral part of the visual analyzer suffers - the eyeball and its membranes, which are located more extracranially, and the central part - the occipital lobe, for which the occipital bone performs a protective function, which was also not affected after the impact of the surface shock wave. Therefore, we conclude that the damage to the subcortical and cortical centers of the visual analyzer, which we investigated, occurs due to the surface shock wave, after the impact of which in this study, is not accompanied by damage to the bones of the skull.

The results of the study contribute to expanding the ideas about remodeling specific changes in the structures of the membranes of the eyeball during the acute, early, late and remote periods and the occipital lobe of the brain under the influence of the surface shock wave in the acute and early periods; allow us to predict the consequences of the impact of a surface shock wave on the structural components of the eyeball membranes - the cornea, sclera, iris and retina and possible predictions of this impact on the visual sensory system. The results obtained on the remodeling features that occur after the impact of a shock wave in experimental animals make it possible to form an idea not only about post-traumatic morphological changes in the structures of all departments of the visual analyzer, which we can predict and correct, especially taking into account the term of impact on the first, seventh, fourteenth and thirtieth day in comparison with the

control group of rats, but also about the absence of stress after the impact - a biochemical indicator of glucose levels in peripheral blood tests. Therefore, all this justifies the relevance of this study and the feasibility of its conduct. The results of the work can be used for further study of the structures of the eyeball, its membranes, their morphological changes, local changes in the membranes of the eyeball and components of the visual analyzer - its peripheral and central departments after exposure to a surface shock wave, especially taking into account the duration of action - the acute period (first day), early period (seventh day), late period (fourteenth day) and remote period (thirtieth day).

As a result of the conducted studies, general patterns of changes that occur after exposure to a shock wave in the structures of the visual analyzer - the eyeball, subcortical and cortical centers of the cerebral cortex at different periods of time during which damage occurs, which is accompanied primarily by vascular disorders and edema. The results obtained on the remodeling of the structures of the visual analyzer after exposure to an air shock wave with different durations of this exposure in experimental animals provide an opportunity to form an idea of the changes that occur not only at the tissue level in the membranes of the eyeball, but also at the cellular level of the components of the visual area of the occipital lobe of the cerebral cortex, which we can predict and correct under the influence of an air shock wave, especially taking into account the duration of the exposure - the first, seventh, fourteenth and thirtieth days of the experiment.

Keywords: eyeball, cornea, iris, retina, lens, occipital lobe, skull, eye socket, blast wave, trauma, experiment.

ПРАЦІ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасні уявлення та розуміння ударно - хвильового впливу на систему зорового аналізатору (аналітичний огляд літератури). Перспективи та інновації науки. 2024;11(45):1795-1810. DOI:[https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11(45)-1795-1810). *(Здобувачем виконано реферування та аналіз використаних джерел. Співавтор: проф. Абдул - Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*
2. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27. *(Здобувач здійснив аналіз та порівняв дані макроскопічного матеріалу після проведення експерименту, оформив статтю до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*
3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377. *(Здобувач здійснив експеримент і аналіз ультраструктурних зрізів з матеріалу головного мозку, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул - Огли Л. В. та проф. Кошарний В. В. – надали консультативну допомогу).*
4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію, допомога у підготовки препаратів головного мозку та обробку гістологічного матеріалу, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли*

Л. В., проф. Кошарний В. В. та доцент Рутгайзер В. Г. надали консультативну допомогу та учень медичного ліцею Кошарний Д. В. – допомога у експерименті).

5. Л. В. Абдул - Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 – 2025:49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55. *(Здобувач здійснив аналіз та порівняв дані краніологічного матеріалу після проведення експерименту, оформив статтю до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Кошарний В. В. – надали консультативну допомогу).*

6. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 4(179), с. 275-284 DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку макроскопічних змін, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Кошарний В. В., проф. Родинський О. Г. надали консультативну допомогу).*

7. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875). *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку мікроскопічних змін, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Демченко О. М. та доцент Козловська Г. О. надали консультативну допомогу надали консультативну допомогу).*

8. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А. Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т.В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних

компонентів оболонок стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») №3 (61) -2026, с. 1815-1824DOI:[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).*(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію та опис мікроскопічних особливостей змін, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В. та доцент Рутгайзер В. Г., доц. Попова Т.В., Скубицька Л. Д. - надали консультативну допомогу та учень медичного ліцею - Кошарний Д. В. – допомога у експерименті).*

ПРАЦІ, ЯКІ ЗАСВІДЧУЮТЬ АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ

9. Абдул – Огли Л. В., Бондаренко К. А. Зміни оболонок очного яблука та його провідних шляхів після впливу ударної хвилі // Матеріали міжнародної міждисциплінарної науково - практичної internet - конференції до всесвітнього дня анатомії «Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект» (м. Дніпро, 17 жовтня 2024 року) / Приватний вищий навчальний заклад «Харківський міжнародний медичний університет». – Харків: ПВНЗ «ХММУ», 2024. С. 14 - 15.
10. L. V.Abdul – Ogly, K. A. Bondarenko. Histopathological changes in the eye globe membranes following blast wave exposure in cranio – cerebral trauma // Матеріали восьмої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 8 листопада 2024 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2024. С. 14 - 15.
11. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Кошарний Д. В. Взаємозв'язки між величиною очного яблука, як периферичної частини зорового аналізатору та очної ямки черепа за допомогою морфометричного та краніометричного методів дослідження // Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект: матеріали шостої Міжнародної міждисциплінарної науково - практичної конференції до Всесвітнього дня анатомії (м. Харків, 15 - 16 жовтня 2025 року) / Харківський міжнародний медичний університет. – Харків: ХММУ, 2025. С. 8 - 10.
12. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Кошарний Д. В. Мікроскопічна перебудова оболонок очного яблука в умовах експерименту після впливу ударної хвилі // Теорія та практика сучасної морфології: матеріали дев'ятої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 7 листопада 2025 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2025. С. 19 - 20.

13. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Скубицька Л. Д., Кошарний Д. В. Мікроскопічні зміни структур кіркового кінця зорового аналізатору після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.18 - 20.

14. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Попова Т. В., Кошарний Д. В. Лабораторні показники периферичної крові щурів після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.16 - 7.

ЗМІСТ

ЗМІСТ	22
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	25
ВСТУП	26
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНЕ УЯВЛЕННЯ ТА РОЗУМІННЯ УДАРНО - ХВИЛЬОВОГО ВПЛИВУ НА СИСТЕМУ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРУ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	34
1.1.Ретроспективний аналіз та сучасний стан вибухо - індукованої офтальмологічної травми	34
1.2.Сучасний стан аналізу краніологічних особливостей після впливу повітряної ударної хвилі	50
1.3. Сучасний стан функціональних порушень структур органу зору, у зв'язку з різними соматичними захворюваннями у зрівнянні з нормальною будовою його оболонок	54
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.	61
2.1. Матеріал дослідження	61
2.2. Методи дослідження	63
2.2.1. Методи моделювання	63
2.2.2 Макро-мікроскопічні методи	68
2.2.3. Гістологічні методики	69
2. 4. Морфометрія та статистичний аналіз	72
2.4.1.Краніологічні методи	72
2.4.2. Варіаційно-статистичні методи	73
РОЗДІЛ 3.РЕМОДЕЛЮЮЧИ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБУДОВИ МАКРОСКОПІЧНИХ ТА ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗМІН СТРУКТУРНИХ	

КОМПОНЕНТІВ ОБОЛОНОК ОЧНОГО ЯБЛУКА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ У ЗРІВНЯННІ З КОНТРОЛЬНОЮ ГРУПОЮ 75

3.1. Ремоделюючи макроскопічні особливості оболонок стінки очного яблука щурів після впливу повітряної ударної хвилі на першу добу - у гострий період, на сьому добу - у ранній, на чотирнадцяту добу - у пізній період та на тридцяту добу - у віддалений період у зрівнянні з контрольною групою 75

3.2. Ремоделюючи мікроскопічні особливості оболонок стінки очного яблука щурів після впливу повітряної ударної хвилі на першу добу - у гострий період, на сьому добу - у ранній, на чотирнадцяту добу - у пізній період та на тридцяту добу - у віддалений період у зрівнянні з контрольною групою 85

РОЗДІЛ 4. КРАНІОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАКРОСКОПІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ У ЗРІВНЯННІ З КОНТРОЛЬНОЮ ГРУПОЮ 95

4.1. Структурна будова черепа, очної ямки щура в умовах експерименту у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди у зрівнянні з контрольною групою 95

РОЗДІЛ 5. РЕМОДЕЛЮЮЧИ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБУДОВИ МОРФОЛОГІЧНИХ ЗМІН, МІКРОСКОПІЧНИХ І УЛЬТРАСТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ПІДКІРКОВИХ ТА КІРКОВОГО КІНЦІВ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРУ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ 100

5.1. Ремоделюючи морфологічні особливості макро та мікроструктурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору у щурів у гострий період – на першу добу та ранній період – на сьому добу після впливу повітряної ударної хвилі у зрівнянні з контрольною групою 101

5.2. Ремоделюючи гістологічні зміни структурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору в умовах експерименту у гострий та ранній періоди після впливу повітряної ударної хвилі у зрівнянні з контрольною групою 107

5.3. Ремоделюючи зміни ультраструктурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору в умовах експерименту у гострий на першу добу та ранній період – на сьому добу після впливу повітряної ударної хвилі у зрівнянні з контрольною групою 111

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	119
ВИСНОВКИ	134
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	137
ЗАКЛЮЧЕННЯ	139
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	140
ДОДАТКИ	165

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ПУХ - повітряна ударна хвиля

ОКТ - оптична когерентна томографія

ERG – електроретинограма

РП – ретинопатія

ДР – діабетична ретинопатія

VEGF - васкулярний ендотеліальний фактор росту

ПЕМ -пігментний епітелій сітківки

MPT – магнітно – резонансна томографія

КТ – комп’ютерна томографія

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми. У більшості країн, в мирний час, травми органу зору та зв'язані з цим ускладнення, займають провідне місце серед причин одно або двосторонньої сліпоти та інвалідності. В нашої країні, у теперішній час, у зв'язку з появою вибухової зброї та вибухових травм частота окуло орбітальних поранень, дуже зросла [1, 2, 3]. Поверхня очей становить менш 1 % від загальної площі поверхні людини, але травми ока серед бойових травм займають біля 15 %, а вибуховий характер мають 88 % від усіх бойових травм очного яблука та 31,3 % серед усіх уражень голови. Залежно від характеру зброї, сили повітряної ударної хвилі і місця її застосування можуть наступити різного роду пошкодження структур зорового аналізатору, які впливають на оболонки та внутрішнє середовище очного яблука [4, 5]. Після впливу ударної хвилі – первинної травми поранення можуть супроводжуватися вторинною травмою та впровадженням одного або безлічі сторонніх тіл у поверхневі або глибокі шари рогової оболонки, що летять з великою силою, можуть пройти через зовнішні оболонки очного яблука і розташовуватися на дні передньої камери, кришталику, склоподібному тілі або біля стінки сітківки і, спровокувати відображення цих наслідків на зоровій ділянці кори у приєднанні мозкової травми, яка є тяжкою травмою, яка відбувається від підриву вибухових речовин. Однак, механізми, які лежать в основі перетворень структур і ділянок головного мозку і взагалі, структур зорового аналізатору, від впливу ударної травми, його контузії на сьогодні, повністю не зрозуміло [6, 7, 8]. В офтальмологічній військової хірургічної практиці, як наслідки травмування, зустрічається деформація рогівки ока або кератоконус. При різних ступенях кератоконуса відбувається витончення рогівки, аж до розриву, що супроводжується вираженим больовим синдромом і призводить до спотворення зору, оскільки світло не може правильно сфокусуватися на сітківці [9, 10, 11].

Посттравматичні ушкодження відбуваються і у структурі внутрішнього середовища – кришталика і залежно від віку потерпілого, від тяжкості та характеру пошкодження кришталика маси його можуть розсмоктатися частково або повністю, що супроводжується виникненням травматичних катаракт і афакії. У 92 % вибухових травм ока супроводжуються екструзією райдужки та кришталика, ушкодженням хоріоїдеї та вітреоретинопатіями [12].

Оскільки функція зору базується на структурі очного яблука і зорових ділянок головного мозку, а її порушення внаслідок впливу патогенних факторів є підґрунтям для розвитку патологічного процесу, що визначає його характер та особливості клінічних проявів, беззаперечно існує необхідність вивчення морфологічних ремоделюючих характеристик структур зорового аналізатору особливо після впливу повітряної ударної травми [13, 14].

Враховуючи вищезазначене, вважаємо, що дослідження ремоделюючих змін на макроскопічному та мікроскопічному рівнях при ураженні структур зорової сенсорної системи поверхневою ударною хвилею у різні періоди часу є актуальним, як з точки зору експериментальної морфології, так і з точки зору практичної офтальмології і хірургії.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планом наукових досліджень і є складовою частиною науково-дослідної теми кафедри клінічної анатомії, анатомії та оперативної хірургії Дніпровського державного медичного університету «Морфофункціональний стан органів та тканин під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників», № державної реєстрації 0120U105219.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є ремоделювання структур зорового аналізатору щурів після впливу повітряної ударної хвилі в гострий – на першудобу, ранній – на сьому добу, пізній період – на чотирнадцяту та у віддалений період - тридцяту добу експерименту.

Згідно з метою дослідження були поставлені такі **завдання**:

1. Визначити ремоделюючи макроскопічні зміни оболонок очного яблука та кришталика щурів після впливу повітряної ударної хвилі у гострому періоді – на першу добу, ранньому - на сьому добу, у пізньому – на чотирнадцяту добу та у віддаленому періоді – на тридцяту добу експерименту.
2. Дослідити ремоделюючи мікроскопічні зміни оболонок очного яблука та структуркришталика після впливу повітряної ударної хвилі у гострому, ранньому, пізньому та віддаленому періодах після експерименту.
3. З'ясувати макроскопічні, мікроскопічні та ультрамікроскопічні зміни зорової ділянки потиличної долі кори головного мозку – на першу та сьому доби експерименту.
4. Зіставити та проаналізувати взаємозв'язки між структурами очного яблука, зорових ділянок головного мозку та кісток черепа щурів після впливу повітряної ударної хвилі в умовах офтальмологічної травми - у гострому періоді - на першу добу, у ранньому - на сьому добу, у пізньому – на чотирнадцяту добу та у віддаленому періоді – на тридцяту добу експерименту.

Вирішення поставлених завдань сприятиме уточненню та систематизації наявних у літературі відомостей про ремоделювання тканини зорового аналізатору у щурів та структурних компонентів в нормі та після впливу повітряної ударної хвилі - у гострому – на першу добу, ранньому - на сьому добу, у пізньому - на чотирнадцяту добу та у віддалений періодах – на тридцяту добу, а також лабораторні показники глюкози в біохімічному аналізі крові, як непряму ознаку стресу в умовах експерименту.

Об'єкт дослідження: очне яблуко, кришталик та зорові ділянки потиличної долі головного мозку експериментальних тварин (щурів).

Предмет дослідження: морфологічний стан очного яблука, кришталика та динаміка змін у структурних компонентах оболонок очного яблука, кришталика та зорових ділянок головного мозку щурів після впливу повітряної ударної хвилі на першу добу - у гострий період, на сьому добу – у

ранній період на чотирнадцяту добу - у пізній період та у віддалений період - на тридцяту добу експерименту.

Методи дослідження: Для досягнення мети були використані наступні методи дослідження: енуклеація та препарування – для дослідження очних яблук, кришталиката зорових ділянок головного мозку у щурів; мікроскопія гістологічних зрізів оболонок очного яблука та кришталика щурів, з фарбуванням гематоксилін - еозином - для більш детального вивчення складових оболонок стінки очного яблука та волоконкришталика щурів; електронна мікроскопія - для характеристики ультраструктурних компонентів зорових ділянок потиличної долі кори головного мозку та гіпоталамічної ділянки проміжного мозку контрольної групи та після дії ударної хвилі у першу та на сьомудоби експерименту; краніологічний метод - для дослідження цілісної структури черепа та очної ямки у щурів контрольної та експериментальних груп; лабораторні дослідження – забір крові за допомогою мікропробірки та визначення глюкози за допомогою глюкометра; морфометрія та краніометрія, для вивчення динаміки змін кількісних показників під час дії повітряної ударної хвилі, у гострий – на першу добу, ранній – на сьому добу, у пізній період – на чотирнадцяту добу експерименту та у віддалений період – на тридцяту добу.

Наукова новизна отриманих результатів. Уперше в нашому дослідженні була апробована експериментальна модель повітряної ударної хвилі на структури зорового аналізатору із залученням для її відтворення, пристрою (патент на корисну модель 146858 Україна, МПК G09B23/28).

Уперше отримані та оцінені структурні компоненти складових стінки очного яблука: фіброзної оболонки – рогівки та склери, судинної оболонки - райдужки та сітківки - в гострому, ранньому, пізньому та у віддаленому періодах після впливу повітряної ударної хвилі. Встановлені особливості краніологічних структур після впливу повітряної ударної хвилі в гострий – на першу добу, ранній – на сьому добу, пізній період – на чотирнадцяту добу та

у віддалений період – на тридцять добу експерименту та їх взаємозв'язки з очним яблуком, кришталиком та зоровими ділянками потиличної долі кори головного мозку. Уперше описані зміни в оболонках очного яблука та внутрішнього середовища - кришталика після впливу повітряної ударної хвилі при офтальмологічній травмі у різні періоди часу. Доповнені відомості про структурні взаємовідносини оболонок очного яблука та зорової ділянки головного мозку у щурів контрольної групи. Досліджені краніологічні особливості черепа щурів, а особливо очної ямки (отвору), де розташований периферичний відділ зорового аналізатору – очне яблуко та потиличної кістки, яка є захисною для потиличної долі головного мозку, де розташований кірковий кінець зорового аналізатору – шпорна борозна. Уперше вивчені закономірності, простежена динаміка змін та проведена порівняльна характеристика структурних компонентів оболонок очного яблука щурів загалом під час гострого, раннього, пізнього та віддалених періодів впливу ударної хвилі. За допомогою гістологічних досліджень були досліджені зміни у оболонках очного яблука та кришталиків щурів під впливом повітряної ударної хвилі з різним періодом часу. На ультрамікроскопічному рівні уперше спостерігали особливі зміни у зорових ділянках потиличної долі головному мозку великих півкуль та в нейропілігіпоталамічній ділянці проміжного мозку у гострий та ранній періоди та дослідили посттравматичні наслідки уражень органел – мітохондрій - у першу та сьому доби експерименту. Обґрунтоване положення про наслідки офтальмологічної баротравми, в структурах периферичного відділу зорового аналізатору та кришталику - в гострий, ранній, пізній та віддалений періоди після впливу ударної хвилі та посттравматичні зміни у підкірковому та кірковому кінцях зорового аналізатору у гострому та ранньому періодах, які мали макроскопічні, мікроскопічні та ультрамікроскопічні характерні зміни після впливу експериментальної травми.

Практичне значення отриманих результатів.Проведені дослідження поглиблюють і розширюють наявне уявлення про дію ударної хвилі на структури зорового аналізатору щурів. Відомості, що були отримані в процесі виконання даного експерименту, дадуть змогу лікарям для можливого лікування, невідкладної допомоги хворим, зпосттравматичним ураженням органів зорової системи відносно часу після вибухово - ударного впливу офтальмологічної травми. Описані особливості ремодулюючої структурної організації оболонок очного яблука та кришталика дадуть змогу обґрунтувані закономірності змін, викликаних впливом ударної хвилі на кірковий кінець зорового аналізатору – шпорну борозну потиличної долі головного мозку у гострий та ранній періоди, та прогнозувати можливості репаративних процесів у різні терміни цього впливу – гострий – на першу добу, ранній – на сьому добу, пізній період – на чотирнадцяту добу та віддалений – на тридцяту добу експерименту. Після отримання результатів дослідження, стане можливим коригування порушення, які виникають в оболонках очного яблука та у зорових ділянках головного мозку, в умовах офтальмологічної травми, що може бути використаним у хірургічній практиці для можливого лікування наслідків ударної травми. Результати дослідження можуть бути використані для розширення можливостей у офтальмологічної, нейрохірургічної практиці.

Подальші дослідження в такому векторі є перспективними. Також ці відомості можуть бути використані під час розроблення нових можливих реабілітаційних заходів після ударно – хвильового впливу на систему зорового аналізатору.

Результати експериментальних досліджень впроваджені в навчальний процес на кафедрах анатомії медичних закладів України:

- кафедри оперативної хірургії з топографічної анатомії ДНП «Львівський національний медичний університет» ЛНМУ ім. Данила Галицького;

- кафедри анатомії з клінічною анатомією та оперативною хірургією Полтавського державного медичного університету;
- кафедра морфології та громадського здоров'я Чорноморського національного університету ім. Петра Могили;
- кафедри технології медичної діагностики та лікування ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ ім. Т. Шевченка;
- кафедри оперативної хірургії та клінічної анатомії Тернопільського національного медичного університету ім. І. Я. Горбачевського МОЗ України;
- кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету;
- кафедри морфології та фізіології ННІ ЄМШ Міжнародного Європейського університету;

Особистий внесок здобувача. Автор самостійно проведено патентно-інформаційний пошук, проведені усі експериментальні, морфологічні, краніологічні дослідження органу зору, кіркового кінця зорового аналізатору головного мозку, кісток черепа щурів, забір матеріалу, дослідження гістологічних препаратів оболонок очного яблука, христалику, потиличної долі головного мозку та проведена обробка отриманих результатів, їхній аналіз. Здобувачем проведені морфологічні дослідження, які лягли в основу моделювання експериментальної офтальмологічної травми ударної хвилі. Був проведений аналіз результатів, сформульовані основні положення та висновки роботи. Основні положення дисертації, відомості про закономірності змін в структурах периферичного та центрального відділів зорового аналізатору у щурів після моделювання окулоорбитальної посттравматичної повітряної ударної хвилі у зрівняні з контрольною групою щурів належать автору дисертації.

Апробація результатів дослідження. Результати досліджень і основні положення дисертації були викладені та обговорені:

- на наукових конференціях:
- матеріали міждисциплінарної науково – практичної internet - конференції до Всесвітнього дня анатомії «Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект», 17 жовтня, Харків, 2024 р.
- матеріали восьмої Всеукраїнської науково – практичної конференції з міжнародною участю «Теорія та практика сучасної морфології», 6 - 8 листопада, Дніпро, 2024 р.
- матеріали шостої Міжнародної міждисциплінарної науково – практичної конференції до Всесвітнього дня анатомії «Теорія та практика сучасної морфології», 15 - 16 жовтня, Харків, 2025 р.
- матеріали дев'ятої Всеукраїнської науково – практичної конференції з міжнародною участю «Теорія та практика сучасної морфології», 6 - 7 листопада, Дніпро, 2025 р.
- матеріали Всеукраїнської науково – практичної конференції з міжнародною участю «Сучасні проблеми морфології людини», присвячена 80 – річчю проф. Ю. М. Вовка, 20 - 21 лютого, Львів, 2026 р.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 12 робіт, з них 8 – у наукових виданнях за фахом, рекомендованих ВАК України.

Структура й обсяг дисертації. Матеріал дисертації викладений українською мовою на 177сторінках машинописного тексту і складається з: вступу, огляду літератури, розділу “Матеріал і методи дослідження”, трьох розділів власних досліджень, розділу “Аналіз і узагальнення результатів досліджень”, заключення, висновків, практичних рекомендацій і списку літератури, що містить 180 джерело, з яких 105 іноземною мовою. Робота ілюстрована і документована 45 рисунками, 2 таблицями (загальний обсяг – 0 сторінок).

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ТА РОЗУМІННЯ УДАРНО – ХВИЛЬОВОГО ВПЛИВУ НА СИСТЕМУ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРУ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

Питання, які були розглянуті у дійсному дослідженні по уявленню та розумінню ударно – хвильового впливу на систему зорового аналізатору, їх актуальність, обумовив їхнє широке висвітлення як у вітчизняній, так і іноземній літературі. При викладанні цього розділу нами приведені тільки основні літературні зведення, що коротко відбивають найбільш суперечливі питання, що стосуються ремоделюванні зорового аналізатору людини та експериментальних тварин на різних рівнях структурної організації в нормі та при деяких моделях, зокрема, після впливу повітряної ударної хвилі. Окремо будуть розглянуті питання впливу повітряної ударної хвилі на організм людини та експериментальних тварин.

1.1. Ретроспективний аналіз та сучасний стан вибухо - індукованої офтальмологічної травми

Природа військового конфлікту двадцять першого століття призвела до різкого збільшення впливу вибухової хвилі на військовослужбовців і цивільних осіб, а вибухова травма ока стала складною мультифакторною патологією, яка поєднує механічне, термічне та імунозапальне ураження тканин ока і зорових шляхів. Сучасні дослідження демонструють, що навіть легка черепно-мозкова травма, асоційована з вибухом, може супроводжуватися значними порушеннями зору, які нерідко залишаються недіагностованими на ранніх етапах [15, 16, 17]. Черепно – мозкова травма, внаслідок ураження вибухом, є найпоширенішою серед бойових травм та

причиною тяжких контузій ока, у зв'язку з великою швидкістю польоту бойових уламків та їх великою ударною та пробивною, що частіше супроводжуються опіками очей [18,19,20]. Незважаючи на те, що вторинні вибухові пошкодження ока через летючі уламки є більш поширеними, повідомлялося про первинне опромінення очей вибухом у результаті тиску вибухової хвилі серед тих, хто пережив вибухи, але з обмеженим розумінням спричинених патологій сітківки. На сьогодні більш 80% військовослужбовців, які перенесли черепно – мозкову травму, також демонструють симптоми дисфункції зору [21, 22, 23].

Враховуючи дані ретроспективного аналізу вибух був основною причиною поранень під час конфліктів в Іраку та Афганістані. З 2000 по 2014 року понад 320000 військовослужбовців отримали принаймні одну травму ока, яка була спричинена впливом вибухового пристрою. По загальним матеріалам Другою світової війни різні види ушкоджень органу зору були наступні: по перше ушкодження очного яблука мали 88,5% поранених, але най складні види ушкоджень очного яблука - 19,4%, ушкодження орбіти – 24, 2 %, з них - з ураженням кісток – 11,8 %. Дані військових досліджень підтверджують, що вибухи є провідною причиною бойових травм ока, причому значна частина з них належить до відкритих ушкоджень очного яблука, що підкреслює важливість використання засобів індивідуального захисту, таких як балістичні окуляри, які можуть суттєво знизити частоту і тяжкість травм. Встановлено, що повітряна ударна хвиля спричиняє різке і значне підвищення внутрішньоочного тиску, яке досягає екстремальних значень протягом мілісекунд. Найбільші напруження виникають при фронтальному впливі у ділянках прикріплення м'язів, де склера є найтоншою, що обумовлює підвищений ризик її розриву. Важливими факторами є маса вибухового пристрою та відстань до нього. Katimi та співавтори за допомогою комп'ютерного моделювання показали, що вибух спричиняє різке підвищення внутрішньоочного тиску - до 48000 мм рт. ст. [24, 25].

Біомеханічні дослідження серед військових дозволяють глибше зрозуміти механізми ушкодження ока при вибухах. Rana та співавтори дослідили травми серед військових у контртерористичних операціях і зробили висновок, що вибухи є основною причиною травм, що складає - 45,8%, серед яких понад 50 % є відкриті травми очного яблука [26]. Особливо, що бойові поранення очного яблука, особливо у теперішній час, комбінуються з ушкодженням голови, що складає - 31,3%, тобто з ураженням черепу, головного мозку, щелеп, а також отоларингологічних органів, особливо аурикулярних ушкоджень [27, 28]. Brokaw та співавтори розробили рекомендації для стандартів профілактики слухових ушкоджень у військових і тимчасовий стандарт. Хоча дослідження сфокусоване на слуху, воно демонструє системний підхід до профілактики вибухових уражень, тому, що на сьогодні виявлено дефіцит даних щодо впливу вибухів на людину [29]. Однак зустрічаються клінічні дослідження вибухових травм ока, які свідчать про високий ризик несприятливих наслідків, особливо при поєднаних механізмах ушкодження, коли дія ударної хвилі комбінується з проникненням уламків. Було встановлено, що дрібні частинки можуть проникати глибоко у строму рогівки, досягаючи значної частки її товщини, що ускладнює їх видалення і потребує хірургічного втручання, які у цих умовах дуже складні. У таких випадках значно частіше спостерігаються важкі анатомічні та функціональні порушення. Цілеспрямоване клінічне дослідження продемонструвало, що переважна більшість таких травм має механічний характер, причому значну частку становлять внутрішньоочні сторонні тіла, які уражають рогівку і кон'юнктиву і приводять до негативного результату. Незалежними прогностичними факторами поганого результату визначено низька початкова гострота зору, великі розриви очного яблука, крововиливи у скловидне тіло, відшарування сітківки, травматична оптична нейропатія, екструзію внутрішньоочних структур, ендoftальміт і проліферативна вітреоретинопатія та ураження хоріоїдеї, що вказує на

необхідність раннього виявлення та активного хірургічного втручання у цих пацієнтів [30]. Так, Framme та співавтори описали новий тип травм, спричинених вибуховими пастками, при якому було виявлено глибоке до 54 % товщини проникнення воскових частинок у рогівку [31]. Ці ушкодження характеризувались відсутністю внутрішньоочного проникнення, але мають виражений локальний травматичний ефект і водночас несприятливий прогноз: майже половина пацієнтів має суттєве зниження зору, а частина випадків завершується втратою очного яблука. Механізми ушкодження ока значною мірою пояснюються загальними закономірностями тупої травми, яка лежить в основі вибухових уражень. При зовнішньому впливі очне яблуко зазнає різкого стискання з подальшим перерозподілом внутрішнього тиску і деформаційними хвилями, що поширюються через усі його структури. Це спричиняє як локальні ушкодження у місці удару, так і протилежні за механізмом ураження, формуючи широкий спектр патології — від поверхневих змін до глибоких уражень сітківки, хоріоїдеї та зорового нерва, який проходить у зоровому каналі клиноподібної кістки та потім займає важливу ділянку у зоровій частині гіпоталамуса проміжного мозку центральної нервової системи [32]. На цьому тлі вибухові травми вирізняються більшою тяжкістю та складністю, часто супроводжуються ураженням рогівки, включаючи набряк, ерозії, структурні зміни та неоваскуляризацію. Значну роль у патогенезі відіграє імунізапальна відповідь, яка може посилювати первинне ушкодження та сприяти розвитку хронічних змін і погіршенню зорової функції. Останні експериментальні дослідження підкреслюють важливу роль імунної регуляції у розвитку зорових порушень після впливу вибухової ударної хвилі при нейротравмі. Зокрема, регуляторні Т-клітини мають нейропротекторну функцію, а їх дефіцит призводить до посилення нейрозапалення та дегенерації сітківки. Це відкриває перспективи для розробки нових терапевтичних підходів, спрямованих на модулювання імунної відповіді. На цьому тлі вибухові

травми вирізняються більшою тяжкістю та складністю, тому, що часто супроводжуються ураженням рогівки, включаючи набряк, ерозії, структурні зміни та неоваскуляризацію. Значну роль у патогенезі відіграє імунозапальна відповідь, яка може посилювати первинне ушкодження та сприяти розвитку хронічних змін і погіршенню зорової функції [33].

Усіма ушкодженнями органу зору раніше займалися військова – польова офтальмологія [34]. Розвиток військової офтальмології тісно пов'язано з розвитком загальних закономірностей організації та тактики медичної служби в умовах війни. Основини змістом такої офтальмології є вчення про бойові ушкодження органу зору про особливості їх перебігу, ускладнень, етапного лікування та наслідків. Військова польова офтальмологія органічно зв'язана, як з загальною офтальмологією, так і з загальною військовою польовою хірургією, з котрих вона порівняно виділилася у п'ятдесяти роки в самостійний її розділ [35, 36]. Особливі обставини, за яких наносяться бойові ушкодження органу зору, їх масовість та клінічні особливості все це різко відрізняє ці ушкодження від травм мирного часу. На відміну від травм мирного часу практично всі бойові ураження є вогнепальними [37]. Знання патофізіологічних механізмів виникнення сучасних вибухових ушкоджень зорового аналізатору, головного мозку і вогнепальних черепно - мозкових поранень дозволяє обрати оптимальну діагностичну та лікувальну тактику, прогнозувати можливі ускладнення та результати лікування [38, 39].

За вибуховою хвилею травми, які пов'язані з вибухом, можна розділити на первинні, вторинні, третинні та четверті. Первинне ураження виникає внаслідок самої інтенсивної вибухової хвилі та подальших змін тиску повітря, котрій застосовує силу до тканин, що призводить до швидкої деформації та руйнування. Вторинна травма спричинена іншими об'єктами, які приводяться в рух вибухом, а потім вдаряються в тіло; третинне ушкодження – це, навпаки, тіло яке приводиться в рух вибухом і вдаряється

об інші предмети. Окремі автори виділяють четверте ураження(ушкодження), що є результатом термічної травми (опіків) і вдихання токсичних газів. Але, якщо внаслідок вибуху виникає лише первинне ушкодження головного мозку, то його вважають нейротравмою, спричиненою вибухом, що є найменш вивченим механізмом вибухової травми, але окремі автори вважають, що розрив барабанної перетинки є найпоширенішою фізичною ознакою вибухової травми [40]. Нейротравма, яка пов'язана з травмою очного яблука, яка спричинена вибухом, порушує низьку біохімічних процесів, що призводять до гіперглікемії, ішемії, запалення, гормональних змін, окислювального стресу, мітохондріальної дисфункції так, як молекули, що сприяють запаленню, зокрема окис азоту, простагландини, безкисневі радикали, глутамат і цитокіни руйнують гематоенцефалічний бар'єр, зумовлюють виникнення набряку головного мозку та структур очного яблука. Але, зазвичай, вибухи спричиняють ушкодження тіла людини шляхом складної комбінації всіх чотирьох механізмів ушкодження [41, 42, 43]. Порушення зору – типовий симптом постраждалих від вибуху при різних видах травм. Так, при огляді постраждалих від вибуху пацієнтів з політравмою, більше половини повідомляють про скарги на зір, світлочутливість і дефіцит читання, а більше половини виявляють саккади (швидкі, суворо узгоджені рухи очей, що відбуваються одночасно і в одному напрямку, які на електроокулограммі мають вигляд вертикальних прямих тонких ліній) або аномальну акомодацию. У проспективному дослідженні, яке спостерігає за результатами, такими як розвиток захворювання, протягом періоду дослідження і пов'язує його з іншими факторами, такими як ймовірні фактори ризику чи захисту у серії випадків із 46 (100%) військовослужбовців, які зазнали вибухові опромінення 20 (43,5%) мали закриті або непроникаючі поранення ока. На будь – яку частину зорової системи конкретизація впливу вибухової хвилі ускладнюється складним характером причин і наслідків. Частина зорової системи може бути

безпосередньо пошкоджена або може дегенерувати вторинної до віддаленої травми через антероградний (після травми – «ні») або ретроградний (до травми – «ні») механізми. Наскрізнi поранення характеризуються тим, що стороннє тіло двічі порушує цілість оболонок ока і може розташовуватися в глибоких, переважно задніх, шарах склери або прилягати до зовнішніх її шарів, або перебувати на різній відстані від оболонок ока. Наслідком проникаючого пошкодження ока є грубі рубці рогівки, які нерідко бувають великими площею і глибиною. Зустрічаються і травматичні катаракти: напіврозсмоктані або плівчасті, при яких спостерігається травматична афакія(відсутність кришталика). Зазвичай такі катаракти бувають зрощеними з райдужною оболонкою, супроводжуються відшаруванням сітчастої або мембраною склоподібного тіла, роговою оболонкою, котра є ускладненими і поєднуються з гемофтальмом. При цьому часто підвищується внутрішньоочний тиск, що є основою глаукоми [44, 45, 46, 47].

Існує кілька теорій, які пояснюють механізми виникнення первинної вибухової нейротравми: 1- поширення хвилі тиску після вибуху до головного мозку через основні судини, спинномозкову рідину і м'які тканини. Вибухова хвиля раптово стискає верхню порожнисту вену, після миттєво підвищується венозний тиск, який передається до головного мозку по яремним венам. Слід пам'ятати, що центральні структури головного мозку, зокрема, гіпокамп, є більш вразливими, ніж його кора. Крім того, раптове стискання дуального мішка всередині хребтового каналу зумовлює ретроградну передачу хвилі тиску по спинномозковій рідині у шлуночки головного мозку. Наприклад, ушкодження головного мозку хвилями тиску може виникнути при пораненні кінцівки кулею з високою енергією, так званий «гідростатичний шок»; 2 - проходження хвиль тиску через отвори в череп: носова порожнина, зовнішні слухові канали, очні ямки – потенційні місця входу вибухової хвилі всередину черепа; 3 – вигини черепа – деформація склепіння черепа під дією ударної хвилі спричиняє його вібрацію, що зумовлює вторинну деформацію

тканини головного мозку; 4 – загальне прискорення голови – ушкодження внаслідок раптового прискорення та гальмування, в цілому аналогічне механізму прямого та зворотного удару при побутовій черпні – мозковій травмі; 5 - повітряна емболія імплізія альвеол може спричинити їх розрив, зумовлюючи виникнення оклюзії та мікроінсультів; 6 – порушення реактивності судин головного мозку: сили, які діють на артерії пі час вибуху, можуть порушити їх здатність до ауторегуляції (своєчасного розширення, звуження для підтримки стабільного кровотоку і головного мозку); 7 – електромагнітний імпульс - рівень енергії, що утворилося пі час вибуху на відстані 15 метрів від епіцентру, достатній для того, щоб її можна було вважати іонізуючою (утворення позитивно заряджених нейтронів); 8 – рефлекс блукаючого нерва – апное та короткочасна деполяризації активності кори головного мозку, які пояснюють виникнення тимчасового паралічу, вазовагальних реакцій та аритмії після вибуху [48, 49, 50, 51, 52]. Серед усіх ушкоджень більш характерна для очного яблука формування гідростатичного шоку та проходження хвиль через очні ямки. Вище зазначалося, що дві треті усіх бойових уражень органу зору комбінуються з пораненнями інших областей тіла, органів та систем [53, 54, 55, 56, 57]. Тому природно, що у зв'язку з цим, з однією сторони, військові офтальмологи повинні мати зв'язний рівень знань та навичок у справі етапного лікування загально хірургічних поранених, а з другої сторони, загальні хірурги, які у військовий час зустрічаються з пораненням ока, повинні мати знання у травматології органу зору та анатомо-фізіологічних особливостей очного яблука [58, 59, 60, 61, 62].

Орган зору або око розташовано в очній ямці і охоплює специфічні рецепторні утвори, що сприймають світло й колір, трансформує світлове подразнення у нервовий імпульс, вищий аналіз якого відбувається в корі півкуль головного мозку. Зоровий аналізатор надає мозку більше 90 відсотків інформації від усіх рецепторів, але що цікаво, що людиною світло

сприймається у діапазоні електромагнітного випромінювання від 400 до 750 нм. Світло розділяється на спектральні компоненти, які мають різну довжину хвиль – від більшої довжини, які здаються нам червоним кольором, до меншої довжини, які здаються синьо – фіолетовим, тому, основу зору складає сприйняття не абсолютної яскравості, а контрасту між світлим і темним. Зорове сприйняття - складний багатоступеневий акт, який починається формуванням зображення на сітківці і завершується виникненням зорового образу у вищих відділах системи зору – у потиличній долі півкуль головного мозку. Система зору складається із периферійного відділу, до якого належить око з його основними апаратами: оптичним, сітчастим та окоруховим; підкіркового відділу - верхні горбики чотиригорбикового тіла, бічне колінчасте тіло, подушка згір'я - задня розширена частина таламуса проміжного відділу головного мозку та зорова кора - кірковий кінець зорового аналізатору – шпорна або острогова борозна потиличної долі головного мозку. Аналізатор зору складається із периферійного, провідникового та центрального відділів і слугує для сприйняття, передачі та аналізу зорової інформації. Периферійний відділ представлений рецепторним апаратом сітківки, який складається у людини із 120 млн. паличок та 6 млн. колбочок. Щільність розміщення для колбочок є максимальної у центрі сітківки - центральної ямки, паличок там немає, але їх кількість зростає у напрямку до периферії, а кількість колбочок у цьому напрямку – зменшується. Біля центральної ямки, ближче до носа, розташована сліпа пляма – місце виходу зорового нерва, в якій немає фоторецепторів, отже ця частина сітківки не бере участі у світосприйнятті. У фоторецепторах містяться зорові пігменти: у паличках - родопсин, у колбочках – йодопсин, котрі складаються із білкової частини – опсину і речовини, яка поглинає світло – хромофору, наприклад у складі паличок таким хромофором є ретинол – альдегід вітаміну А. При поглинанні пігментом фоторецептора кванту світла у ньому виникає еклектичне явище - рецепторний потенціал,

який у біомембранах клітини перетворюється у нервовий імпульс. Провідним апаратом органу зору є зоровий тракт, а аналіз зорової інформації відбувається в кірковому центрі – потиличної долі півкуль головного мозку по краям острогової борозни. В аналізі кольору беруть участь рецептори ока і центральна нервова система. Сприйняття кольору забезпечується колбочками, але у сутінках відрізнити кольори складно, так як функціонують тільки палички. Теорія трикомпонентного кольорового бачення Юнга, Гельмгольца пояснює механізм сприйняття кольору на рівні сітківки [63]. Згідно з цією теорією, у сітківці знаходяться 3 типи колбочок, які містять різні світлочутливі речовини: в одних вони чутливі до червоного, у других – до зеленого, у третіх – до синього кольору. В основі лежить дослід Максвела зі змішуванням в очі трьох кольорів: червоного, зеленого та синього і залежно від їх пропорції можна отримати будь – який інший колір, в тому числі і білий. Герінг запропонував теорію протилежних (опонентних) кольорів, за якою є 4 основні кольори: червоний, синій, зелений і чорно – білу. В підкіркових зорових центрах і корі є рецепторні поля, нейрони центру яких збуджуються червоним кольором і гальмуються зеленим, а нейрони периферії – навпаки. Достовірність теорії підтверджується прикладом послідовного контрасту: якщо довго дивитися на пофарбовану у червоний колір поверхню, а потім перевести погляд на білу, то вона набуватиме зеленого відтінку. Порушення сприйняття кольору - дальтонізм, звичайно передається за спадковістю. Ним страждають близько 8 відсотків чоловіків і 0,5 відсотків жінок. Розрізняють 3 види часткової кольорової сліпоти, кожна з яких характеризується відсутністю сприйняття одного з трьох кольорів: протанопія (не сприйняття червоного кольору, плутаючи його з чорним, темно - сірим, коричневим), дейтеранопія (не сприйняття зелених кольорів від темно – червоних і голубих) і тританопія (не сприйняття синього кольору). Але у 0,01% всіх людей зустрічається ахромазія, яку діагностують за допомогою таблиць Рабкіна - це повна кольорова сліпота, при якій в

колбочках замість пігменту, що сприймає колір, міститься родопсин. У зорової системи є ще такі поняття, як світла та темна адаптація ока, тоді, коли зорова система пристосовується і змінюється сумарне освітлення. При світловій адаптації знижується чутливість рецепторів ока до світла при виході з темного приміщення в світле, яка закінчується протягом перших 4–6 хвилин, при темновій адаптації збільшується чутливість рецепторів ока до світла при переході від яскравого освітлення до темноти, яка закінчується через 40 - 60 хвилин. Зміна чутливості рецепторів пов'язана зі зміною рівноваги між тим, що руйнується і синтезується. У механізмі адаптації ока беруть участь і реакції зіниці, так названий зоровий рефлекс: звуження її при яскравому світлі і розширення в темноті, внаслідок чого використовується певна кількість фоторецепторів, на які діє світло [63]. В організмі людини у процесі еволюційного розвитку утворились своєрідні органи, які чутливі до специфічних подразників. Обов'язковими складовими частинами цих органів є спеціалізовані рецептори, які за допомогою головного та спинного мозку здійснюють зв'язок організму з навколишнім середовищем. За цим типом побудований і орган зору, який відноситься до системи зовнішніх чуттів. Органи чуття побудовані: 1) зкінцевого апарату, що сприймає зовнішні специфічні подразнення; 2) з нервових шляхів, які проводять нервові збудження до 3) центрального органу, де воно дає специфічне для кожного органу почуття. Тобто орган зору складаються з нервових закінчень рецепторного кола, провідного шляху та мозкових центрів, у тому числі кіркового центру. І. П. Павлов запропонував цю складну систему назвати «аналізатор», але, на сьогодні, частіше, вживають назву «сенсорна система». Світлові подразнення сприймаються в людини сітчастою оболонкою, цією найголовнішою частиною органу зору. Вона разом з іншими частинами вміщена в щільний утвір - око (oculus), або очне яблуко (bulbus oculi). Око, розміщене в очній ямці, яка розташована в верхнелатеральному куті орбіти і має кулясту форму, не зовсім, проте,

правильну, бо його передня частина має більшу кривизну, ніж задня, опукліша і відділяється від задньої неглибоким жолобком, що справляє враження немов би вдавнення в стінці кулі. Розміри ока не однакові в різних напрямках. Через більшу опуклість рогової оболонки передньої – задній (сагітальний) розмір ока найбільший. У середньому він становить приблизно 24 мм. Поперечний і вертикальний розміри приблизно однакові, перший в середньому дорівнює 23,6 мм, другий – 23,3 мм. В очному яблуці розрізняють три його оболонки - зовнішню, середню та внутрішню і прозорий вміст. Зовнішня щільна фіброзна оболонка (*tunica fibrosa oculi*) поділяється на дві частини, різко відмінні одна від одної своїм зовнішнім виглядом – склеру (*sclera*) або білкову оболонку становить 5/6 всієї зовнішньої оболонки і рогову оболонку, або рогівку (*cornea*), на неї припадає 1/6 зовнішньої оболонки, вона цілком прозора, через від гомогенності її тканини і від відсутності в ній судин. Склера утворює задню частину зовнішньої оболонки, непрозора, має білий колір – «білок ока», становить 5/6 всієї зовнішньої оболонки. В орбіті схована її більша частина, отже в межах очної щілини видно тільки невелику частину її в формі двох трикутників білого кольору по обидві сторони рогової оболонки. Зоровий нерв проходить ззаду через склеру, де склера потоншена, тканина її тут утворена дуже тонкою сполучнотканинною пластинкою з численними, різної величини, отворами, як решето (*lamina cribrosa*), через які проходять пучки волокон зорового нерва. Місце переходу склери в рогівку має вигляд положистого жолобка (*sulcus scleralis*), який оточує оболонку. Але склера переходить у рогівку не відразу в усій своїй товщині – більш глибокі шари переходять раніш, поверхневі пізніш, так що глибокі периферичні частини прозорої рогівки вкриті з поверхні ще непрозорими шарами склери, яка тут закінчується, но через те, що ці шари склери тонкі, глибокі прозорі шари трохи просвічують через них, і все місце виділяється як напівпрозорий пояс, який оточує рогову оболонку, яка називається лімбом рогової оболонки

(limbus corneae). Щільність і мала податливість склери і рогівки забезпечують оку збереження його форми, усувають можливість різних коливань внутрішньо очного тиску і забезпечують внутрішні частини ока від різних випадкових зовнішніх впливів. Рогівка, будучи передньою, найбільш виступаючою частиною ока, дуже легко підпадає різним зовнішнім впливам, які привести до порушення її прозорості, якщо не будуть своєчасно усунуті. У рогової оболонці багато чутливих нервів, тому саме найменший дотик до неї спричиняє почуття болю і рефлекторно посилення мигання з слъозотечею. Друга - середня оболонка ока утворена так званим судинним трактом (tractus uvealis), який прилягає до зовнішньої оболонки, але не на всьому її протязі і коло місця переходу склери в рогівку судинний тракт відділяється від зовнішньої оболонки і йде далі на певний віддалі від неї, так що тут між роговою оболонкою і відділеною частиною судинного тракту утворюється простір, який називають передньою камерою ока. Судинний тракт поділяють на три частини. Передня, яка не прилягає до зовнішньої оболонки і утворює задню стінку передньої камери, має назву радужної оболонки або радужки (iris) і її видно через рогову оболонку. Вона являє собою тонку плівку, забарвлену в той або інший колір, за яким і визначають колір ока (сірі, голубі, карі очі). В середині радужної оболонки є круглий отвір – зіниця ока (pupilla). Коло місця переходу рогової оболонки в склеру радужка трохи тоншає і переходить у другий відділ судинного тракту – цилиарне, або війкове, тіло (corpus ciliare). Це потоншене місце називають коренем радужки. Цилиарне тіло біля місця, де воно сполучається з радужною оболонкою, має більш – менш значну товщину, до 1 мм і більше, бо тут у ньому закладений гладкий м'яз – війковий м'яз (m.ciliaris). Внутрішня поверхня цилиарного тіла має на собі підвищення, які виступають у порожнину ока, - цилиарні паростки (processus ciliares), число яких досягає семідісяти. В напрямі назад висота паростків зменшується, і, нарешті, вони перетворюються в дрібні складки, які поступово губляться в плоскій частині

циліарного тіла. Частину циліарного тіла, яка має на собі паростки, називають циліарним вінцем (*corona ciliaris*), а задню, позбавлену паростків, плоску частину – циліарним кругом (*orbiculus ciliaris*). Циліарні паростки оточують кришталик, як вінцем, але верхівки паростків до нього не доходять, між ними лишається завжди невеликий простір – коло кришталиковий простір. Задній відділ судинного тракту – судинна оболонка (*choroidea*) – вистилає задні дві третини зовнішньої оболонки. Циліарне тіло переходить у судинну оболонку непомітно, але макроскопічною оптичною границею служить зубчаста лінія (*ora serrata*). Третя - внутрішня оболонка ока утворена сітчастою оболонкою ока, або ретиною (*retina*), яка розвивається з випинання стінки переднього мозкового міхура і таким чином, вона являє собою винесену на периферію частину центральної нервової системи. Михайло Йосипович Авербах, який народився у Маріуполі, уперше описав оперативне лікування відслойки сітківки. Сітківка вкриває всю внутрішню поверхню судинного тракту і пігментного епітелію, але будова її на протязі розташування неоднакова. Задні дві третини сітківки побудовані з високо диференційованих нервових елементів. Тільки ця частина її і сприймає світлові подразнення, є оптично діяльною (*pars optica retinae*)[64, 65]. Завдяки знанням анатомо - фізіологічних особливостей зорового аналізатору, які існують у теперішній час, будові органу зору, підкіркових і кіркових центрів відділів головного мозку можливо прогнозувати наслідки травматичних поранень голови та шиї. Так, у більшості військових конфліктів ХХ ст. проникні поранення голови та шиї за частотою посідали друге місце після ушкодження кінцівок, їх кількість постійно збільшувалася. Під час Другої світової війни первинно проникні поранення голови та шиї відзначені у 4% поранених, війни у В'єтнамі – у 14%, конфлікту в Чечні – у 24 %, військової операції в Афганістані та Іраку – у 27%. У міру удосконалення зброї та зміни характеру ведення бойових дій, тобто застосування міно – вибухових пристроїв і снайперської зброї збільшується частота не лише проникних

поранень голови, а й бойової травми черепа і головного мозку взагалі [66, 67, 68, 69, 70]. До бойових травм голови відносять вогнепальні (кульові, уламкові, міно – вибухові), невогнепальні (відкриті та закриті) поранення та травми. Деякі автори виділяють в окрему групу збройові черепно – мозкові поранення, спричинені табельною - не табельною, вогнепальною невогнепальною зброєю. Умови ведення бойових дій, особливості сучасної вогнепальної зброї докорінно відрізняються від таких у попередніх збройних конфліктів. Вогнепальні поранення голови під час Другої світової війни становили 5,2 % - 7%, у локальних конфліктах сьогоденні – 24 - 27 % [71, 72, 73, 74].

Своєчасна медична евакуація та повноцінне, якісне надання допомоги – це основні умови збереження життя після військових поранень, тому, дуже важливо знати патофізіологію та морфологічні особливості травм, особливо головного мозку та усіх його відділів [75, 76]. Відомо, що більшість травм на полі бою – це ушкодження всього тіла внаслідок вибуху, а невогнепального поранення. Коли спрацьовує вибуховий пристрій рідкий або твердий хімічний матеріал миттєво перетворюється на газ. Хімічна енергія, яка вивільняється, миттєво перетворюється на інші форми енергії: 1 - електромагнітну (світло), 2 - термічну (тепло), 3 - звукову (звук вибуху), 4 - надзвукову (вибухова хвиля високого тиску). Одразу після вибуху виникає початкова хвиля високого тиску (первинна вибухова хвиля), в подальшому настає довша стадія негативного тиску. Аномальне зниження тиску може призвести до розширення та потенційного ушкодження [77, 78]. Вибухові ушкодження ока характеризуються складною комбінованою природою, оскільки одночасно діють ударна хвиля, уламки, термічні та хімічні фактори і контузійні ушкодження, які є причиною складних захворювань [79, 80, 81, 82, 83]. Так, наприклад, контузії можуть в пролонгації викликати катаракту, а по даним авторів, у Німеччині до 8,3 % контузій, спричиняються феєрверками, які становлять помітну частку ушкоджень і можуть бути мішенню для

профілактичних заходів. Lang та співавтори проаналізували частоту очних травм у Німеччині з 2008 по 2022 рік. Найчастішими є контузії очного яблука (~2500 випадків за рік), тоді як розриви очного яблука зустрічаються до 990 випадків за рік. Розриви очного яблука становлять значну клінічну проблему, що супроводжуються втратою внутрішньоочних тканин [84]. Зорові порушення, які включали нейродегенерацію, запалення та судинні порушення, як недооцінений компонент черепно-мозкової травми, надали можливість розробити нові сучасні підходи медичної допомоги, які включають клітинну терапію та нові фармакологічні стратегії у військово – польової хірургії [85, 86, 87]. Засновником військово – польової хірургії був Микола Іванович Пирогов і саме він заклав основи і того її розділу, який відноситься до надання невідкладної допомоги при пошкодженні органу зору на війні. У 1865 році уперше М. І. Пирогов описав різні види бойових уражень та контузій органа зору. У цей період, було досконало визначено значення енуклеації для профілактики симпатичного (другого) запалення ока. Але, на сьогодні, характер ураження очного яблука змінився, у зв'язку зі зміною зброї, яку використовують у теперішній час, після вибуху якої відбувається поява та збільшення первинних та вторинних осколків, у тому числі і маленьких. Поранення ока маленькими осколками найчастіше зустрічається та здобуває велике значення, але у прогнозі такі ураження значно кращі, тому, що рідко руйнують очне яблуко, ніж кульові. Тому дуже важливо своєчасно надання невідкладної допомоги після травмування очного яблука та зрозуміння того часу, при якому після вибуху ще можна зберегти око та його структури, особливо сітківку та зоровий нерв. Цим дуже важливим органом займався видатний Володимир Петрович Філатов, який займався проблемами пересадки рогівки та тканинної терапії, який говорив, що «кожна людина народилась, щоб бачити Сонце». Першим великим відкриттям його був метод пластики на круглому стеблі, який завоював

всесвітнє визнання, в онові якої створюється «стебло» зі шкіри, живий шкірний клапоть та його пересаджують на пошкоджену частину тіла.

Залежно від мети, яку поставив перед собою дослідник під час моделювання впливу повітряної ударної хвилі на організм щурів, в основі алгоритму експерименту мусить бути заздалегідь спланований, чітко побудований порядок дій із визначеним місцем проведення експерименту, способом та пристроєм для моделювання впливу повітряної ударної хвилі, терміном та тривалістю експерименту, видом, статтю та віком тварин, способом контролю та кількісного визначення фізичних, хімічних та інших характеристик факторів вибуху, що досліджують [88]. В роботах були досліджені клінічні особливості та результати лікування вибухових травм ока. Комбіновані травми після впливу ударної хвилі та уламків мають гірший прогноз, який можливо дослідити за допомогою експериментальних моделей. Основною вимогою до експериментальної моделі вибухо - індукованої травми є однократна або багаторазова дія патогенного чинника, що дає змогу відтворити максимально натуральні патологічні фази у тварин, які відбуваються під час реальної клінічної ситуації. Окрім цього, отриманий результат, встановлений різними методами досліджень має бути пов'язаний із дією шкідливого компонента впливу повітряної ударної хвилі [89, 90].

Отже, травми ока різного генезу мають спільні патофізіологічні механізми, однак вибухові ушкодження характеризуються більшою складністю, тяжкістю та гіршим прогнозом. Вони поєднують механічні, запальні та нейротравматичні компоненти, що потребує ранньої діагностики, оцінки факторів ризику та мультидисциплінарного підходу до лікування і профілактики.

1.2. Сучасний стан аналізу краніологічних особливостей після впливу повітряної ударної хвилі

Череп - це система з постійним тиском та об'ємом і можливість розширення тканини головного мозку під час тимчасової кавітації значно обмежена, що лише підсилює передачу балістичної кінетичної енергії речовини великого мозку, у зв'язку з чим, можливим шляхом виходу кінетичної енергії є розрив тканини головного мозку і виникнення вибухових переломів у ділянках черепа з тонкими кістками, такими, як очна ямка, в котрій розташована око [91, 92]. Крім того, вибухові хвилі як позитивного, так і негативного тиску можуть відвідати предмети і людей на значну відстань та визивати поранення структур очниці. По класифікації бойові поранення очниці мають наступні характеристики, так як це ураження ізольоване або комбіноване з ураженням інших органів, наприклад, черепа та мозку, щелеп та обличчя, носу та придаткові пазухи[93, 94, 95, 96, 97]. По друге, важливо, направлення ранового каналу – пряме, непряме або дотичне (рис.1 - А, Б).

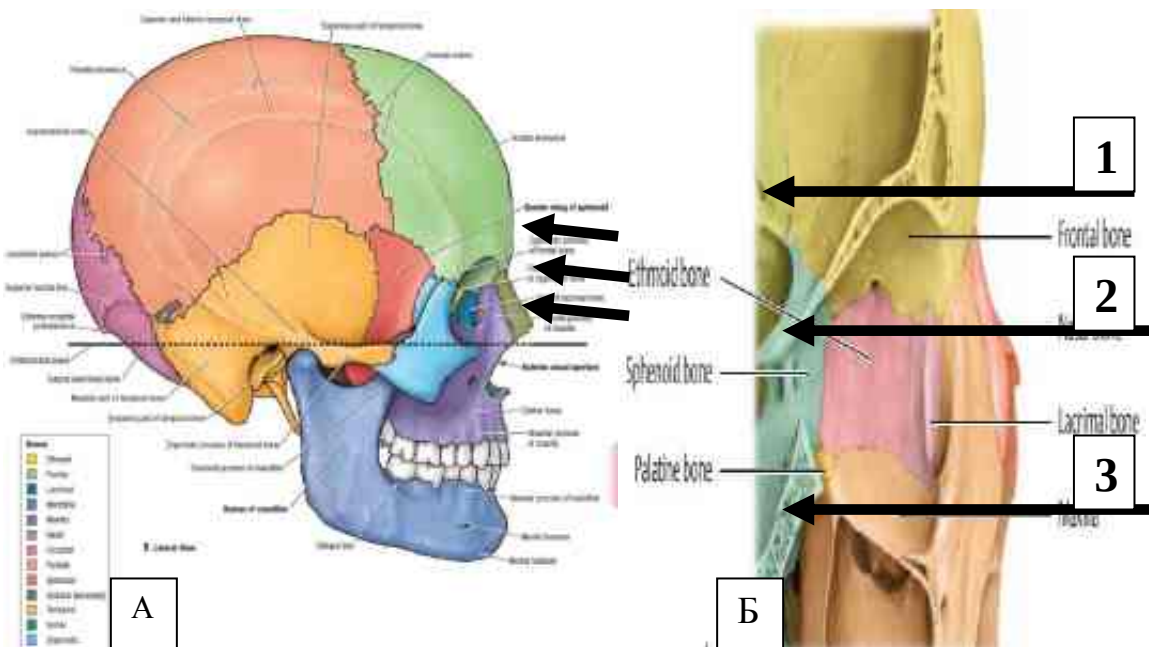


Рис. 1. Відношення ранового каналу до стінок та порожнин очниці.

1 – при дотичному пораненні; 2 – при прямому пораненні; 3 – при непрямому пораненні.

Однак, потрібно розуміти відношення ранового каналу до стінок та порожнинам орбіти: при прямому пораненні рановий канал проходить через орбіту; при непрямому поранення – він розташовано поза очницею, не торкаючись її кісткових стінок, але в них виявляються тріщини або переломи, але рановий канал не проникає в її порожнину [98, 99, 100]. Важливе направлення ранового каналу – сагітальне або сагітальне – косо, поперечне та поперечно – косо, або вертикально та вертикально – косо, потім - з ураженням кісток та без ураження; без сторонніх тіл та з ними – у орбіті та у мозку. Але теж потрібно пам'ятати, що, і час має значення.

Під час бойових дій повітряна ударна хвиля є основною причиною поранень і пошкоджень голови та шиї, окремо ділянок лицевої частини черепа та головного мозку [101]. При травмах черепа можуть спостерігатися різні чутливі та трофічні розлади з боку органу зору. Частіше це паралічі та парези, які зв'язані з поширенням переломів і тріщин кісток черепа. 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 [101, 102, 103]. У роботі Kempraj і Mohan було узагальнено сучасні дані щодо уражень рогівки після вибуху. Показано, що навіть легка черепно-мозкова травма може супроводжуватися значними зоровими порушеннями. Близько 25% ветеранів мають ураження рогівки, включаючи набряк, помутніння, неоваскуляризацію та пошкодження ендотелію. Імунна відповідь відіграє ключову роль у прогресуванні ураження. Автори наголошують на необхідності раннього офтальмологічного обстеження для запобігання незворотній втраті зору [104]. Основною причиною їх є переломи основи черепа та окремих кісток і крововиливи в речовину головного мозку, які супроводжуються різними клінічними симптомами. Так, одностороннє розширення зіниці з 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. Важливо, що стійкі зіничні порушення при травмах черепа давністю більше 20 - 30 днів змушують припустити значне ураження головного мозку [105]. 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 [106, 107]. На користь базального характеру паралічів м'язів очей може говорити 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 розвивання невропаралітичного кератиту [108, 109, 110]. Тому, для розуміння структурної перебудови, яка відбувається після впливу ударної хвилі у зорової системі, потрібно більш ретельне вивчення та аналіз не тільки структур сенсорної системи, а і черепу та особливо кісток, які формують очну ямку, де розташоване очне яблуко та кісток, які мають захисну функцію для потиличної долі головного мозку. На сьогодні 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, орган зору, у зв'язку з чим, вивчення будови черепа є важливим для розуміння патогенезу різних посттравматичних змін. Денпу та співавтори показали, що за 19 років з 2000 по 2019 роки інвестиції у дослідження вибухових (blast) травм становили понад \$902 млн., при чому, найбільше

фінансування припадало на дослідження черепно-мозкових травм (47,4%), тоді як офтальмологічні дослідження отримали лише 7% [111]. Незважаючи на клінічну значущість, офтальмологічні аспекти вибухової травми отримують відносно менше фінансування порівняно з черепно-мозковою травмою. Більшість інвестицій спрямована на доклінічні дослідження, що відображає недостатній рівень трансляції отриманих знань у клінічну практику та підкреслює необхідність розширення досліджень у сфері офтальмотравматології, для чого потрібно досліджувати і всі кістки, які розташовані навколо органу зору. Відомо, що скелет щура складається у середньому з 275 кісток, які мають у складі 50 % - води, 28 % - органічні речовини, а на 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 і черепа у цілому. Тому, для досягнення цієї мети, ми дослідили будову черепа щура в експериментальних групах у зрівнянні з контрольною після впливу поверхневої ударної хвилі.

Також отвори основи черепа є ключовими шляхами для проходження нервів та кровоносних судин, а їх топографія відіграє важливу роль у нейрохірургічній та щелепно - лицевій хірургії [112, 113, 114]. Вади розвитку черепно – лицевій ділянки є серйозною проблемою в медицині та варіюються від легких до таких, що потребують негайного хірургічного втручання [115, 116, 117]. Попри значну кількість досліджень, досі існує потреба в систематизованому аналізі отворів в черепі на етапах перинатального онтогенезу, що імовірно пов'язано зі складністю самої ділянки, близькістю до головного мозку та обмеженим доступом для вивчення [118, 119, 120].

1.3. Сучасний стан функціональних порушень структур органу зору, у зв'язку з різними соматичними захворюваннями у зрівнянні з нормальною будовою його оболонок

Функціональні порушення структур органу зору зустрічаються при різних захворюваннях, які, в окремих випадках, зустрічаються і після офтальмологічної травми. Ці прогресуючі захворювання, пов'язані з порушенням оптико – механічних властивостей основної речовини рогівки та формуванням рубцевої тканини [121, 122, 123]. Одним з них є кератоконус - захворювання, при якому рогівка стає тоншою і випинається набуваючи конічної форми. А через конусоподібну форму рогівки при кератоконусі промені світла в її різних точках переломлюються нерівномірно, тому гострота зору знижується, як при короткозорості, людина бачить предмети спотвореними, лінії – зламаними, як при астигматизмі. Сформовані рубці, часто бувають зрощені з райдужною оболонкою, капсулою кришталика і навіть зі склоподібним тілом, якщо порушується цілість прикордонної мембрани. У тяжких випадках спостерігається відрив її кореня – іридодіадізю ця відірвана частина райдужної оболонки може бути натягнута у вигляді тяжа, може бути загорнутою або вивернутою пігментним листком назовні. Але більшість захворювань, які є причиною втрати зору, вражають сітківку, яка є надзвичайно складною за своєю мікроструктурою тканиною, яка виконує не тільки функцію світлосприйняття, але й забезпечує первинну обробку зорових сигналів, формуючи потік інформації для подальшої передачі в головний мозок. Її анатомо - гістологічна організація унікальна: у межах дуже тонкої пластинки товщиною близько 0,2 – 0,5 мм співіснують та тісно взаємодіють високоспеціалізовані нейрональні та гліальні клітини, судинні елементи та структури, що утворюють бар'єрні системи. Головною особливістю сітківки є її багат шарова будова, що включає десять різних шарів, кожен із яких виконує певну функцію, але разом вони забезпечують цілісність зорового процесу. Багат шарова організація сітківки, описана ще в XIX столітті при використанні світлової мікроскопії, підтверджена та уточнена сучасними методами електронної мікроскопії та молекулярної

біології. Кожна зі структур забезпечує передачу та трансформацію сигналів від уловлювання фотонів до формування електричних імпульсів, що надходять у зоровий нерв. Фоторецептори сітківки представлені двома основними типами клітин - паличками та колбочками. Палички призначені для сприйняття слабкого світла, забезпечуючи скотопічний зір, тобто можливість бачити при низькій освітленості. Їхньою ключовою особливістю є висока чутливість до світлових квантів за відносно низької роздільної здатності та відсутності сприйняття кольору. Колбочки, навпаки, функціонують в умовах достатньої освітленості та забезпечують фотопічний зір – чітке та кольорове сприйняття. Фоторецептори тісно взаємодіють з пігментним епітелієм сітківки, клітини якого здійснюють фагоцитоз дисків зовнішніх сегментів, які постійно оновлюються, беруть участь у регенерації зорових пігментів та забезпечують транспорт метаболітів між хоріокапілярами та фоторецепторами [124, 125, 126]. Крім того, пігментний епітелій виконує бар'єрну функцію та захищає сітківку від окислювального стресу, поглинаючи надмірне світло і перешкоджаючи розсіюванню фотонів у середині ока, а взаємодія фоторецепторів та пігментного епітелію є динамічною та безперервною системою, порушення якої призводить до важких дегенеративних процесів, включаючи вікову макулярну дегенерацію [127, 128, 129, 130]. Основою дегенерації є порушення нейроваскулярного гомеостазу, при якому накопичується ліпофусцин та ретиноїди, відбувається ліпідизація мембрани Бруха та дисфункція пігментного епітелію, що запускають оксидативний стрес, мітохондріальну недостатність, активацію комплементів. Гіпоксія посилює проникність бар'єрів, неоваскуляризацію та фіброз, а реактивні клітини Мюллера та мікроглія підтримують хронічне запалення та загибель фоторецепторів, від яких сигнал до гангліозних клітин здійснюється через систему проміжних нейронів - біполярних клітин, серед яких одні активуються зі збільшенням освітленості, інші - за її зниження, що дозволяє сітківці здійснювати первинний аналіз контрастів та зміни

світлового потоку [131, 132, 133]. Важливими інтернейронами сітківки є горизонтальні та амакринові клітини. Горизонтальні клітини забезпечують механізм латерального гальмування, завдяки якому сітківка здатна підвищувати просторову контрастність зображення та виділяти межі об'єктів, а амакринові клітини, що знаходяться у внутрішньому сплєтені шарі, беруть участь у регуляції тимчасових характеристик зорових сигналів, активності гангліозних клітин та формуванні складних повторюваних закономірностей та відповіді на рух та мерехтіння. Тіла гангліозних клітин розташовані у внутрішньому ядерному шарі, а аксони формують шар нервових волокон, який збирається в диск зорового нерва і далі прямує в латеральне колінчасте тіло, яке є підкорковим зоровим центром, функціонування якого залежить і від судинного забезпечення сітківки, яке організовано двома джерелами: внутрішні шари одержують кров із центральної артерії сітківки, гілки якої формують капілярну мережу в межах нервової тканини, а зовнішні шари, включаючи фоторецептори, забезпечуються кровотоком хоріокапілярів судинної оболонки, яке необхідне для задоволення високих енергетичних потреб сітківки, особливо фоторецепторів, які є одними з найбільш метаболічно активних клітин організму. Порушення судинного забезпечення відбувається за допомогою двох механізмів перфузійного поступової втрати капілярів хоріокапілярису, особливо в зонах географічної атрофії та ангіогенного – гіпоксично індукованої неоваскуляризації, яка залишає після себе фіброз та стійкі фенотипи проникності. [134]. Ключовим елементом судинної системи сітківки є гематоретинальний бар'єр, який забезпечує вибіркового транспорту речовин та захищає нейрони від токсичних впливів і який поділяється на внутрішній, утворений ендотеліальними клітинами ретинальних судин із щільними контактами, і зовнішній, що формується клітинами пігментного епітелію. Порушення цілісності гематоретинального бар'єру спостерігається при діабетичній ретинопатії, запальних процесах та дегенеративних

захворюваннях, що призводить до набряку, інфільтрації та прогресуючої втрати функції сітківки[135, 136, 137]. В умовах хронічного запалення та гіпоксії цитокіни підвищують судинну проникність, що є основою ураження бар'єру є первинним механізмом макулярного набряку [138, 139]. Діабет відкриває цілий фронт молекулярних ушкоджень - від гіперглікемічних шляхів до посиленого утворення кінцевих продуктів глікування та окислювального стресу і ретинопатія супроводжується не тільки судинними порушеннями, а і нейродегенерацією з ранніми порушеннями нейроглії та ПЕМ, активація запальних шляхів та розбирання щільних контактів ендотелію, які пояснюють підвищену проникність та схильність до набряку і довгостроковий дефіцит кровотоку, який корелює з додатковими захворюваннями - атеросклерозом та дисліпідемією [140, 141, 142].

Діагностики дегенеративних захворювань та сучасна методологія вивчення сітківки будується на синтезі морфології, судинних карт, електрофізіології та молекулярної валідації. Оптична когерентна томографія стала фундаментом для можливості безконтактної мікрометрової візуалізації внутрішніх ретинальних шарів за принципом низькокогерентної інтерферометрії, яка вибірково тестує гангліозні клітини і макулярну функцію, допомагаючи диференціювати макулопатію та нейропатію, підкреслюють необхідність генетичного консультування. Паралельно розвивається оптогенетика, яка допомагає відновленню зорової функції та відкриває шлях для «ген-незалежних» стратегій, а інтенсивний контроль глікемії та тиску зменшує ризик прогресії ретинопатії та погіршення зору; додатково системні ліпідомодифікатори типу фенофібрату знижували потребу в лазерному лікуванні та гальмували прогресування при легкій та помірній ретинопатії, ймовірно, за рахунок плеiotропних протизапальних ефектів.

Аналітичний огляд літературних даних свідчить про складову проблеми уражень структур органу зору та усіх можливих ускладнень, особливо, що стосується захворювань сітківки при цукровому діабеті. Представлений

літературний огляд поточного розуміння та нових уявлень про патофізіологію діабетичної ретинопатії, морфологію, а також клінічні методи діагностики і лікування пацієнтів даної патології. Орган зору, як периферична частина зорового аналізатору та потилична кора, де розташований центральний аналізатор реагують на вибух як неоднорідна тканина, внаслідок рівного впливу інерції, що спричиняє зміщення на поверхні розділу між структурами [143].

Таким чином, вищенаведені данні свідчать про надзвичайну складову проблеми травматичних та посттравматичних уражень структур очної ямки, відносно будови очного яблука, розташування провідних шляхів зорового аналізатору та його кіркового кінця у потиличній долі головного мозку. Так, розвиток посттравматичних ушкоджень очного яблука знаходиться у прямої залежності від характеру, тяжкості, об'єму ушкодження, їх пролонгованих проявів - індивідуальних та варіабельних, що значною мірою ускладнюють швидку діагностику і, як слідство - визначення критеріїв лікування в офтальмологічній практиці. Ударна вибухова травма ока є складним міждисциплінарним викликом, що потребує поєднання клінічних, експериментальних та профілактичних підходів. Незважаючи на значний прогрес у розумінні патогенезу, залишаються суттєві прогалини у ранній діагностиці, лікуванні та профілактиці, що визначає актуальність подальших досліджень у цій сфері. Тому проаналізувати дані літературних джерел, щодо впливу повітряної ударної хвилі на організм людини та тварин, дані про експериментальні моделі офтальмологічної травми, особливості впливу повітряної ударної хвилі на орган зору та аналіз захворювань, які є причиною патоморфологічних змін, які зустрічаються після окулоорбітальної травми, було завданням цього розділу.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасні уявлення та розуміння ударно - хвильового впливу на систему зорового аналізатору (аналітичний огляд літератури). Перспективи та інновації науки. 2024;11(45):1795-1810. DOI:[https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11(45)-1795-1810).
2. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI:10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.
3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.
4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.
5. Л. В. Абдул - Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 – 2025:49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55.
6. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 4 (179), с. 275-284. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.
7. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875).

8. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А. Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т.В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») №3 (61) -2026, с. 1815-1824.DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Матеріал дослідження

У дослідженні було задіяні 105 білих безпородних статевозрілих щурів вагою 180 - 200 г. Комісією з етичних питань та біоетики Дніпровського медичного університету (протокол № 34 від 14.01.26 року) встановлено, що проведені дослідження відповідають етичним вимогам, відповідно наказу МОЗ України № 231, від 01.11.2005 року. Під час роботи з експериментальними тваринами дотримувалися принципів Гельсінської декларації, прийнятою Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964 - 2000 р.), Конвенцією Ради Європи про права людини та біомедицину (1997 р.), відповідно положенням ВООЗ, Міжнародної ради медичних наукових товариств, Міжнародного кодексу медичної етики (1983 р.) та законам України, «Загальним етичним принципам експериментів над тваринами», які затверджені I Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001р.) згідно з положенням «Європейської конвенції із захисту хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 1987) [144, 145].

Забір матеріалу для анатомічного дослідження проводили у віварії Дніпровського медичного університету. До експерименту всі щури були оглянуті, зважені, враховуючи їхню рухову активність та стан шкіри. Після зовнішнього огляду та відбраковування починали експеримент паралельно контрольній групі. Увесь період підготовки к експерименту та під час його проведення, щури знаходилися у віварії ДЗ"ДМА", при температурі 20-25 С, вологості не менш 50%, у добре провітреному приміщенні та світовому режимі день / ніч, у стандартних пластикових клітках з розмірами, не більш п'яти особин у кожній при стандартному раціоні харчування: добова потреба дорослої тварини становить у середньому 30-32 г (25 г сметанного корма, 5-7

г овочів. Усі щури, які прийняли участь у експерименті, мали здоровий вигляд і були активні. Експериментальні тварини були розподілені на 4 групи по 21 об'єкту - у чотирьох експериментальних групах, що складало 20,0% та 21 об'єкт (20%) – у контрольної групі. Розподіл досліджуваного матеріалу контрольної та експериментальних груп представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Розподіл матеріалу контрольної та експериментальних груп

Назва експериментальних груп	Контрольна	Ударна хвильова дія, гострий період, перша доба	Ударна хвильова дія, ранній період, 7 діб	Ударна хвильова дія, пізній період, 14 діб	Ударна хвильова дія, віддалений період, 30 діб
	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4	Група 5
Всього об'єктів: 105 (100 %)	<u>21</u> 20,0 %	<u>21</u> 20,0 %	<u>21</u> 20,0 %	<u>21</u> 20,0 %	<u>21</u> 20,0 %

Такий розподіл контрольної та експериментальної груп дав змогу визначити вплив травми з різним періодом ударно – хвильової дії на орган зору щура та його структур. Макроскопічне дослідження проводилося після фіксації рідиною Буєна та після тотального забарвлення гематоксиліном. Забір матеріалу проводився, починаючи з першої години після впливу повітряної ударної хвилі після офтальмологічної травми. Наявність контрольної групи дало можливість виявити ці посттравматичні зміни.

2.2. Методи дослідження

У зв'язку з цілями та завданнями дослідження був використаний адекватний комплекс методів анатомічного, гістологічного, краніометричного, морфометричного, електронної мікроскопії та біоматематичного аналізу. Усі методи можна уявити як комплекс морфологічних, гістологічних та морфометричних методик.

2.2.1. Методи моделювання

Щури - є об'єктом морфологічних досліджень, яких було прооперовано за період 2024 – 2025 роки. Щури підлягали ударно - хвильовому впливу на орган зору та були поділені на чотири дослідні групи і група контролю, яких виводили з експерименту у першугодину, але спостерігали за змінами на першу добу, через сім діб, чотирнадцять та тридцять діб після отримання ними баротравми. Морфологічним субстратом ушкодження є орган зору та структури складової зорового аналізатору.

Спосіб моделювання: 105 тварин - щурів - самців, знаходилися у звичайних умовах у стандартній клітці, за якими проводилося систематичне спостереження. Для того, щоб провести експеримент вибухової хвилі застосовувався галотан (Halothane, Germany), який використовували у вигляді інгаляційного наркозу. Галотан - високоактивний засіб для інгаляційного наркозу, який спричиняє аналгезуючу і міорелаксуючу дію, він блокує симпатичні ганглії, спричиняє розширення кровоносних судин шкіри та м'язів, підвищує тонус блукаючого нерва, спричиняючи брадікардію, знижує внутрішньо очний тиск. Він здійснює безпосередній вплив на міокард, знижує систолічний об'єм та скоротливість міокарда і підвищує чутливість міокарда до катехоламінів. Він не подразнює дихальні шляхи, не збільшує секрецію слини та виділення бронхіального секрету, чинить деяку бронхолітичну дію, пригнічує кашльовий та блювотний рефлекс, але потрібно пам'ятати, що щура не годують мінімум за 3 години до надання

наркозу. Не впливає на вуглеводний обмін, пропорційно інтенсивності наркозу знижує скоротливу здатність біометрія. Формула- $\text{BrClHSC}_2\text{F}_3$ молекулярна маса – 197,4. Проводили вплив вибухової хвилі на головний (краніальний) відділ тварини, тому її розташували горизонтально (подовжньо), головним відділом до мембрани з фіксацією шиї, кінцівок, хвоста за допомогою фігурної металевої конструкції з затиском у горизонтальному положенню на животі (рис. 2.1 - А, Б).

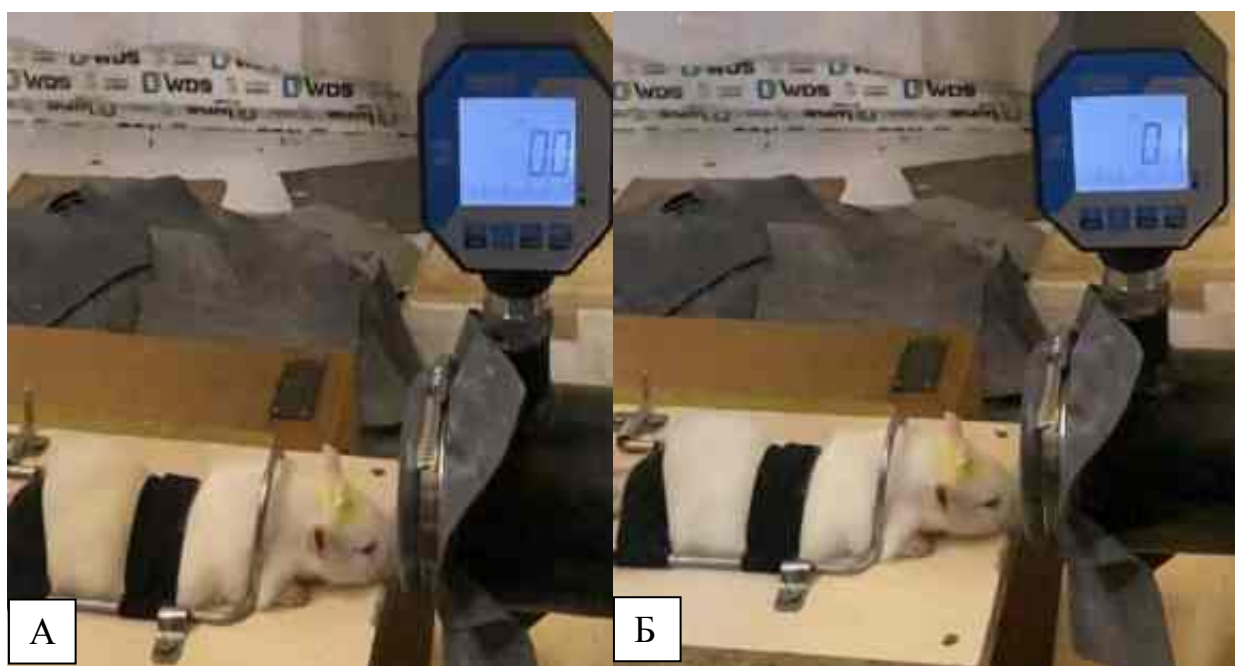


Рисунок 2.1 - М'яка фіксація (А) та дослідження дії на орган зору щурів ударної хвилі вибуху з початку експерименту (Б).

На відкритому кінцевому отворі камери низького тиску закріпили гумову діафрагму. Підключенням пристрою до стандартної електричної мережі активували електромагнітний клапан, який перекрив сполучення між камерами високого та низького тиску. Наступним етапом додано в дію компресор, який упродовж 5-10 секунд нагнітав повітряну суміш у камеру високого тиску. Після досягнення відповідного тиску, в дію, було застосовано електромагнітний клапан, який відкрив сполучення. А потік повітряної суміші з надлишковим тиском вивільнюється в камеру низького

тиску. Одночасно після включення електромагнітного клапану відбулося відключення компресора. Досягнувши вихідного кінця, цей потік повітря з ударною хвилею зруйнував діафрагму та вплинув місцево на піддослідного щура і розриву діафрагми було зафіксовано сенсором динамічного тиску (рис.2.2 – А, Б).

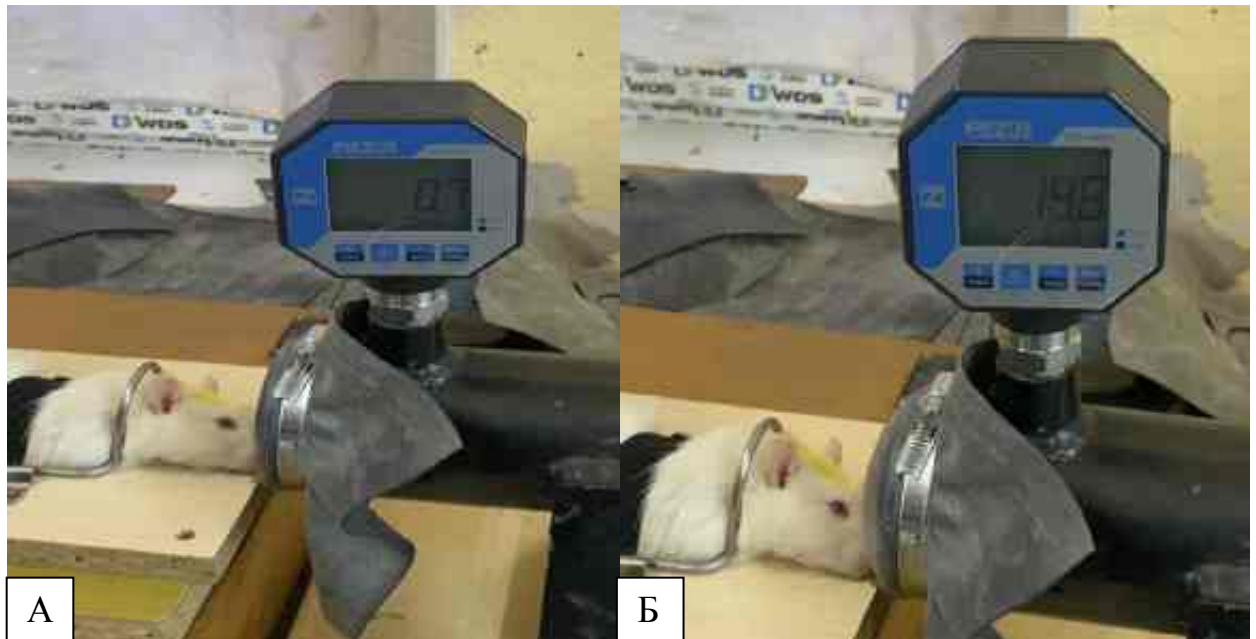


Рисунок 2.2- Рисунок 2.1 - М'яка фіксація (А) та дослідження дії на орган зору щурів ударної хвилі вибуху наприкінці експерименту (Б).

Отже, пропонований пристрій для дослідження дії на орган зору щура вибухової хвилі вибуху забезпечує відтворення повітряної ударної хвилі з мінімальним реактивним ефектом та широким діапазоном пікового тиску в лабораторних умовах без застосування спеціальних засобів та персоналу, але з чіткою послідовністю дій, що і дає змогу відтворити патологічні фази у тварин, які відбуваються під час реальної ситуації, що надає змогу обґрунтувати цю якісну модель впливу такого патогенного чинника, особливо у теперішніх умовах, як вибухова хвиля на структури зорового аналізатору. В нашому експерименті щури піддавалися струнній обробці обличчя, тобто вибух піддавався на все обличчя, при чому ніс був

спрямований у бік трубки, а очі були розташовані з обох боків голови, що дає велике поле зору. Усі тварини – самці, знаходилися у звичайних умовах у стандартній клітці, за якими проводилося систематичне спостереження. Досягнувши вихідного кінця, цей потік повітря з надлишковим тиском (ударна хвиля) зруйнував діафрагму та вплинув місцево на підослідну тварину. Момент розриву діафрагми було зафіксовано сенсором динамічного тиску. Моделювання вибухово-індукованої офтальмологічної травми відтворювали за допомогою пристрою №146858 (рис. 2.3 - А, Б).

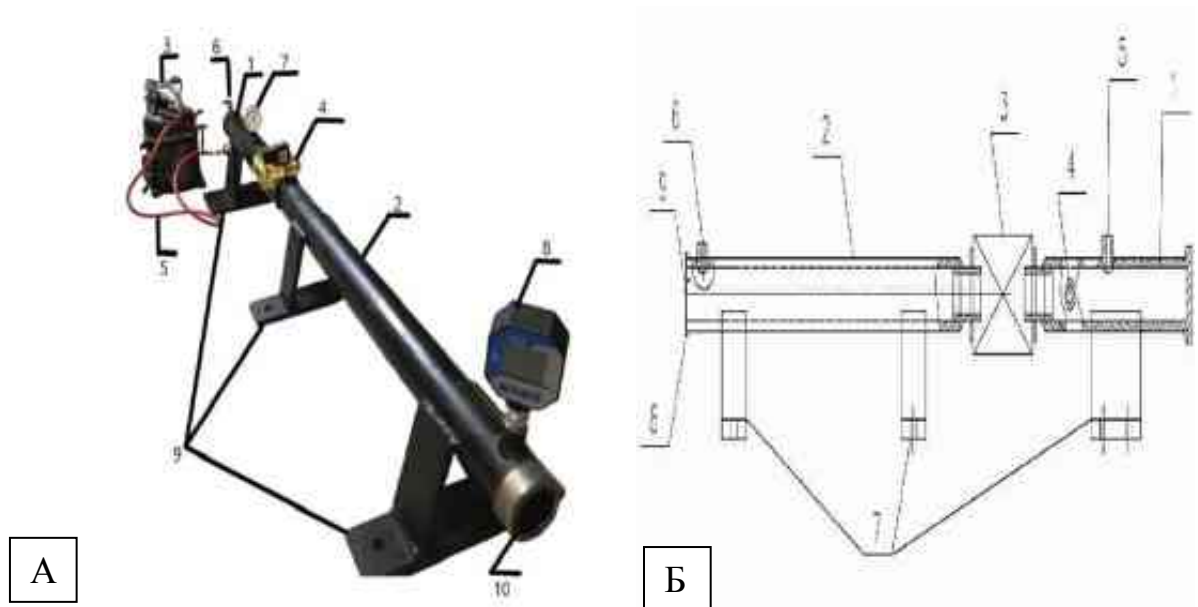


Рисунок 2.3 - А - пристрій для дослідження дії на організм ударної хвилі вибуху, Б – схема пристрою для дослідження дії на організм ударної хвилі вибуху.

- 1 – камера високого тиску;
- 2 – камера низького тиску;
- 3 – електромагнітний клапан;
- 4 – отвір для закріплення манометру;
- 5 – отвір для нагнітання повітряної суміші;
- 6 – отвір для датчика вимірювання динамічного тиску;
- 8 – відкритий кінцевий отвір з одноразовою гумовою діафрагмою;
- 9, 7 – три металеві опори для закріплення на поверхні.

Отже, пропонований пристрій для дослідження дії на організм ударної хвилі вибуху забезпечує відтворення повітряної ударної хвилі з мінімальним реактивним ефектом та широким діапазоном пікового тиску в лабораторних умовах без застосування спеціальних засобів та персоналу. За час проведення роботи внаслідок впливу вибухової хвилі, ні одна експериментальна тварина не вмерла. Під загальним знеболенням - внутрішньоперитональне введення тіопенталу натрію в дозі 5 мг/кг маси тіла щурів оперували та виводили з експерименту, після чого призначали забір біологічного матеріалу, до того ж призначали огляд та стан очного яблука. Під дією тіопенталу натрію подовжується період відкриття гамааміномасляної кислоти (ГАМК) залежних каналів на постсинаптичних мембранах нейронів головного мозку, час входу іонів хлору всередину нервової клітини та виникає гіперполяризація мембран та пригнічує збуджувальну дію амінокислот – аспартату та глутамату. Протисудомна активність підвищуючи поріг збудливості нейронів та блокуючи проведення та поширення судомного імпульсу головним мозком сприяла міорелаксації, пригнічуючи полісинаптичні рефлексії, та сповільнює проведення по вставних нейронах спинного мозку, уповільнювала метаболічні процеси у головного мозку, утилізацію мозком глюкози та кисню. Має снодійну дію, яка проявляється у прискоренні процесу засинання та змінням структури сну; пригнічує дихальний центр та зменшує його чутливість до вуглекислого газу, здійснює негативний ізотропний ефект: зменшує ударний об'єм, серцевий викид та артеріальний тиск, зменшує ємкість венозної системи, знижує печінковий кровоток та швидкість клубочкової фільтрації. Тривалість анестезії у середньому 30 хвилин, а анагетична дія препарату триває довше, ніж анестезія. В результаті дослідження, під час анестезії спостерігалось зниження тонічного скорочення кругових м'язів ока і повіки щура залишались широко відкритими. Тому ми змогли проаналізувати первинні наслідки вибухової хвилі на очне яблуко, так як, насамперед, поверхні їхній

очей отримали основний удар вибухової хвилі, який проводили за допомогою ударної труби зі стисненим повітрям. Але потрібно враховувати, що череп щура має конічну/обтічну форму з очима, більш зміщеними вбік. Дослідження проведені з дотриманням основних положень Закону України № 3447 – IV від 21.02.06 р. «Про захист тварин від жорстокого поводження» (2006), Директиви Ради Європи 2010/63 EU щодо експериментів на тваринах [145].

2.2.2. Макро - мікроскопічні методи

Препарування використовувалося для виділення очного яблука щурів контрольної групи та чотирьох експериментальних груп після впливу ударної хвилі у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди (рис.2.4). Топографічні зрізи очного яблука та зорової ділянки потиличної долі кори головного мозку контрольної та чотирьох експериментальних груп діставали з парафінових блоків, у які був залитий попередньо фіксований матеріал.



Рисунок 2.4 - Очне яблуко щурів контрольної групи (А) та після впливу повітряної ударної хвилі у гострий період (Б).

2.2.3. Гістологічні методи

Для вивчення структурних компонентів очного яблука щурів та складових зорового аналізатору, їх співвідношень використовували гістологічні зрізи, які були забарвлені стандартними гістологічними методиками. Виготовлення серійних гістологічних зрізів, світлова мікроскопія при використанні оглядових видів забарвлення (залізним гематоксиліном Гейденгайна, гематоксилін - еозином). Метою даної методики було виявлення специфічних змін тканини очного яблука після впливу вибуховоіндукованої експериментальної травми у першу, сьому, чотирнадцяту та тридцяту доби після впливу.

Для гістологічного дослідження тканину очного яблука фіксували в рідині Буенау 10% розчині формаліну (рН 7,4) упродовж не менше 24 годин при кімнатній температурі. Потім зразки зневоднювали у висхідних концентраціях етанолу, очищували в ксилолі та просякали парафіном. Після цього просякнуті парафіном тканини заливали в парафінові блоки. З блоків отримували серійні зрізи товщиною 4 мкм за допомогою мікротому Thermo HM 355S (Thermo Scientific, Німеччина) та 5 - 7 мкм на мікротомі MC-2. Зрізи кожного зразку тканини використовували для загального гістологічного забарвлення тканин за допомогою гематоксиліну та еозину. Потім проводили дегідратацію у висхідних концентраціях етанолу, просвітлювали в ксилолі та уміщували в заключне середовище під покрівельні скельця. Мікроскопію гістологічних зрізів проводили з використанням мікроскопу Axio Imager 2 (Zeiss, Німеччина) на збільшеннях $\times 200$ та $\times 400$ (рис. 2.5 – А, Б). Для використання оглядових препаратів проводили забарвлення гістологічних зрізів із використанням гематоксиліну та еозину. Для цього зрізи після депарафінізації попередньо обрамляли 5 % розчином залізно аміачних квасців упродовж 6 хвилин при температурі $+70^{\circ}\text{C}$, та фарбували розчином Гейденгайна (0,5 г гематоксиліна у 10 мл етанолу і 90 мл дистильованої води)

упродовж 4 хвилин при температурі $+ 80^{\circ} \text{C}$. Після заключення зрізів бальзамом, препарати вивчали під мікроскопом. Зневоднення препаратів здійснювали за допомогою проведення їх через батарею спиртів зростаючої концентрації (від 30 градусів аж до абсолютного спирту включно).

Для вивчення тонких структур (клітинний склад очного яблука) готували напівтонкої зрізи товщиною 1-2 мкм (епон - аралдит ловикрил) та готували для стереологічного аналізу. Для виготовлення напівтонких зрізів фрагментів очного яблука шматочки тканини об'ємом близько 1 мм^3 фіксували в 2,5 % розчині глутаральдегіда, виготовленим на 0,1 м фосфатному буфері (pH 7,4) протягом 2-х годин при кімнатній температурі. Дофіксацію проводили 1% розчином чотирьохокису осмію на тому же буфері протягом 2-х годин. Після зневоднення шматочки тканини вкладали в суміш епону й аралдиту, зрізи товщиною 1 мкм виготовляли на ультрамікротомі УМТП-5-М. Для виготовлення оглядових препаратів проводили, фарбували зрізи метиленовим блакитним – азуром II - основним фуксіном.

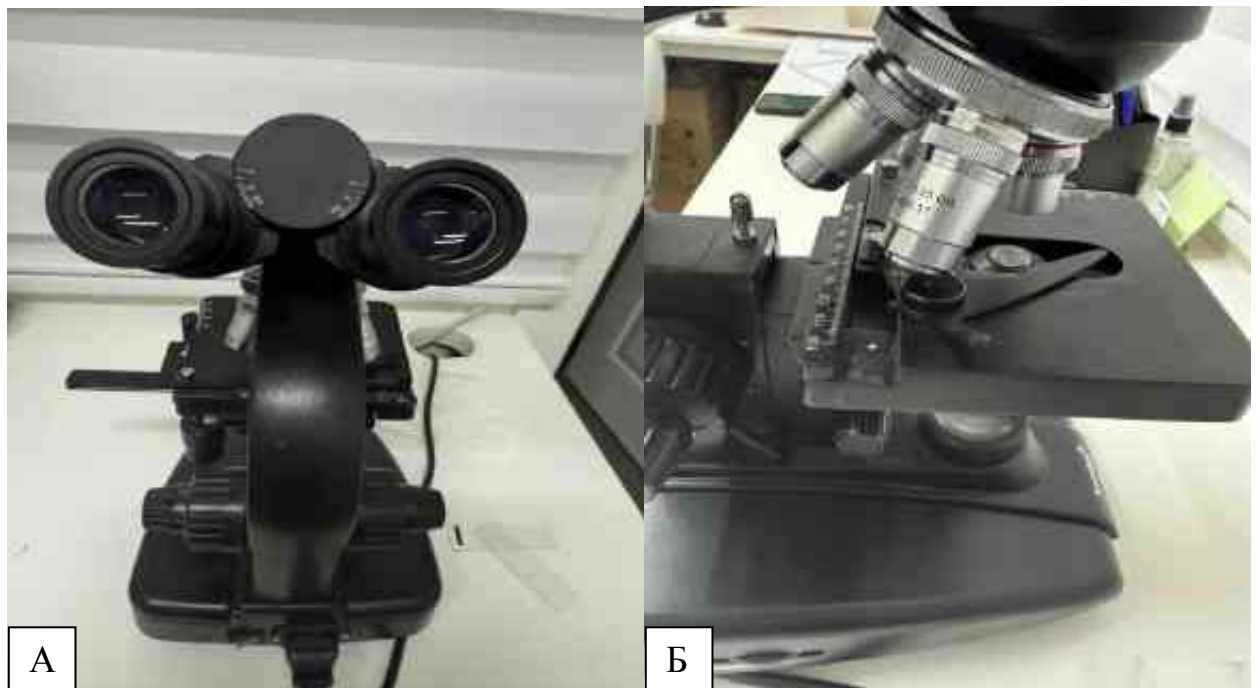


Рисунок 2.5 - Мікроскоп для гістологічного дослідження (А, Б) та дослідження дії на орган зору щурів ударної хвилі вибуху.

Для цього на напівтонкі зрізи наносили 1 мл фарбуючого розчину (рН 6,9), що містить 0,13 % метиленового блакитного, 0,02 % азура II, 10 % гліцерину, 10 % метанола при + 65° С, протягом 5-6 хвилин. Після ретельного промивання зрізи поміщали на 1 хвилину в 0,05 % розчин основного фуксіна при кімнатної температурі. Після промивання та висушування на зрізи наносили імерсійне масло та накривали покривним склом. Для гістоморфометричної оцінки застосовували ліцензійну версію програми ZEN (Carl Zeiss AR, Німеччина), у середовищі якої робили панорамну зйомку за допомогою функції Z-Stack на збільшенні $\times 50$ так, щоб отримати цілісне зображення всього зрізу.

Електронну мікроскопію призначали в центрі ДДМУ. Для ультраструктурного аналізу потиличної кори контрольної та експериментальної групи після евтаназії та подальшої краніотомії вилучали з відповідних ділянок головного мозку фрагменти та фіксували зразки протягом 2 годин фіксували при +2°С в 2,5% - ному розчині глютарового альдегіду, виготовленому на 0,1 М фосфатному буфері (рН 7,3). Матеріал переносили для постфіксації в 1% - ний забуферений (рН 7,4) розчин тетроксиду осмію ("SPI", США) на 1 годину. Зневоднювали зразки за допомогою спиртів висхідної зростаючої концентрації та пропілен оксиду. Для виготовлення епоксидних блоків використовували композицію епонаралдіт – Епон - 812 («SPI – Pon тм 812 Epoxy Embedding Kit», США). Ультратонкі зрізи завтовшки 60 – 80 нм виготовляли за допомогою ультрамікротому УМТП – 6М ("SELM", Україна) та розміщували на опорних мідних сіточках (Mesh Regular Grid 200). Подвійне контрастування за Рейнольдсом проводили 5% - вим водним розчином уранілу ацетату протягом 10 хвилин при температурі + 37 гадусов з наступною імпрегнацією розчином цитрату свинцю по методу Рейнольдса протягом 15 хвилин. Дослідження проводили за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа ПЕМ-100-01 ("SELM", Україна) при напрузі прискорення 70 - 75

кВ і первинних збільшеннях від 1500 до 20000 за стандартною схемою. Досліджено усі поля зору та проведено фотофіксацію значущих змін за допомогою цифрової системи виводу зображень SEO – SCAN. За добу до забору головного мозку, щурів експериментальної групи піддавали впливу повітряної ударної хвилі.

Отже, представлені у цьому розділі матеріали та методи дослідження є послідовними етапами вирішення поставлених завдань, які дадуть змогу здійснити системний підхід до вивчення впливу ударної хвилі на морфогенез очного яблука. Експерименти з лабораторними тваринами відповідали етичним вимогам Європейської конвенції з використання хребетних тварин для експериментів. Евтаназію тварин по закінченні експерименту проводили введенням летальної дози тіопенталу натрію.

2. 4. Морфометрія, статистичний аналіз

Умежах морфології системне дослідження характеризується двома основними вимогами – кількісним описом властивостей структурно-функційних елементів об'єкту та визначенням зв'язку між ними. Водночас першу частину системного дослідження виконують за допомогою методів кількісної морфології. Під час проведення морфологічного дослідження очного яблука використовували загальні принципи стереометричного аналізу, представлені в роботах [146].

2.4.1. Краніологічні методи

З огляду на специфіку поставлених завдань, у цьому дослідженні була проведена кількісна оцінка краніометричних показників реконструйованої орбіти та краніологічний аналіз у щурів контрольної групи та чотирьох експериментальних груп після впливу ударної хвилі у різні періоди часу (рис.2.6 - А,Б).



Примітки: стрілками вказані очні отвори. А – контрольна група. Б – експериментальна група.

Рисунок 2.6 – череп щура зверху.

2.4.2. Варіаційно-статистичні методи

На думку Г. Г. Автандилова [146], морфолого-математичний аналіз виявлених структурно-функціональних зрушень є складовою частиною комплексного морфологічного дослідження. Цей аналіз складається з певних етапів, кожний із яких виконує специфічні завдання.

У процесі проведення математичного аналізу отриманих результатів усі отримані цифрові показники та розрахунки виконували та обробляли за допомогою IBM PC «Pentium» з використанням методів біостатистики, професійного статистичного пакета та відповідних прикладних програм ліцензійної програми STATISTIKA v.6.1 (Statsoft Inc., США) (ліцензійний № AGAR909E415822FA) [147].

Отже, представлений в цьому розділі матеріал та методи дослідження є послідовними етапами рішення поставлених завдань, що дає змогу здійснити системний підхід до вивчення впливу ударної хвилі на ремоделювання органу зору в контрольної групі та після ударної хвилі у гострий, ранній,

пізній та віддалений періоди.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.

РОЗДІЛ 3

РЕМОДЕЛЮЮЧИ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБУДОВИ МАКРОСКОПІЧНИХ ТА ГІСТОЛОГІЧНИХ ЗМІН СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ОБОЛОНОК ОЧНОГО ЯБЛУКА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ У ЗРІВНЯННІ З КОНТРОЛЬНОЮ ГРУПОЮ

3.1. Ремоделюючи макроскопічні особливості оболонок стінки очного яблука щурів після впливу повітряної ударної хвилі на першу добу - у гострий період, на сьому добу - у ранній, на чотирнадцяту добу - у пізній період та на тридцяту добу - у віддалений період зрівнянні з контрольною групою

На органному рівні шляхом енуклеації проводилось комплексне анатомічне дослідження оболонок очного яблука щурів у нормі (рис. 3.1 - А, Б; рис. 3.2 – А, Б) та після проведення експерименту – змодельованого впливу повітряної ударної хвилі у різні періоди часу – гострий, ранній, пізній та віддалений періоди у зрівнянні з контрольною групою лабораторних тварин.

У щурів контрольної групи стінка очного яблука складається з трьох оболонок: фіброзної, в якій рогівка мала сферичну, куполоподібну форму; райдужної оболонки, яка була тонкою з великою зіницею та сітківкою, в якій розташовані фоторепторні клітини. Сприйняття світла відбувається за допомогою колбочок, які відповідають за сприйняття кольору ока та паличок, які відповідають за зорове збудження та поглинання червоних променів світла. Робочий процес отримання зображення у щурів відбувається у кілька етапів: 1 – рогова оболонка ока приймає світло; 2 - райдужна оболонка регулює кількість світла, що потрапляє в око; 3- за допомогою

кришталика відбувається фокусування світла на сітківці, яка перетворює світло на нервові імпульси, які прямують у мозок; 4 – головний мозок займається формуванням імпульсів у центральний і периферичний зір, що й дозволяє перетворювати світло на готове зображення. Усі ці процеси порушуються після ураження, внаслідок баротравми, офтальмологічних структур.

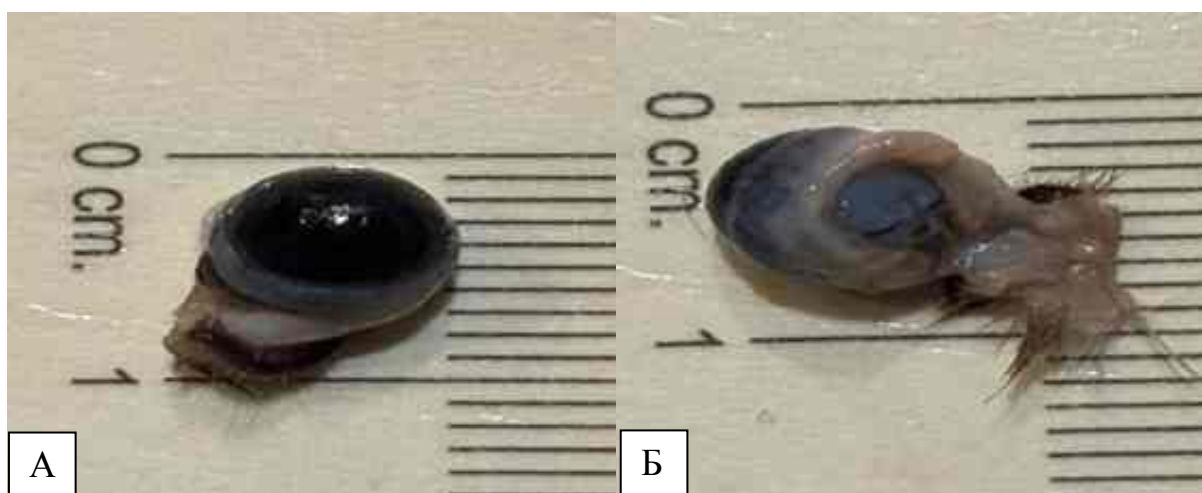


Рисунок 3.1 – Макропрепарат очного яблука щурів контрольної групи (А, Б).
А – передня поверхня, Б – задня поверхня.

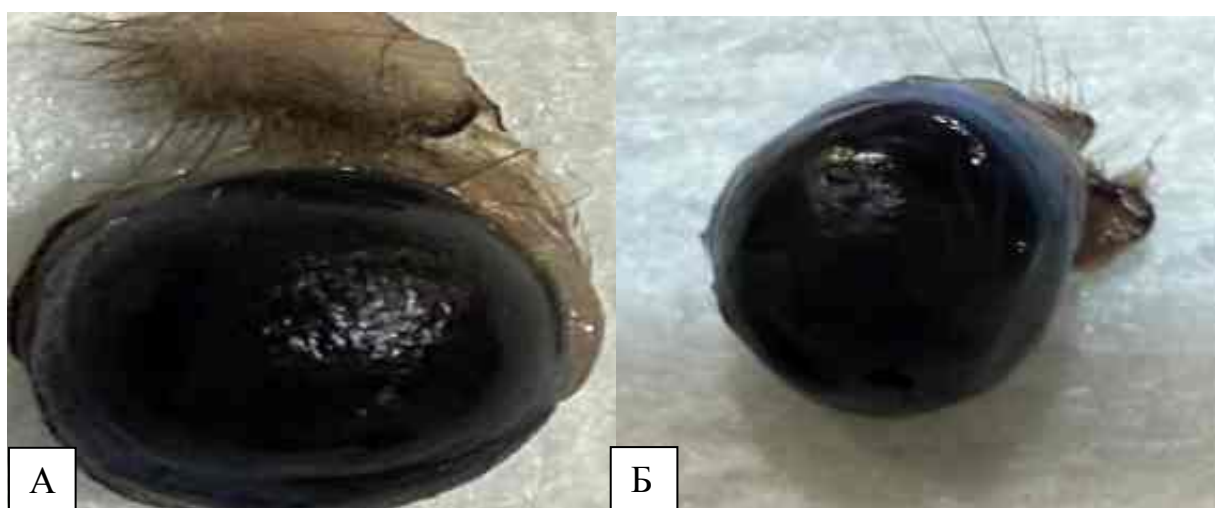
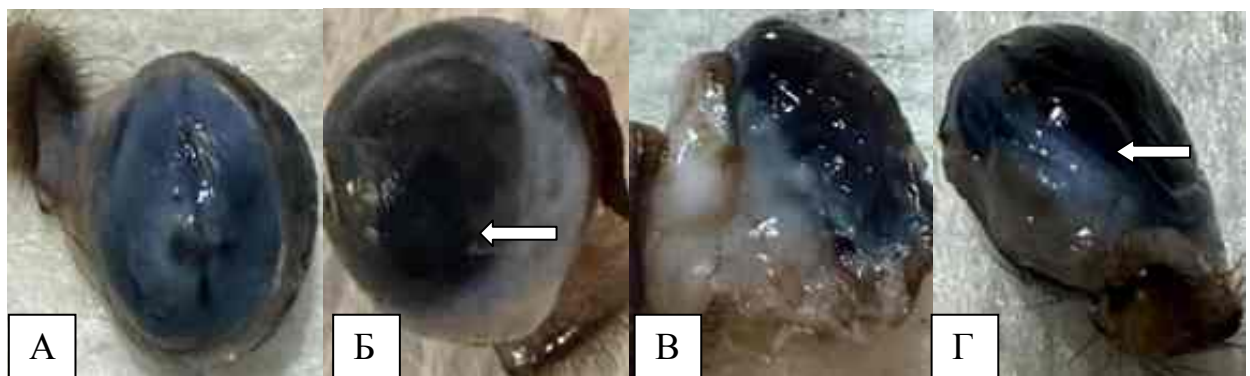


Рисунок 3.2 – Макропрепарат очного яблука щурів контрольної групи (А,Б).

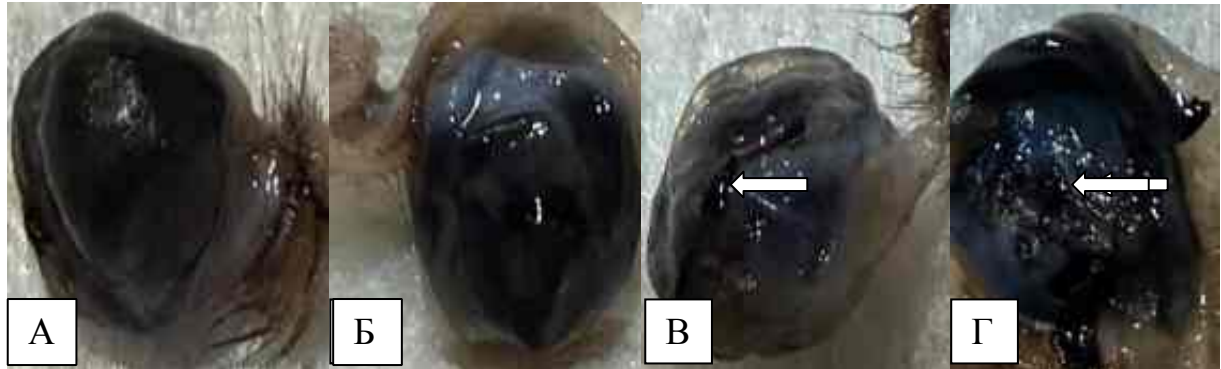
У результаті нашого дослідження ми дослідили та проаналізували наслідки, які відбуваються в структурах та оболонках очного яблука після впливу ударної хвилі в гострий, ранній, пізній та віддалений періоди. У гострий період на першу добу ми спостерігали у рогівці: ерозії та помутніння та в одному випадку – розриви зовнішньої оболонки очного яблука; в ранній період, на сьому добу – плямоподібні помутніння рогівки, які складаються з сіруватих точок, які лежать під епітелієм і підіймають його; у пізній період, на чотирнадцяту добу - розвиток дистрофічних змін та формування рубцевої тканини - у віддалений період, на тридцяту добу, після впливу ударної хвилі (рис. 3. 3 - А, Б, В, Г). В райдужної оболонці теж відбувались характерні зміни у різні періоди після експерименту. В гострий період спостерігалось потемніння у вигляді широкої смужки у вигляді місяця та зміна кольору райдужки, у ранній період - зморщування райдужки та розростання плями, у пізній період - спостерігалось початок формування рубцевої сполучної тканини райдужки зі згустком поздовжнього вузького крововиливу та стійкого помутніння (рис. 3. 4 – А, Б, В, Г; рис. 3. 5 - А, Б, В, Г). Травми або контузії очного яблука при діянні на нього тупої сили приводить до різних наслідків.



Примітки: стрілкою вказано плямоподібні помутніння рогівки (рис.3. 3 - Б) та рубець рогівки (рис. 3. 3 - Г). А – розрив рогівки після травмування у гострий період. Б - плямоподібне помутніння рогівки у ранній період. В – дистрофія рогівки у пізній період. Г– рубець рогівки з вторинною

дистрофією рогівки з частково хивною крилоподібною плівкою у відділений період.

Рисунок 3.3 – Макропрепарат рогівки очного яблука експериментальних груп.

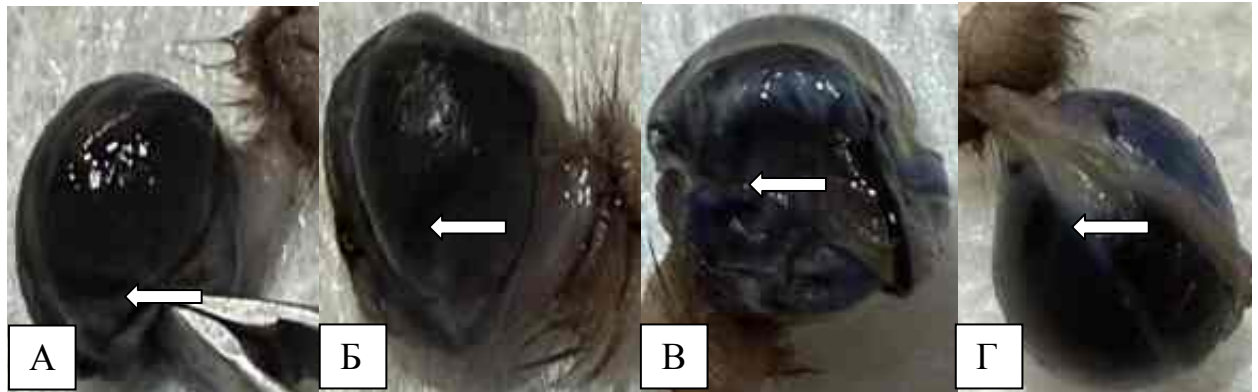


Примітки: стрілками вказані крововиливами у райдужну оболонку (рис. 3.4 - В, Г). Потемніння у вигляді широкої смужки та зміна кольору райдужки у гострий період (А); зморщування райдужки та розростання плями у ранній період (Б); дистрофія райдужки зі згустком поздовжнього вузького крововиливу у пізній період (В); дистрофія з ділянками атрофії у відділений період (Г).

Рисунок 3.4 – Макропрепарат райдужки очного яблука щурів експериментальних груп.

В результаті експерименту ми найчастіше спостерігали крововиливи в передню камеру, в скловидне тіло, які залежали від пошкодження радужної оболонки, міліарного тіла і хоріоїдеї. Якщо тупа сила (ударна хвиля) подіяла на око прямо спереду, то в наслідок сплющування рогівки камерна волога відтискається назад, при цьому вона в окремих випадках перекидає всю радужку назад або відриває її від прикріплення до ціліарного тіла або надриває в одному або кількох м'ясах її зіничний край. Але завжди у всіх випадках закономірністю є те, що після крововиливів, які були характерною особливістю гострого та раннього періодів після впливу ударної хвилі, у

пізньому та віддаленому періодах на їх місцях лишались стійки помутніння або розвивалась сполучна тканина, яка була зв'язана з сітківкою – внутрішньою оболонкою очного яблука, в якій теж відбувались наступні зміни.

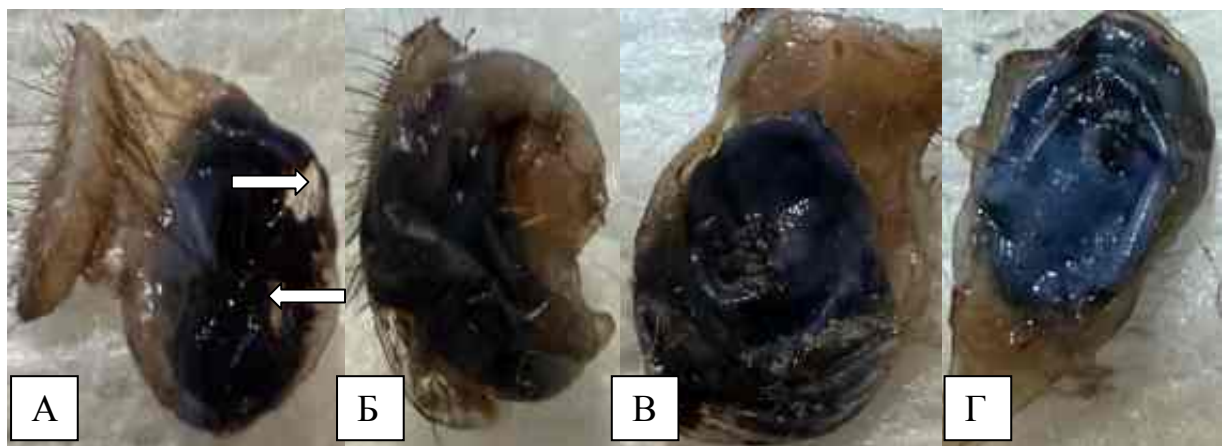


Примітки: потемніння кольору райдужки у вигляді вузької смужки у гострий період (А); потемніння кольору райдужки у вигляді широкої смужки зміну кольору райдужки (Б) та початок формування рубцевої тканини райдужки зі згустком поздовжнього вузького крововиливу з дистрофією райдужки (В); зрощений рубець рогівки з дистрофією райдужки відділений період (Г).

Рисунок 3.5 – Макропрепарат райдужки щурів стінки очного яблука експериментальних груп.

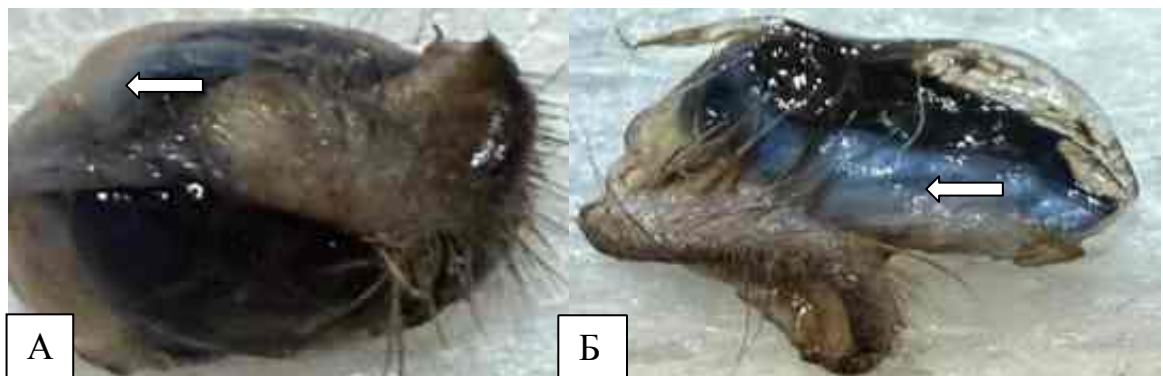
У гострий період, на першу добу після експерименту у сітківці з'являлись ділянки помутніння, які мали молочно білі плями різної форми. В ранній період спостерігалось зморщування сітківки, а у пізній період її відшарування та, як наслідки, дегенеративні зміни, які прогресують у віддалений період після впливу ударної хвилі (рис. 3. 6 - А, Б, В, Г; рис. 3. 7 – А, Б). При відшаруванні сітківки відбувалось порушення зв'язку її з пігментним епітелієм, у результаті чого сітківка виставала в скловидне тіло, між нею і пігментним епітелієм утворювалась порожнина, яка зараз же виповнювалась рідиною, як наслідок глибоких змін при травмі. Сітківка зрощена міцно з своєю основою тільки в двох місцях – біля соска зорового

нерва і при ora serrate. Після впливу ударної хвилі у 2-х щурів, зустрічався відрив сітківки, де вона прикріплена до ora serrate, а інше прикріплення біля соска зорового нерва, сітківка була збережена. Вочевидь, що дегенеративні прояви та зміни у сітківки відбуваються в усі періоди після впливу ударної хвилі, але на макроскопічному рівні в нашому експерименті ми спостерігали такі зміни у пізній та віддалений періоди після травми (рис. 3. 6 – А, Б).



Примітки: стрілками вказані молочнобіле помутніння сітківки у гострий період після експерименту. А - гострий період (ділянки помутніння). Б - ранній період (зморщування). В - пізній період (відшарування). Г - віддалений період (дистрофічні та дегенеративні зміни).

Рисунок 3.6 – Макропрепарат сітківки очного яблука щурів експериментальних груп.



Примітки: стрілками вказана сітківка щурів експериментальних груп (А, Б).

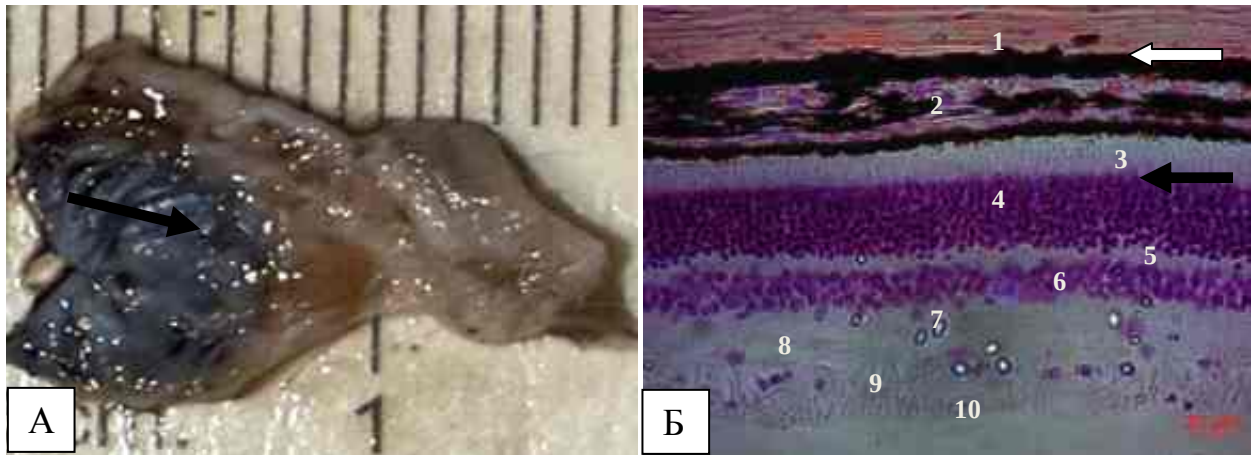
Рисунок 3.7 – Макропрепарат сітківки стінки очного яблука щура експериментальних груп.

Зміни у структурних компонентах сітківки ми простежили в експериментальних групах у різні періоди і на мікрорівні.

При мікроскопічному дослідженні на гістологічному рівні бачимо, що сітківка складається з десяти шарів. Шари з першого до шостого включно становлять мозкову частину або мозковий шар сітківки, а шар зовнішніх ядер, зовнішня погранична плівка і шар паличок і колбочок утворюють шар зорових клітин невроекпітелій або світлочутливий шар сітківки. На гістологічному рівні у сітківці, після дії ударної хвилі у ранній та пізній і ще більш у віддалений період спостерігались прояви дегенерації складових клітинних шарів нейронів сітківки і окремих нейронів, які були з'єднані з пігментним епітелієм сітківки, що вистилає судинну оболонку в задній частині ока – набряк клітинного шару нейронів, їх реорганізація, деформація та розкладання, які пов'язані, у першу чергу, з порушенням трофічної функції (рис. 3. 8 - Б).

Аналізуючи усі результати посттравматичних змін структур очного яблука та його оболонок можливо зробити висновок, що не дивлячись на те, що в експерименті на перший погляд страждає фіброзна оболонка, як зовнішня оболонка, яка уперше зустрічає ударну хвилю середнього ступеня важкості, але зміни спостерігаються на рівні усіх оболонок і кожна оболонка має свої особливості у різні періоди часу після експерименту, а також особливі зміни відбуваються і на рівні структури внутрішнього середовища очного яблука, представником якого є кришталік. Тому, поряд зі змінами, що локалізуються у будь – який з трьох оболонок, мають численні зміни, що зачіпають і кришталік, який є складовою внутрішнього середовища ока, у зрівнянні з контрольною групою. У щурів контрольної групи кришталік прозорий с

рівними гладкими краями, має округлу, овальну або витягнутої форми (рис. 3. 9 - А, Б, В; рис. 3. 10 - А, Б).



Примітка:: стрілкою білою вказана *laminabasilaris*; стрілкою чорною вказана *membranalimitansexterna*; забарвлення гематоксилином та еозином (рис. 3. 8 - Б); scalebar = 200 μ m. А – макропрепарат внутрішньої оболонки стінки очного яблука у пізній період та стрілкою вказана сітківка очного яблука щура. Б – гістологічний зріз сітківки на чотирнадцяту добу посттравматичного періоду. 1 - судинна оболонка та кровоносні судини; 2 – пігментний епітелій; 3 – шар паличок та колбочок; 4 – зовнішній ядерний шар; 5 – волокнистий шар; 6 – зовнішній ретикулярний шар; 7 – внутрішній ядерний шар; 8 – внутрішній ретикулярний шар; 9 – ганліозний шар; 10 – шар нервових волокон.

Рисунок 3. 8 – Макропрепарат та гістологічний зріз сітківки очного яблука щурів у віддалений період експериментальної групи.



Примітки: кришталік круглої (А), овальної (Б) та витягнутої (В) форми очного яблука контрольної групи.

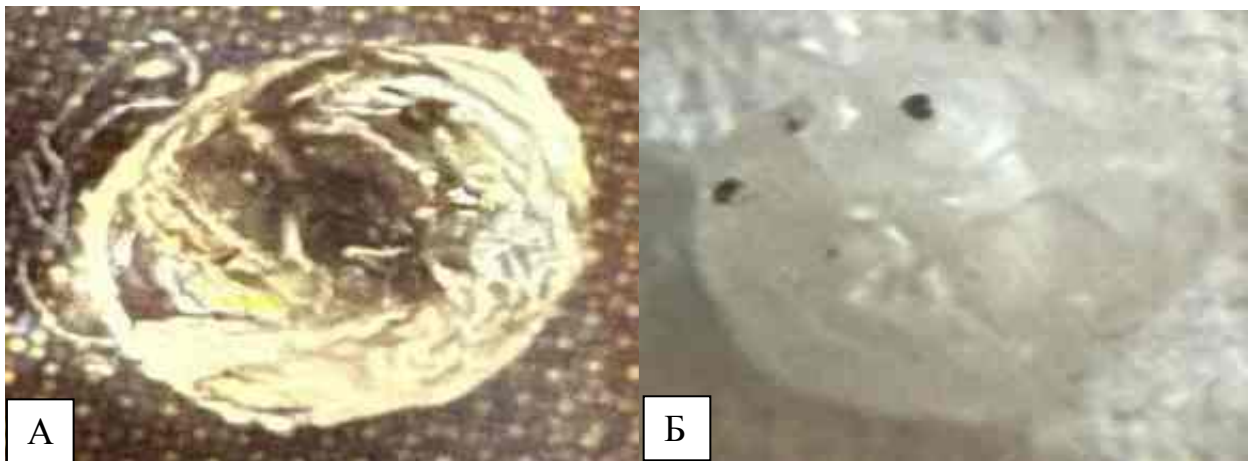
Рисунок 3.9 – Макропрепарат кришталіка щурів контрольної групи.



Примітки: кришталік круглої (А) та овальної (Б) форми очного яблука контрольної групи.

Рисунок 3.10 - Макропрепарат кришталіка щурів контрольної групи.

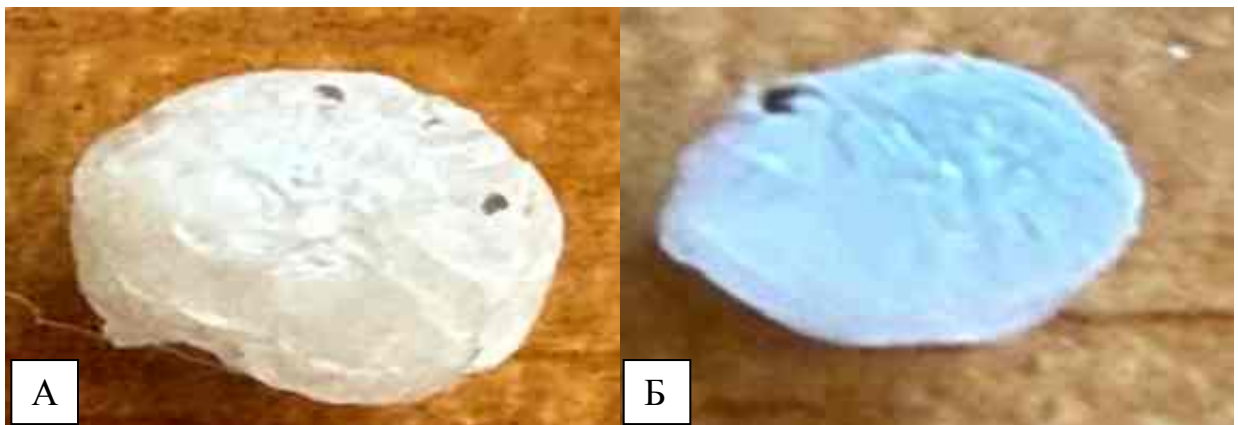
При порушенні цілості капсули кришталіка спостерігаються набухання мас і переміщення їх у камеру, що відбувається після впливу повітряної ударної хвилі у гострий період (рис. 3. 11 - А). Набряклі маси кришталіка заповнюють всю камеру та з'являються перші ознаки посттравматичної катаракти - у ранній період після впливу повітряної ударної хвилі (рис. 3. 11 - Б).



Примітки: кришталік очного яблука у гострий (А) та ранній (Б) періоди, після експерименту.

Рисунок 3.11 - Макропрепарат кришталіка щурів експериментальних груп.

У пізній та відділений періоди експерименту ми спостерігали більш явища посттравматичної катаракти які характеризувались великою різноманітністю та прогресували (рис. 3. 12 - А, Б).



Примітки: кришталік очного яблука у пізній (А) та відділений періоди (Б) експерименту після впливу повітряної ударної хвилі.

Рисунок 3.12 – Макропрепарат кришталіка щурів експериментальних груп.

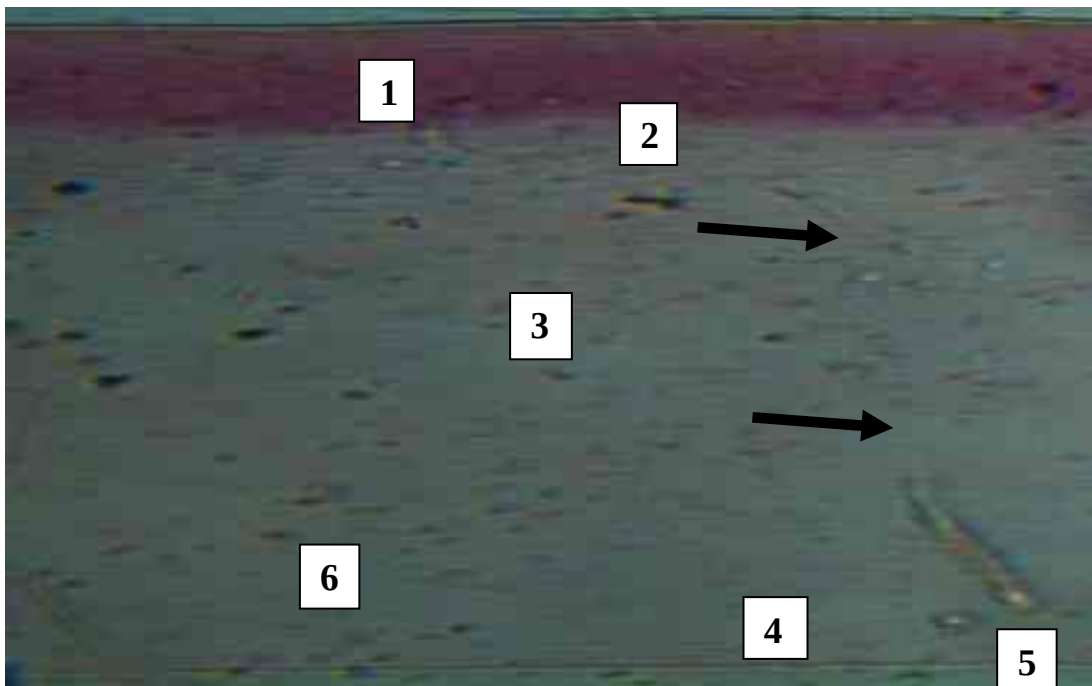
Таким чином, на макрорівні при порушенні цілості капсули кришталіка спостерігаються набухання мас і переміщення їх у камеру, що відбувається

після впливу повітряної ударної хвилі у гострий період. Набряклі масикришталика заповнюють всю камеру та з'являються перші ознаки посттравматичної катаракти - у ранній період після впливу. У пізній та відділений періоди явища посттравматичної катаракти прогресували.

3.2. Ремоделюючи мікроскопічні особливості оболонок стінки очного яблука щурів після впливу повітряної ударної хвилі на першу добу - у гострий період, на сьому добу - у ранній, на чотирнадцяту добу - у пізній період та на тридцяту добу - у віддалений період у зрівнянні з контрольною групою

За результатами проведеного дослідження на гістологічному рівні у щурів контрольної групи ми дослідили усі три оболонки стінки очного яблука. Зовнішня оболонка – фіброзна оболонка, яка складається з рогівки та склери. Мікроскопічно гістотопографічно в рогівці виділяють п'ять основних шарів, які мають характерні особливості. Так, рогівка вкрита багат шаровим плоским незроговілим переднім епітелієм (1), який підстилає потовщена передня погранична мембрана (2). На базальній мембрані розташований один шар низьких призматичних клітин – базальний шар. За базальним шаром розташовані декілька шарів клітин неправильної форми з цитоплазматичними виростами - шар шипуватих клітин. Зовні розташовані кілька шарів клітин, які утворюють поверхневий шар плоских кліток. Їх ядра сплюснені та лежать паралельно поверхні епітелію. Так, основу рогівки становить власна речовина рогівки (3), що складається з сполучної тканини,

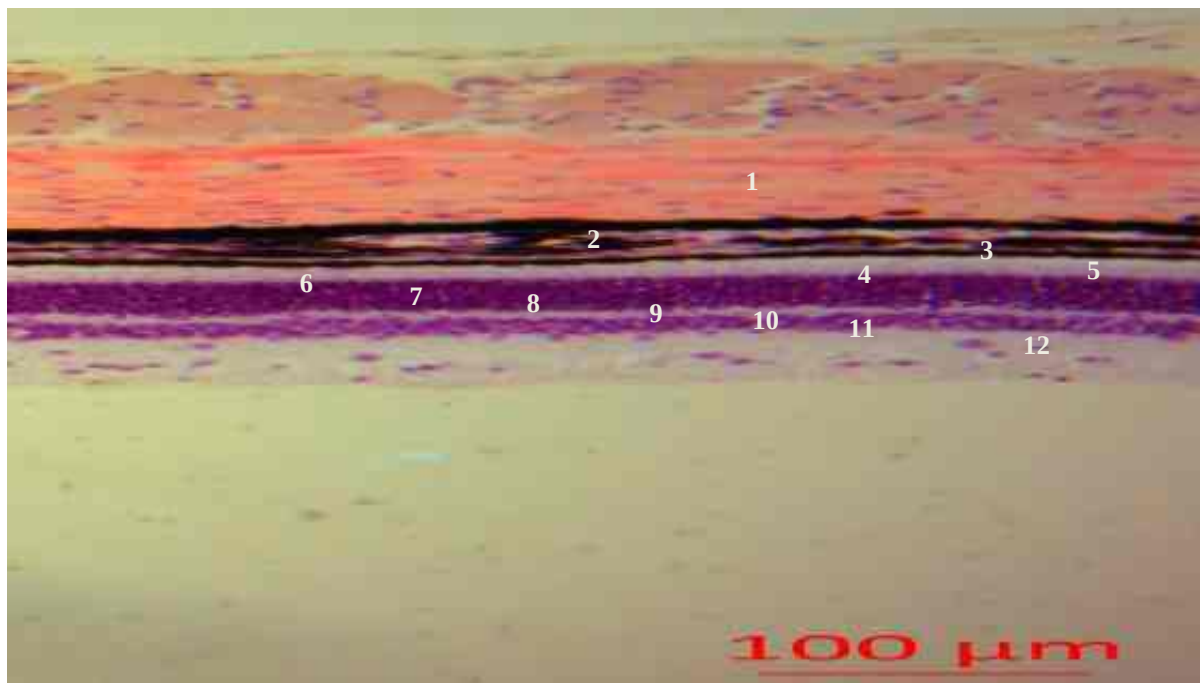
яка не має кровоносних судин. Далі розташована задня погранична мембрана - десцеметова плстинка (4), яка була названа на честь французького лікаря Жанна Десцеме, що цікаво і що при народженні у дюдини вона має розмір 3 мікрон і може збільшуватися до 10 мікрон до старості, а з середини рогівка вистелена одношаровим плоским - заднім епітеїєм (5). Але, на сьогодні виділяють додатковий шар у рогівки (шостий шар) п'ятишарової рогівки до даного відкриття, який розташований між стромою та десцементовою оболонкою. (рис.3.12). Шар Дюа - дуже тонка, але міцна пластинка, яка розташована між 3 та 4 - ми шарами, який був відкритий у 2013 році, товщиною всього 15 мікрон, яка забезпечую механічні властивості рогівки і підтримує високий тиск. Але вона має дуже багато нервових рецепторів та відсутні судини. Цей орган отримав свою назву на честь професора офтальмології та оптики Харміндера Дюа з університету Ноттінгема у Великій Британії.



Примітка: забарвлення гематоксиліном та еозином. Стрілками вказані каналці рогівки.

Рисунок 3.12 - Багатошаровий плоский епітелій рогівки: 1 – передній епітелій (багатошаровий); 2 – передня погранична мембрана або межова пластика (боуменова); 3 – підлягаюча сполучна тканина - власна речовина рогівки (substantia propria); 4 – задня органічна мембрана або межова пластинка (десцементова оболонка); 5 – задній епітелій (одношаровий ендотелій) - ядра ендотелії десцементової оболонки; 6 – шар Дюа.

Друга частина фіброзної оболонки - склера (1) утворена переплетеними колагеновими пучками (рис.3.13; рис. 3.14 - А, Б). Під склерою міститься середня (друга оболонка стінки очного яблука) - власне судинна оболонка (2) з великою кількістю судин і пігментних клітин, що складається з чотирьох пластинок: надсудинної - з паралельно розмішених колагенових пучків з овальними ядрами фіброцитів; судинної – з судинами та меланоцитами; судинно – капілярної з великою кількістю капілярів і мембрани Бруха.



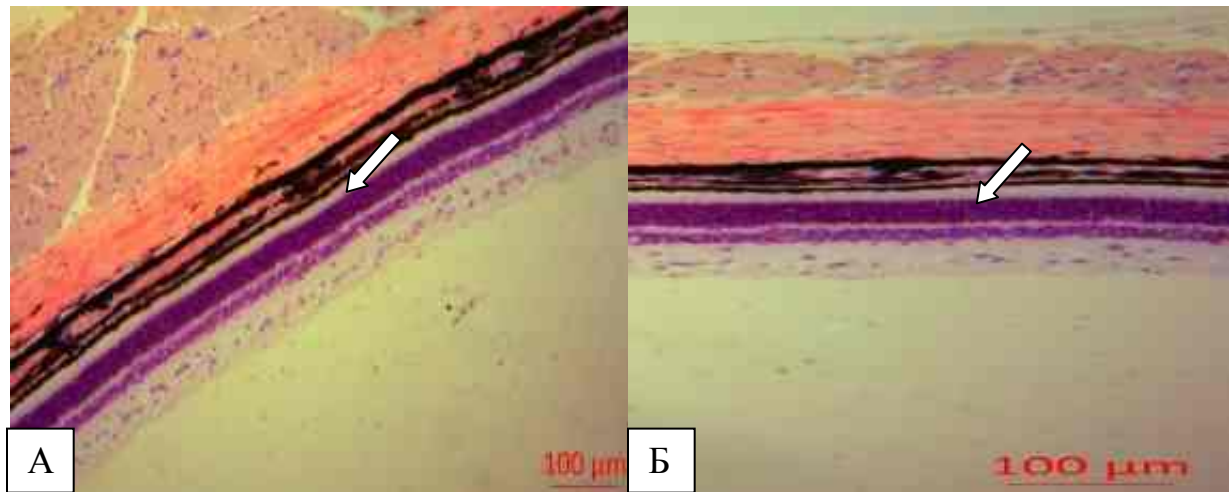
Примітка: забарвлення гематоксиліном та еозином; scalebar = 100 μm.

Рисунок 3.13 – Задня стінка ока: 1 – склера; 2 судина оболонка; 3 - пігментний епітелій; 4 – шар колбочок і паличок; 5- зовнішня прикордонна

мембрана; 6 – зовнішній нуклеарний шар; 7 – зовнішній сітчастий плексиформний шар; 8 - внутрішній нуклеарний шар; 9 - внутрішній сітчастий плексиформний шар; 10 – гангліозні клітини гангліонарного шару; 11 – шар нервових волокон зорового нерва; 12 – внутрішня прикордонна мембрана.

Також, складовою середньої оболонки, є реснічне тіло, яке складається з рівничного епітелію, який складається з зовнішнього не пігментованого шара та внутрішнього, судинний та шар м'язовий – міонейральна тканинна. Внутрішня (треття оболонка у складі стінки очного яблука) – сітківка, починається шаром клітин кубічної форми коричневого кольору – пігментного епітелію (3). Від тіл пігментних клітин всередину відходять тонкі, заповнені пігментом відростки, спрямовані до наступного шару - шаром паличок і колбочок, який утворений дендритами останніх (4). Від частин цих клітин, які містять ядра, він відокремлюється тонкою зовнішньою пограничною мембраною (5), утвореною горизонтальними сплетенням розгалужень зовнішніх кінців мюллерових волокон (нейроглії). Наступний, зовнішній, ядерний шар (6) відрізняється порівняно крупним ядрами паличок і колбочок. Зовнішній сітчастий шар (7) утворений переплетеними тонкими волокнами і є шаром контактів паличок і колбочок з біполярними та горизонтальними нейронами. Ядра біполярних, горизонтальних, амакринових нейронів та мюллерових волокон утворюють внутрішній ядерний шар (8). Далі спостерігається внутрішній сітчастий шар (9), де відбуваються контакти біполярних і амакринрвих клітин з гангліонарними. Тіла мультиполярних гангліонарних клітин утворюють гангліонарний шар (10); клітини тут розташовані на деякій відстані одна від одної. Ще глибше знаходиться шар нервових волокон (11), утворений аксонами гангліонарних клітин, що загинаються і йдуть паралельно поверхні сітківки. Внутрішні

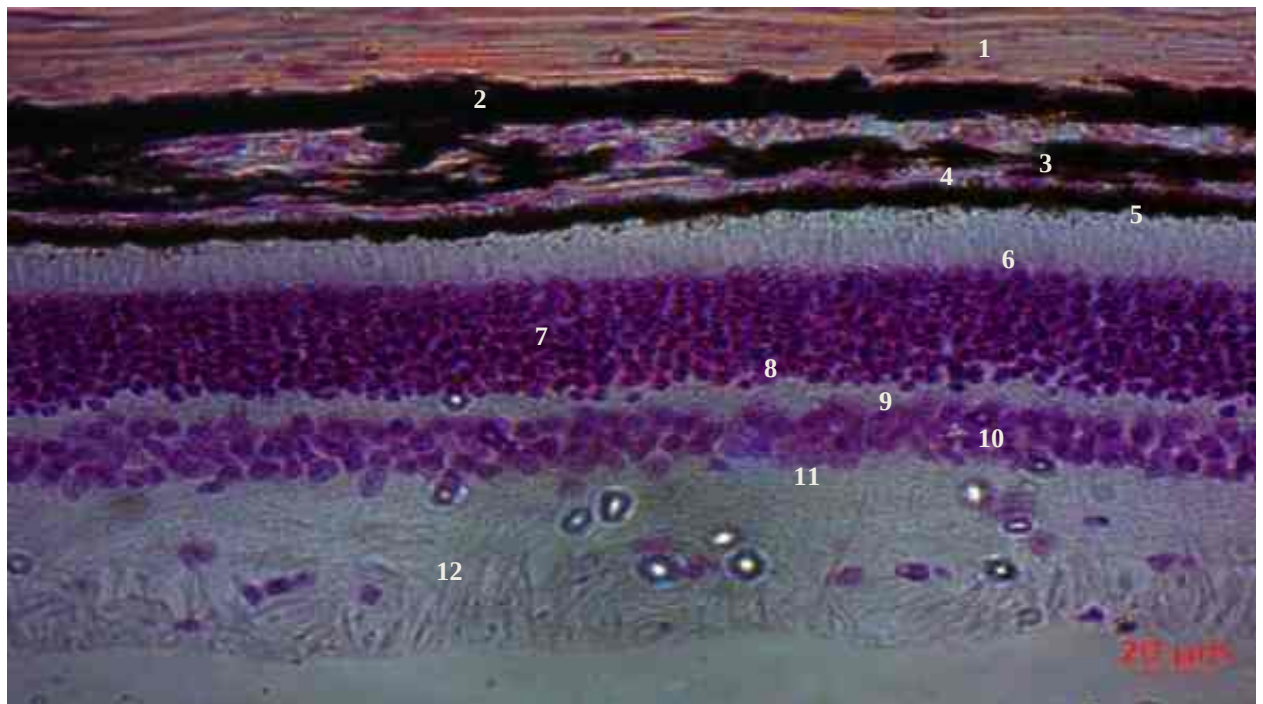
відділи мюллерових волокон з боку склистого тіла замикають внутрішню пограничну мембран (12) (рис.3.15).



Примітки: забарвлення гематоксиліном та еозином; scale bar = 100 μm.

Стрілками вказаний третій шар сітківки – шар світлочутливих елементів.

Рисунок 3. 14 – Сітківка очного яблука щурів контрольної групи (А, Б).



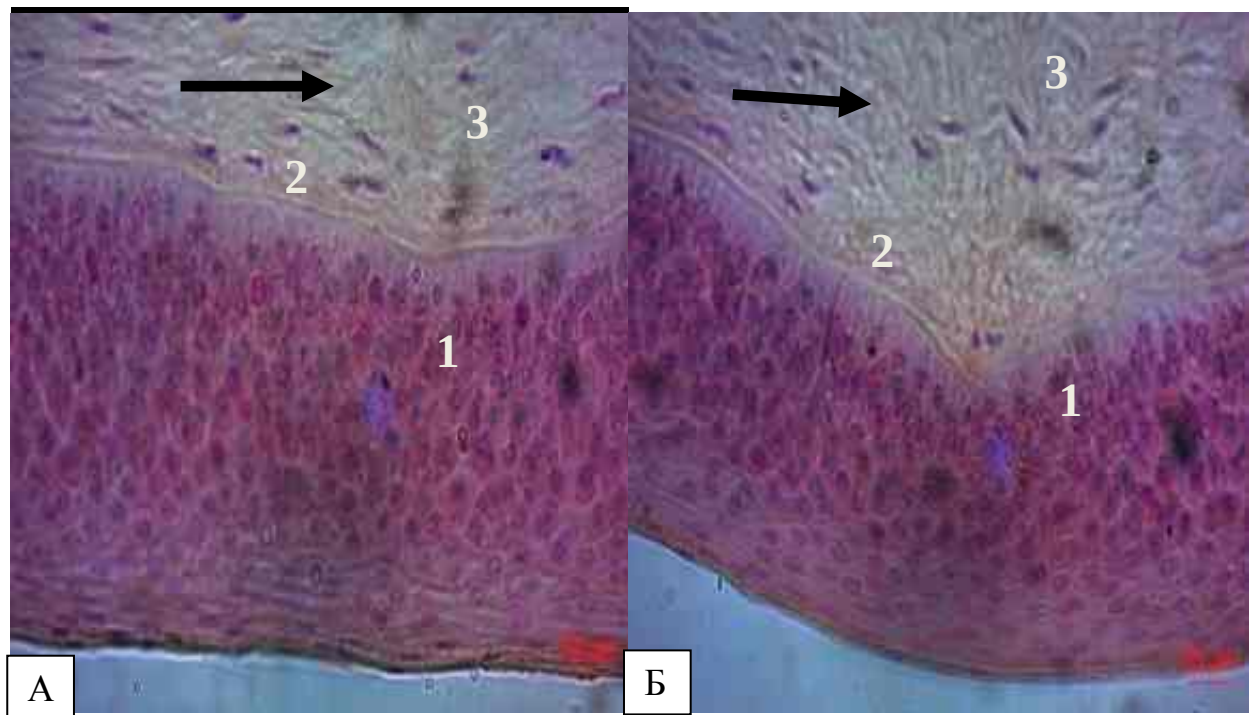
Примітка: забарвлення гематоксиліном та еозином; scalebar = 20 μm.

Рисунок 3.15 – Задня стінка ока: 1 - склера; 2 судина оболонка; 3 - пігментний епітелій; 4 - шар колбочок і паличок; 5 - зовнішня прикордонна

мембрана; 6 - зовнішній нуклеарний шар; 7 - зовнішній сітчастий плексиформний шар; 8 - внутрішній нуклеарний шар; 9 - внутрішній сітчастий плексиформний шар; 10 - гангліозні клітини гангліонарного шару; 11 - шар нервових волокон зорового нерва; 12 - внутрішня прикордонна мембрана.

Були з'ясовані мікроскопічні особливості на рівні усіх оболонок стінки очного яблука. Вищенаведені данні свідчать про надзвичайну складову структурних компонентів трьох оболонок стінки очного яблука. Так, в усіх трьох оболонках особливістю є багат шарова будова кожної оболонки. Дуже важливо, завжди розуміти гістологічні особливості оболонок стінки, їх клітинного складу у нормі, для того, щоб розуміти всі ті зміни і наслідки, які відбуваються на клітинному рівні організації при ураженні або патологічних змінах. Усі досконалі дослідження у цьому напрямку дозволять знайти нові шляхи вирішення проблем і полегшити лікування деяких захворювань та посттравматичних наслідків у клінічній офтальмологічній практиці, що і є самим важливим. За результатами проведеного експериментального дослідження органу зору на гістологічному рівні ми спостерігали посттравматичні зміни у всіх оболонках очного яблука.

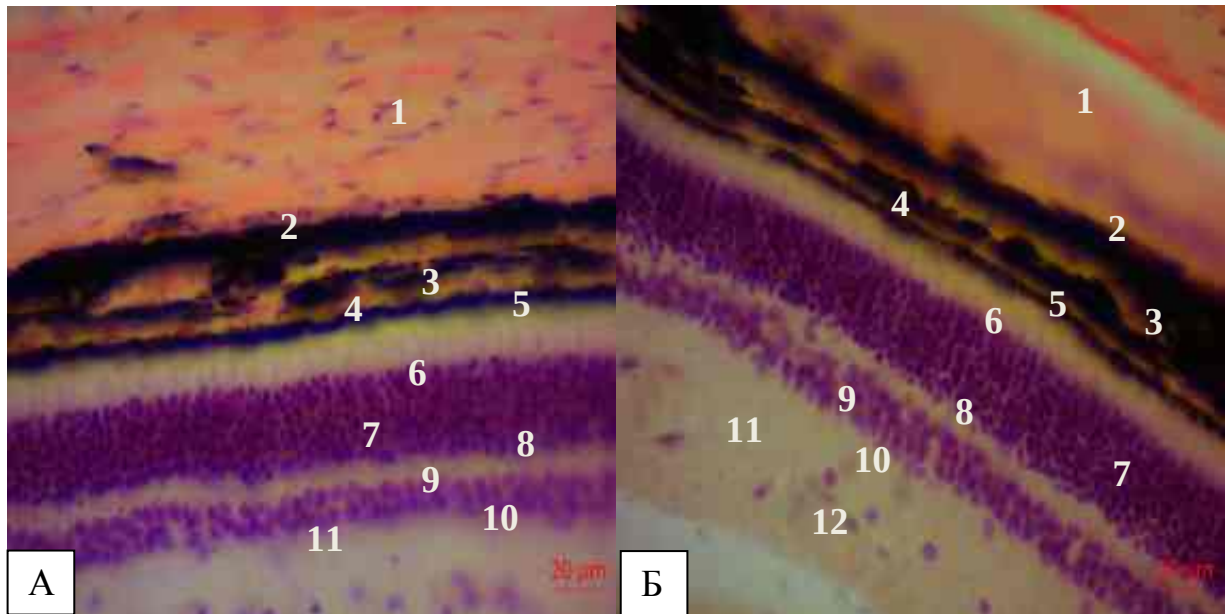
На мікроскопічному рівні у гострий період в рогівці спостерігались прояви деформації у вигляді зміни товщини оболонки і її стоншення к ранньому, пізньому та віддаленому періодах (рис. 3.16 - А, Б). У судинної оболонці у гострий та ранній періоди спостерігали розширення судин і візуально потовщення цієї оболонки, але потоншення стінки судин, що супроводжувалось порушенням трофічної функції та мікроциркуляції, які прогресували у пізній та віддалений періоди.



Примітка: забарвлення гематоксиліном та еозином; scale bar А, Б = 20 μm .
Стрілками вказані канальці рогівки.

Рисунок 3.16 - Зріз через рогівку щура експериментальних груп. 1 – епітелій; 2 – передня базальна мембрана; 3 – власна речовина рогівки (substantia propria).

У сітківці, після дії ударної хвилі, у гострий та ранній періоди спостерігались дегенеративні зміни – набряк клітинного шару нейронів, їх реорганізація і деформація, а у пізній період – прогресування порушення трофічної функції і дегенеративних змін у складових клітинних шарів нейронів сітківки і окремих нейронів, які з'єднані з пігментним епітелієм сітківки, що вистилає судинну оболонку в задній частині ока, а у віддалений період - прогресування нейродегенеративних змін у зв'язку з розкладанням або відмиранням нейронів, що призводить до руйнування фоторецепторів і можливої втрати зору (рис.3.17 - А, Б).



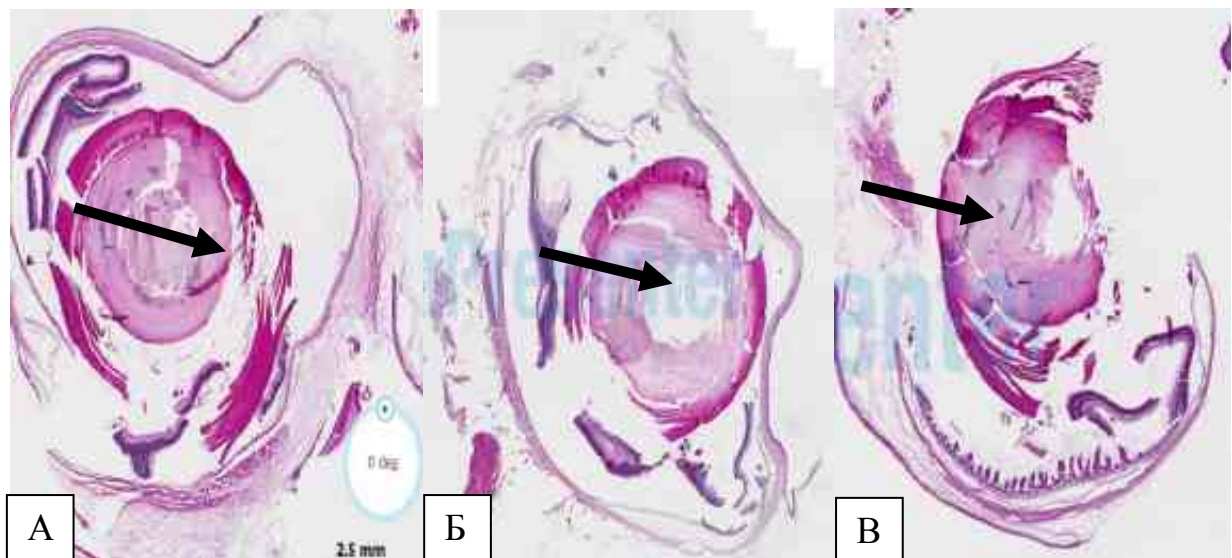
Примітка: забарвлення гематоксиліном та еозином; scale bar = 20 ⁴ μm.

А – на сьому добу – у ранній період. Б – на чотирнадцяту добу – у пізній період експерименту. 1 – склера; 2 судина оболонка; 3 - пігментний епітелій; 4 – шар колбочок і паличок; 5- зовнішня прикордонна мембрана; 6 – зовнішній нуклеарний шар; 7 – зовнішній сітчастий плексиформний шар; 8 - внутрішній нуклеарний шар; 9 - внутрішній сітчастий плексиформний шар; 10 – гангліозні клітини гангліонарного шару; 11 – шар нервових волокон зорового нерва; 12 – внутрішня прикордонна мембрана.

Рисунок 3.17 – Сітківка очного яблука у посттравматичному періоді.

За допомогою експериментальної моделі були з'ясовані усі наслідки посттравматичних мікроскопічних змін на рівні усіх оболонок стінки очного яблука. Вищенаведені данні свідчать про надзвичайну складову проблеми травматичних ушкоджень очного яблука та посттравматичних змін, які відбуваються на рівні усіх трьох оболонок стінки очного яблука, які прогресують від гострого до віддаленого періоду після впливу повітряної ударної хвилі. На мікроскопічному рівні протягом чотирьох періодів після впливу поверхневої ударної хвилі у кришталіку спостерігалось порушення щільності кришталікових волокон, більш виражено у гострий та ранній, але

у пізній та відділений період з прогресуванням ущільнення та помутніння (рис 3.18 – А, Б, В).



Примітки: кришталик експериментальних груп - у гострий, ранній (Б) та пізній і віддалений (В) періоди експерименту; стрілкою вказаний мікропрепарат кришталика очного яблука.

Рисунок 3.18 – Гістоструктура кришталика щурів внутрішньої будови очного яблука посттравматичному періоді.

Таким чином, на мікроскопічному рівні протягом чотирьох періодів часу після впливу повітряної ударної хвилі у всіх оболонках очного яблука прогресували дегенеративні зміни, а у кришталику спостерігалось порушення щільності кришталикових волокон, більш виражено у гострий та ранній, але у пізній та відділений період - ущільнення та помутніння.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in

experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.

2. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.

3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 4 (179), с. 275-284. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.

4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875).

5. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т. В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 3 (61) - 2026, с. 1815-1824. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).

РОЗДІЛ 4

КРАНІОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ МАКРОСКОПІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ У ЗРІВНЯННІ З КОНТРОЛЬНОЮ ГРУПОЮ

4.1. Структурна будова черепа, очної ямки щура в умовах експерименту у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди у зрівнянні з контрольною групою

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 складає 11% від загальної маси тулуба щура та має відмінні особливості у щурів: сильно витягнутий, а скулові 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 лицьова 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.4.1. - А, Б). Ззаду носові кістки межують із лобовими, а міжщелепні – верхньощелепними кістками. У переднього краю верхньощелепних кісток утворюється велике під очною ямкою отвір – скрізь яке 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 складає до 5 см, ширина її входу до 4 см та висота – 3,5 см, а об'єм становить 30 см³. Очна ямка є кістковою порожниною, що захищає очне яблуко та його

навколо розташовані очні структури і вона має форму чотирибічної піраміди з закругленими гранями. Кісткові складові очної ямки щура наступні: верхню стінку утворює лобна кістка; присередню стінку утворює верхня щелепа, решітчаста кістка, клиноподібна кістка; передню стінку утворює зубна кістка; задню стінку утворює клиноподібна кістка; нижню стінку утворює зубна кістка; бокову стінку утворює 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 оточуючих структур; жирова тканина: захищає та підтримує органи.



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

Рисунок 4.1. – череп щура зверху.

Сльозова залоза, яка має назву Гардерової 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 зволожують око. Вона уперше була описана у 1694 році

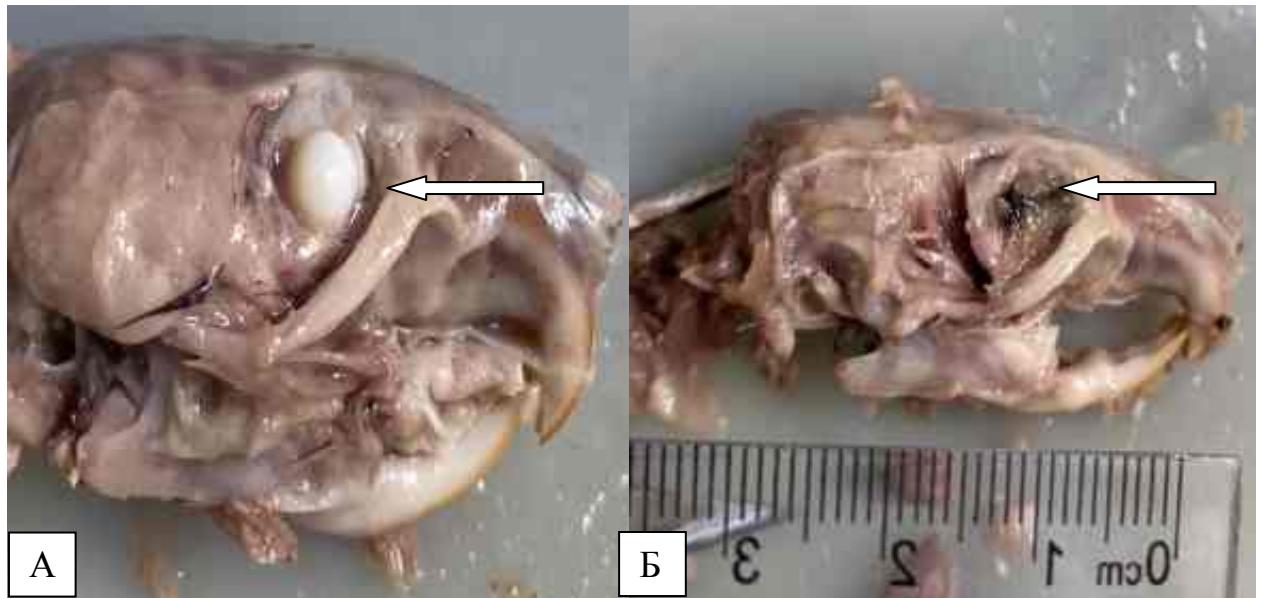
швейцарським анатомом Іоганом Якобом Гардером у оленів. Нами були описані особливості очної ямки, яка забезпечує захист очного яблука та допомагає забезпечувати правильне функціонування органів зору. Ці особливості полягають у зміні її розміру та форми очної ямки в щура, що змінюються залежно від розміру щура (рис. 4.2 - А). Після впливу повітряної 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 скулової дуги у гострий період після експерименту (рис. 4.2 - Б).



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

Рисунок 4.2 – череп щура зверху.

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 периферичної частини аналізатора та очної ямки за допомогою краніометричного методу дослідження (рис.4. 3 – А, Б).



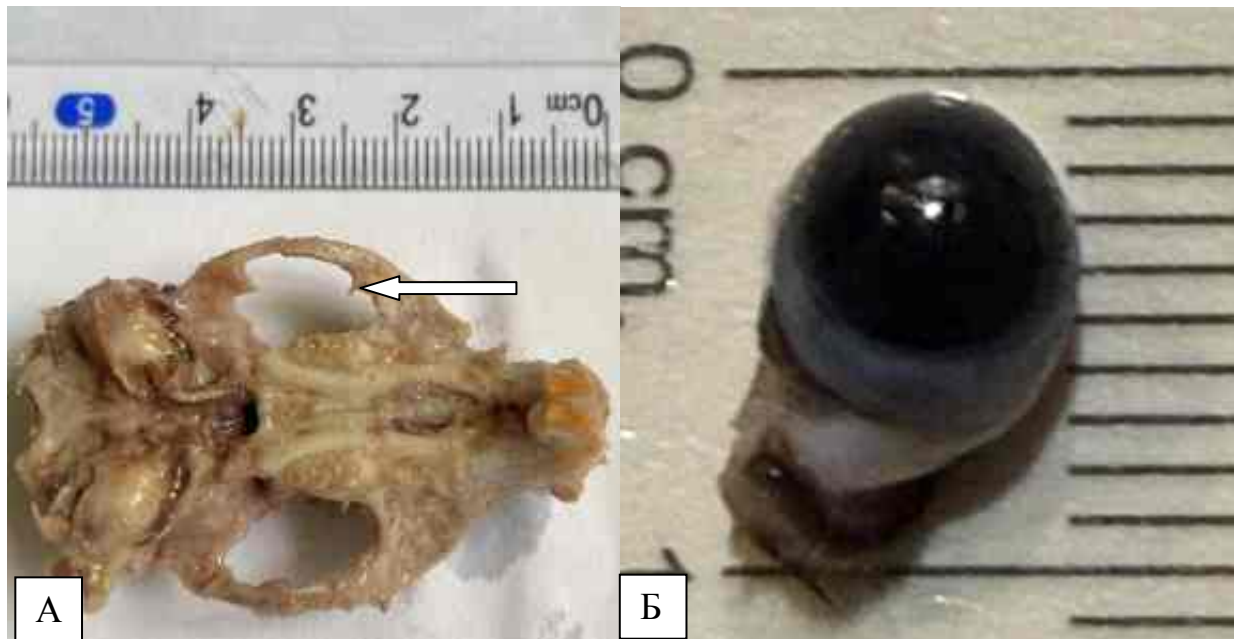
Примітки: стрілкою вказано очне яблуко зліва (bulbus oculi sinister) у щура контрольної групи (А) та проекція Гайдерової залози. Б – орбіта щура контрольної групи після екстирпації очного яблука.

Рисунок 4.3 – череп щура з латеральної сторони, справа.

Додаткове збільшення ока у щурів на протязі від народження до прозрівання складає 47 %; а далі, на протязі життя, на 54%, яке досягає у середньому 112 - 115 міліграм, а екватор перетину ока при цьому 4,8 - 4,9 мм, при середньої маси тіла - 200 грам (рис. 4. 4 - А, Б). Вага черепу щура контрольної групи складала $4,37 \pm 0,73$ грам, а вага черепа по відношенню до загальної маси скелету у цілому - $14,97 \pm 0,91$ % (рис. 4. 5 - А, Б).

У експериментальних групах ці вагові показники майже не змінювались. Аналізуючи усі результати посттравматичних змін структур черепа можливо зробити висновок, що череп щурів достатньо міцний, особливо, коли відбувається вплив ударної хвилі середнього ступеню, але у одному випадку все ж зустрічалось ураження цілісності скулової дуги, яка є більш крихка, але це було виключенням ніж закономірністю. Але, попри, при відсутності видимих уражень черепа, все рівно, після офтальмологічної ударної травми страждає периферичний його відділ - очне яблуко, яке скелетотопічно

розташовано в очної ямці, тобто більш екстракраніально, в якому і відбуваються посттравматичні зміни. У другу чергу, що цікаво, страждає і центральний відділ – потилична доля, для якої захисну функцію виконує потилична кістка, яка після впливу повітряної ударної хвилі була не уражена.



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

Рисунок 4.4 – череп та очне яблуко щура контрольної групи.

Тому ми зробити висновок, що ураження структур зорового аналізатору відбуваються завдяки повітряної ударної хвилі, вплив якої у даному дослідженні не супроводжується ураженням кісток черепа, тобто не порушується цілісність кісток у щурів експериментальних груп у зрівнянні з контрольною групою, що підтвердило, що зміни компонентів зорового аналізатору у експерименті відбуваються завдяки впливу повітряної ударної хвилі.



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

Рисунок 4. 5 – череп щура контрольної групи зверху та збоку у сагітальному розрізі.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний В. В. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. –Т.24, № 4 – 2025:49-55.
2. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Кошарний Д. В. Взаємозв'язки між величиною очного яблука, як периферичної частини зорового аналізатору та очної ямки черепа за допомогою морфометричного та краніометричного методів дослідження // Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект: матеріали шостої Міжнародної міждисциплінарної науково - практичної конференції до Всесвітнього дня анатомії (м. Харків, 15 - 16 жовтня 2025 року) / Харківський міжнародний медичний університет. – Харів: ХММУ, 2025. С.8 - 10.

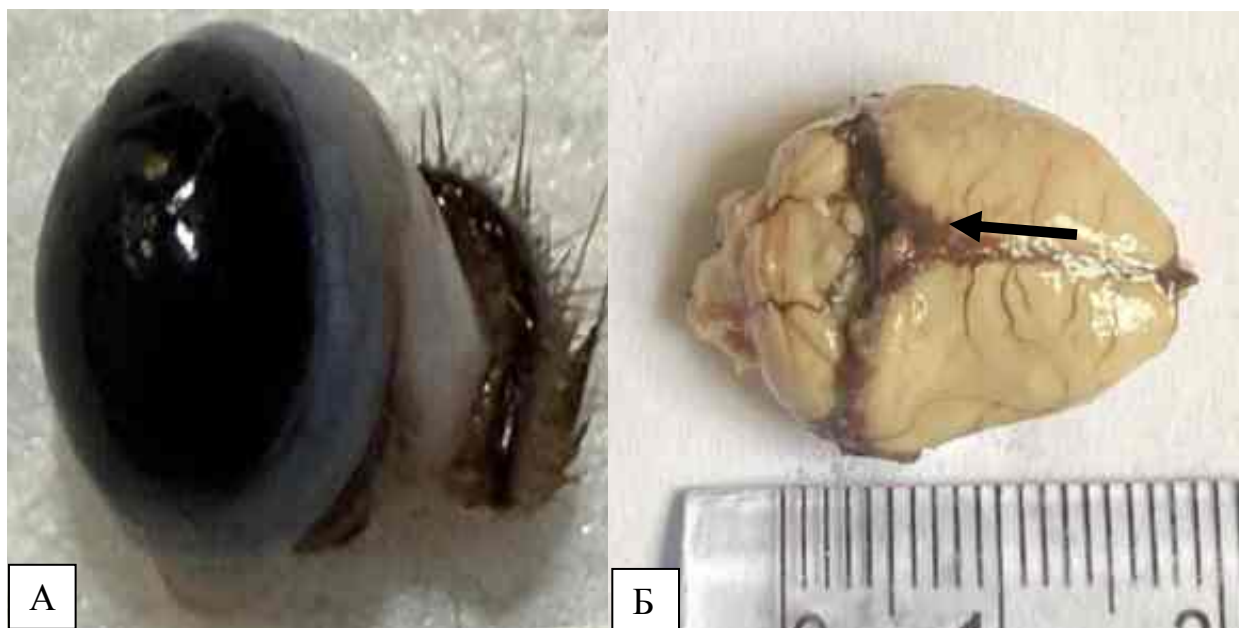
РОЗДІЛ 5

РЕМОДЕЛЮЮЧИ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПЕРЕБУДОВИ МОРФОЛОГІЧНИХ ЗМІН, МІКРОСКОПІЧНИХ І УЛЬТРАСТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ ПІДКІРКОВИХ ТА КІРКОВОГО КІНЦІВ ЗОРОВОГО АНАЛІЗАТОРУ В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

5.1. Ремоделюючи морфологічні особливості макро та мікроструктурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору у щурів у гострий період – на першу добу та ранній період – на сьому добу після впливу повітряної ударної хвилі у зрівнянні з контрольною групою

Ремоделюючи зміни структур головного мозку на різних рівнях організації мали характерні риси після впливу повітряно ударних хвиль. Ці зміни не стосувались особливо вагових характеристик. Так, у результаті дослідження ми визначили, що вага очного яблука щура важить у середньому 115 міліграм, а мозку у середньому – 2,2 грама, тобто відношення ваги мозку к вазі очного яблука становить 16,5 (рис. 5.1 - А, Б). Після впливу ударної хвилі ці показники майже не змінювались у щурів експериментальних груп, а відносно структурних особливостей зорових дялянок головного мозку, навпаки - зміни мали характерний віддіток у гострому – на першу добу та у ранньому – на сьому добу експерименту, у зрівнянні з контрольною групою щурів. Зоровий аналізатор складається з очного яблука та його оболонок, однією з яких є сітківка, в якій розташовані світлочутливі елементи, які сприймають зовнішнє специфічне подразнення; з нервового шляху, яке проводить нервеве збудження у вигляді сформованого зорового нерва, який є

відростками гангліозних клітині який розташований в зоровій частині гіпоталамуса та продовжується до таламуса та метаталамусу і середнього мозку, де розташовані підкіркові центри зорового аналізатору, які дуже добре візуалізуються (рис. 5. 2 – А, Б); з кіркового кінця зорового аналізатору, у потиличній корі в ділянці шпорної борозни, яка визначається як окрема ділянка сімнадцять (рис. 5. 3 - А).



Примітки: стрілкою вказано кора великих півкуль головного мозку щурів контрольної групи.

Рисунок 5.1 – Макропрепарат очного яблука (А) та кора великих півкуль (Б).

Тому, у нашої 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 входи від 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. 5. 3 – Б).

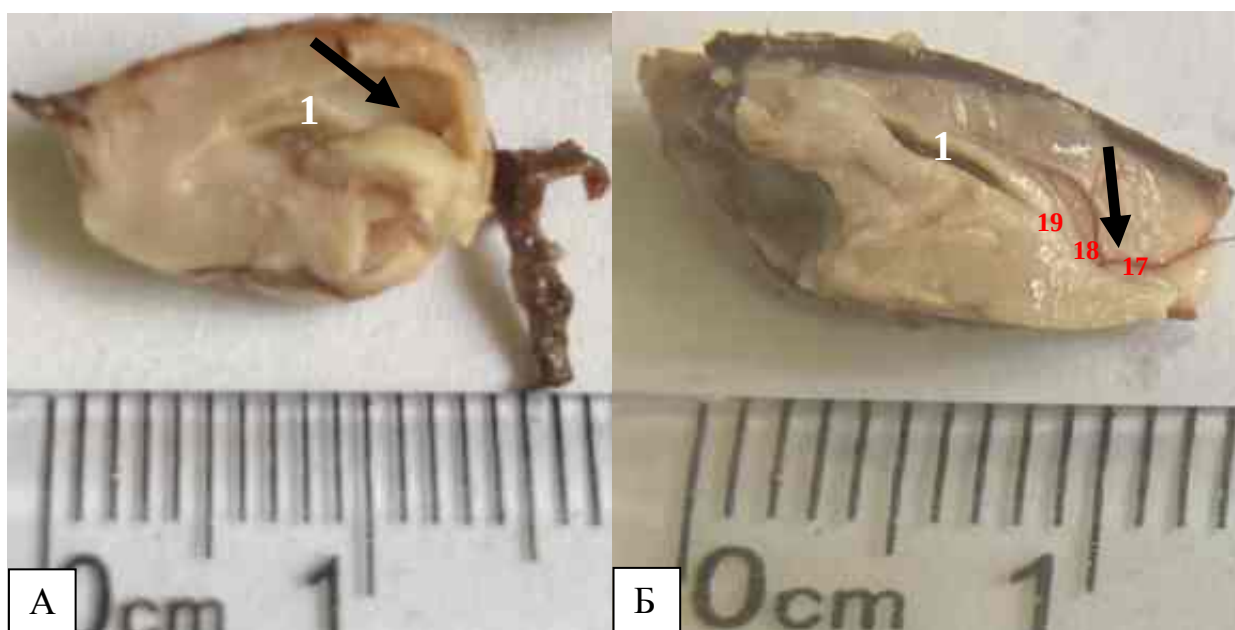


Примітки: стрілкою вказано зоровий нерв гіпоталамічної ділянки проміжного мозку. 1 – pars optica (hypothalamus) та зоровий нерв (chiasma opticus).

Рисунок 5.2 – Макропрепарат головного мозку щура контрольної групи, зверху (А) та знизу (Б) фронтальна проекція.

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 площі 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. 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 допереди та до низу. По виходу з зорового бугра, зовнішнього колінчастого тіла та четверохолмія Граціолев пучок топографічно зв'язаний з різними утвореннями мозку.

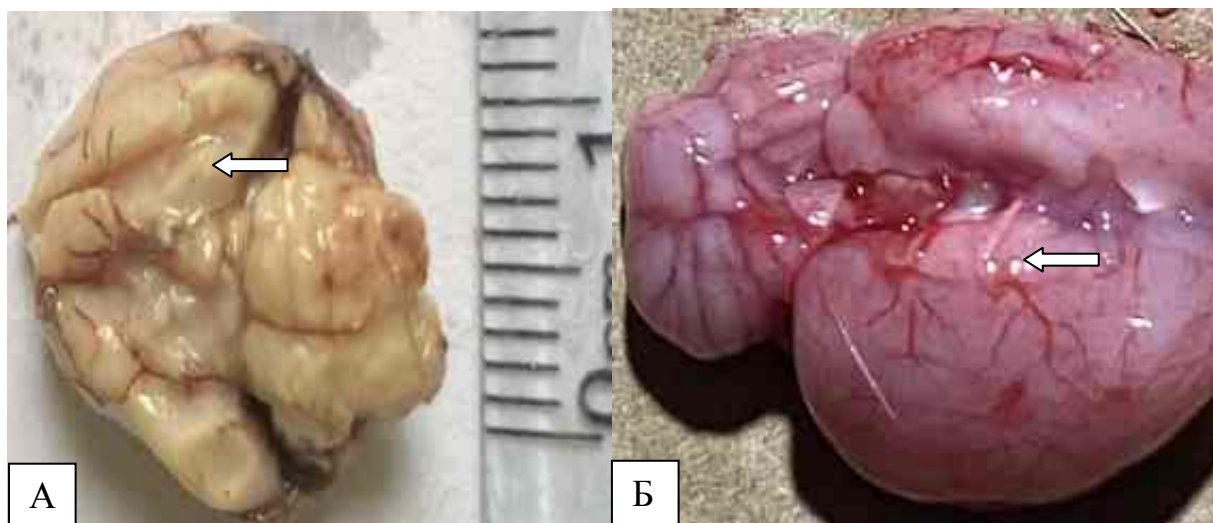


Примітки: стрілками вказані sulcus calcarinus dexter et sinister (шпорна борозна) потиличної долі головного мозку; 17, 18, 19 – поля Бродмана; 1 – мозолісте тіло.

Рисунок 5.3 – Верхньолатеральна поверхня головного мозку щура контрольної групи (А, Б).

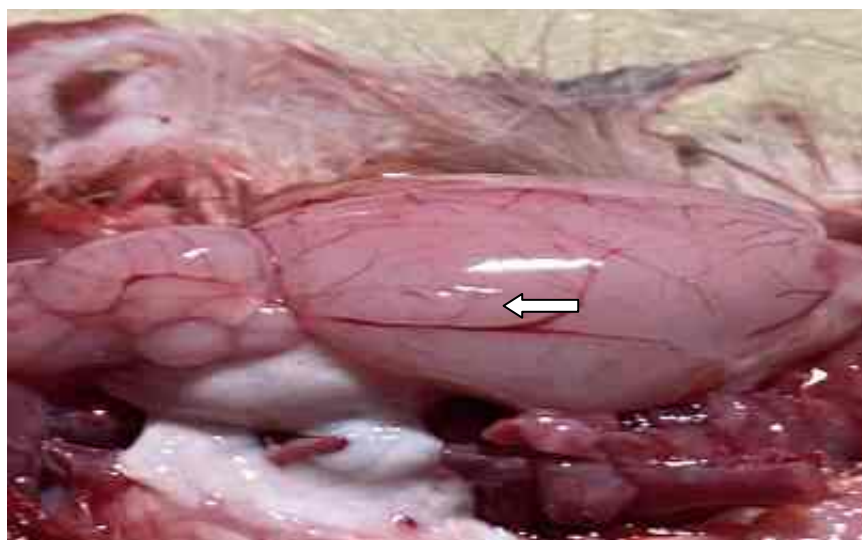
При дослідженні зорових ділянок кори великих півкуль, яка визначається по Бродману як окрема ділянка сімнадцять, реакція на офтальмологічну травму повітряного ударно – хвильового впливу у гострий та ранній періоди, мала прояви гіперемії, яка пов'язані більш з розширенням венозних судин, як

компенсаторна реакція на повітряну ударну хвилю (рис. 5.4 - Б; рис. 5.5; рис. 5.6 - А, Б) у зрівнянні з контрольною групою (рис.5.4 - А).



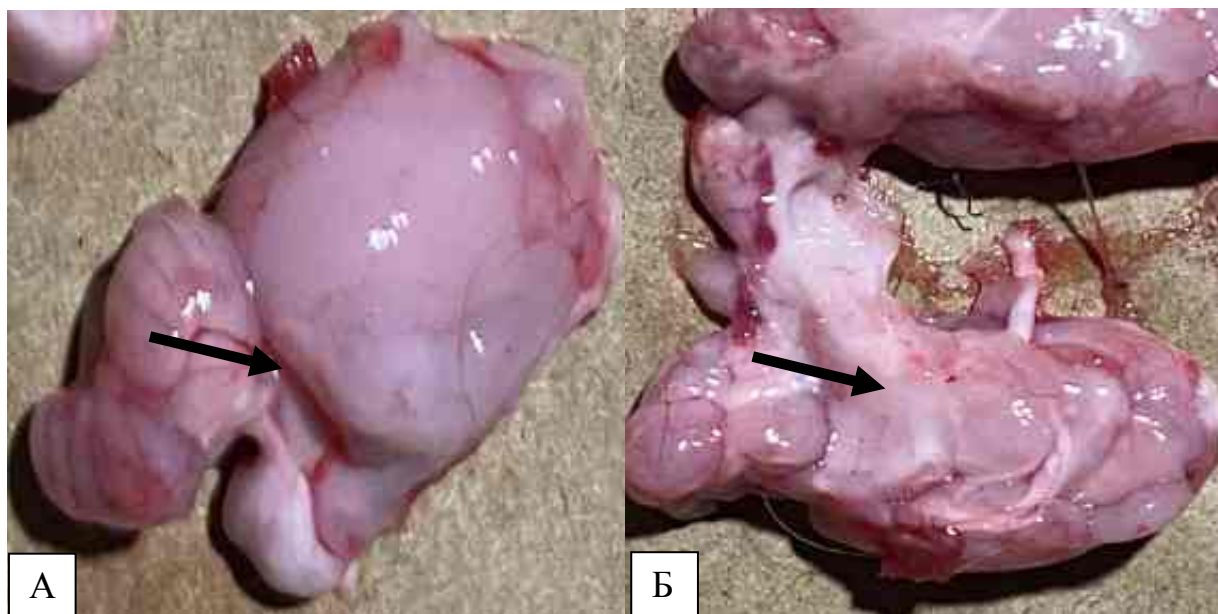
Примітки: стрілкою вказано кора великих півкуль головного мозку щурів контрольної (А) та експериментальної (Б) груп (гострий період).

Рисунок 5.4 – Макропрепарат головного мозку щура контрольної та експериментальної групи у гострий період на першу добу експерименту.



Примітки: стрілкою вказано кора великих півкуль головного мозку щурів експериментальної групи у гострий період на сьому добу.

Рисунок 5.5 – Макропрепарат головного мозку щура експериментальної групи у гострий період на першу добу після впливу повітряної ударної хвилі.



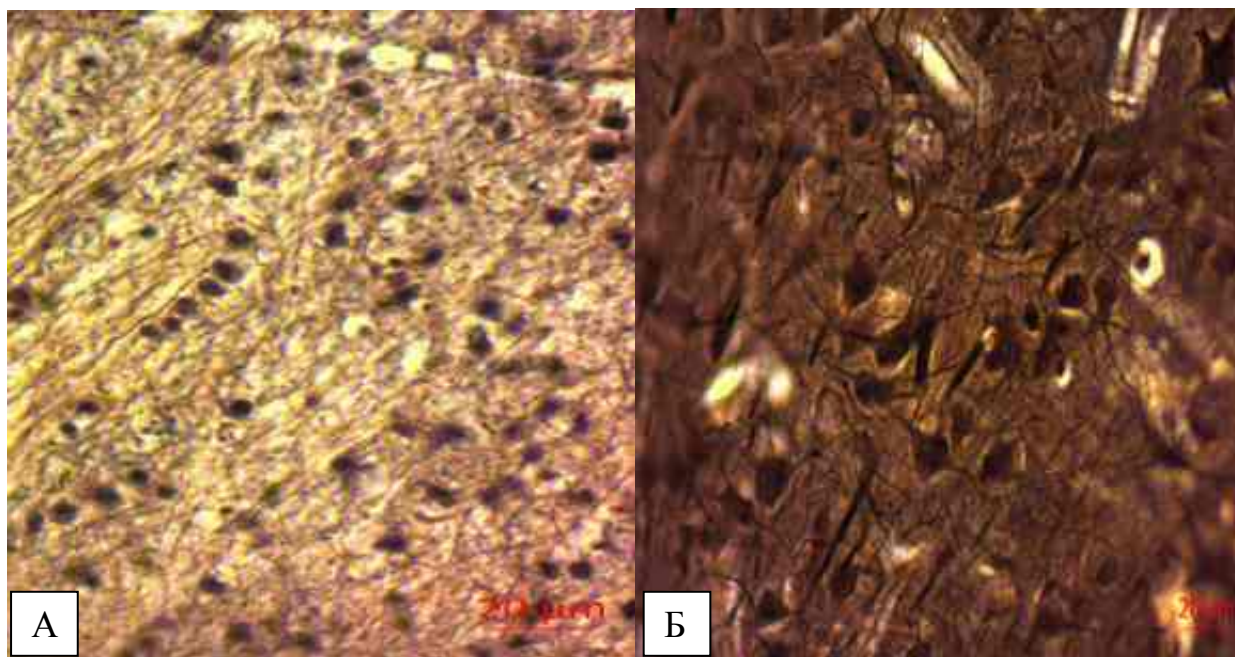
Примітки: стрілками вказані потиличні долі головного мозку групи експериментальних щурів у ранній період на сьому добу експерименту після впливу повітряної ударної хвилі. А – вид зверху. Б – сагітальний зріз правої половини головного мозку.

Рисунок 5.6 – Макропрепарат головного мозку щурів експериментальної групи після впливу повітряної ударної хвилі у ранній період – на сьому добу експерименту.

Таким чином, в умовах експериментальної офтальмологічної травми після впливу повітряної ударної хвилі макроскопічно в зорових ділянках головного мозку потиличної долі і зоровій частині гіпоталамуса проміжного мозку у щурів відбувалось зміну кольору тканини головного мозку у вигляді гіперемії: в гострий період більш виражену майже непомітну у ранній період, що було нами інтерпретовано, як компенсаторна реакція судин на офтальмологічну баротравму, яка мала більш прояви у гострий період, на першу добу експерименту.

5.2. Ремоделюючи гістологічні зміни структурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору в умовах експерименту у гострий та ранній періоди після впливу повітряної ударної хвилі у зрівняні з контрольної групи

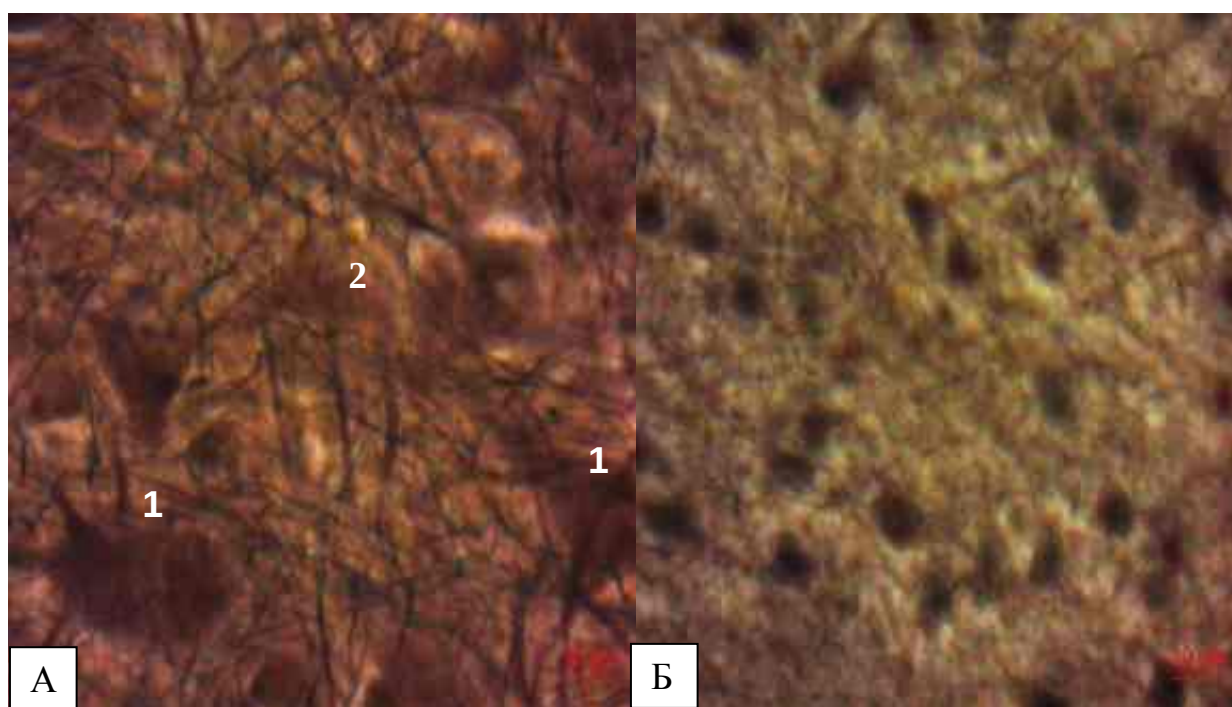
При дослідженні мікроструктури зорової ділянки кори великих півкуль потиличної долі було з'ясовано, що серед шести шарів, характерних для гістоструктури потиличної долі щурів контрольної групи, є окремі зміни, як наслідки після впливу ударної хвилі в шарах потиличної долі експериментальної щурів, які мають наступні відмінності: перший шар широкий та має одиничні нервові клітини; другий шар складається з маленьких витягнутих кліток, густо розташованих групами, в окремих місцях у вигляді ланцюжка (рис.5. 7 - А);



Примітки: препарат головного мозку щура scale bar = 20 µm. А – зовнішній шар зернистих клітин. Б – внутрішній шар зернистих клітин.

Рисунок 5. 7 – Зріз кори головного мозку щура проекції шпорної борозни контрольної групи.

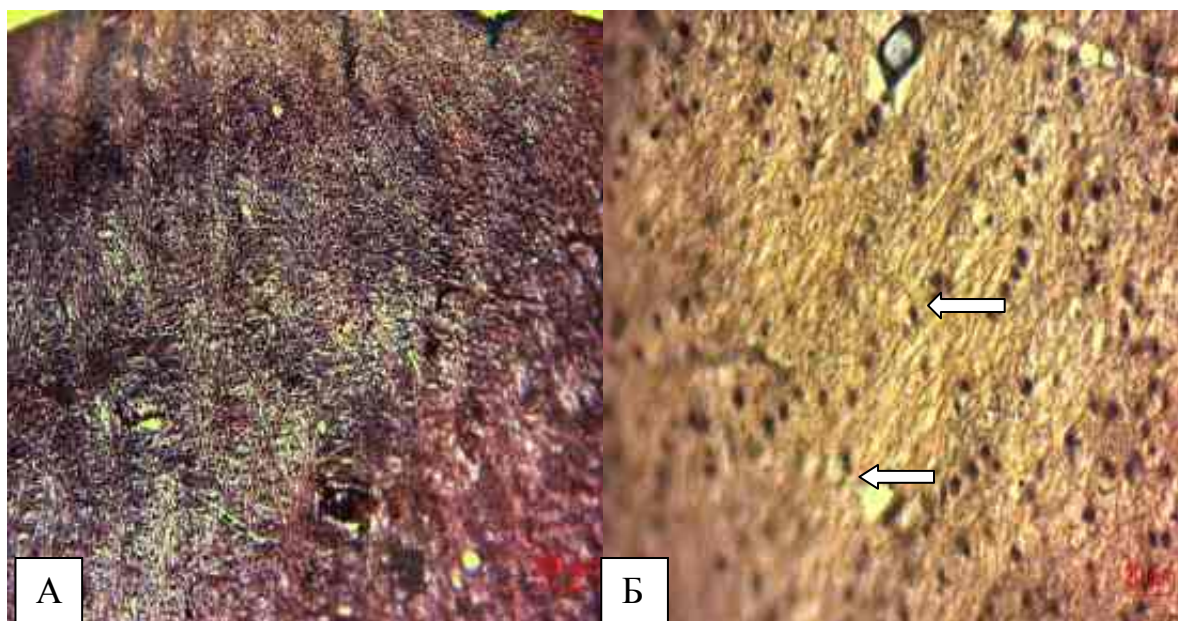
для третього шару характерно більш рідкісне розташування клітин, за формою та величиною, які не мають відмінності від клітин другого шару; серед клітин четвертого шару переважають зернисті клітини, які мають форму близьку до ромбоподібних клітин з відростками, який у зорової корі набуває значного розвитку (рис. 5. 7 - 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. Для всього поля характерна густота розташованих клітин у щурів контрольної групи (рис.5. 8 – А, Б).



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.

Рисунок 5.8 – Гістологічний зріз потиличної ділянки кори головного мозку щура.

Мікроскопічне дослідження зорової ділянки кори потиличної долі великих півкуль експериментальної групи щурів показало, що у досліджених слабо виражені диференціація зернистих шарів і вони розташовані хаотично, зокрема, у четвертому шарі, найбільш характерного для ділянки сімнадцять ссавців контрольної групи (рис. 5.9 - А). Тобто характерні зміни після впливу повітряної ударної хвилі відбуваються у четвертому шарі кори потиличної ділянки головного мозку (рис. 5.9 - Б).



Примітки: забарвлення гематоксиліном та еозином. А - scale bar = 100 μm – контрольна група. Б - scale bar = 20 μm , експериментальна група. Примітки: стрілкою вказані зернисті клітини.

Рисунок 5.9 – Гістологічний зріз потиличної ділянки кори головного мозку щура контрольної і експериментальної груп.

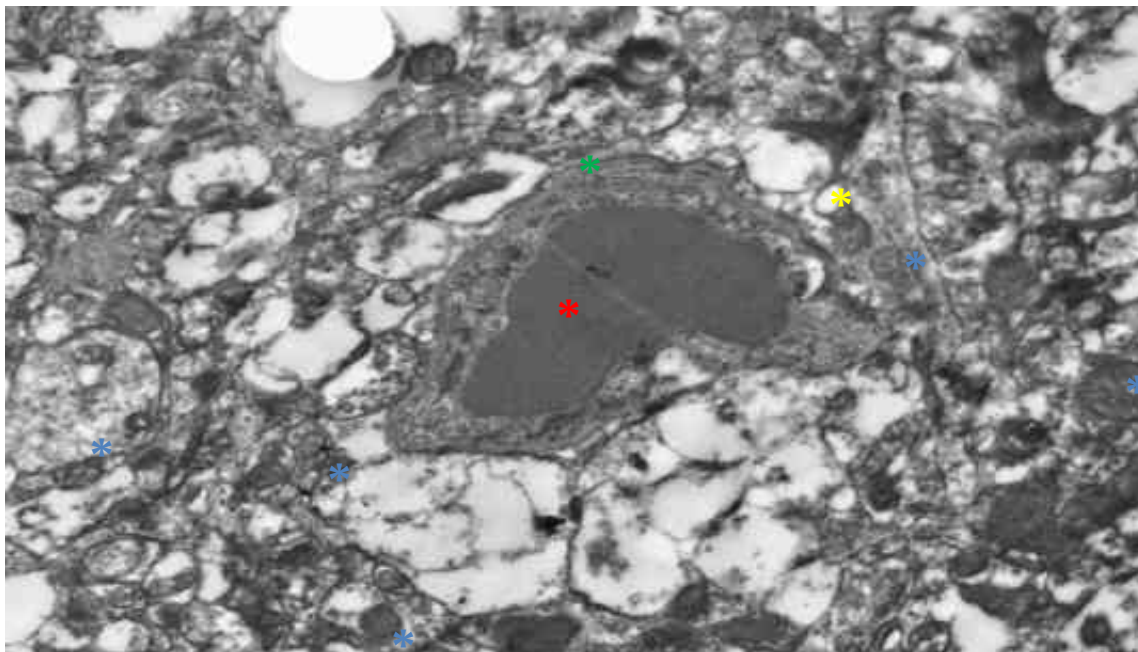
Таким чином, аналізуючи перебудову зорової сенсорної системи можливо зробити висновок, що на макрорівні у відділах головного мозку, а саме в ділянках зорової системи, після впливу повітряної ударної хвилі не відбувається змін, які відрізняються великою строкатістю. Реакція на

офтальмологічну травму середньої 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 долі в ділянці сімнадцять відбуваються зміни у четвертому шарі шестишарової будови кори, відповідно хаотичному розташуванню зернистих клітин, які не характерні для цього шару в контрольної групі щурів.

5.3. Ремоделюючи зміни ультраструктурних компонентів підкіркових та кіркового кінців зорового аналізатору в умовах експерименту у гострий - на першу добу та ранній період – на сьому добу після впливу повітряної ударної хвилі у зрівняні з контрольної групи

Проведені дослідження зорової ділянки гіпоталамуса проміжного мозку та потиличної долі кори щурів із використанням електронної мікроскопії, показали, що застосування цього методу дає змогу оцінити перебудову ультраструктурних компонентів зорового аналізатору після ударно - хвильового впливу на першудобу експерименту, коли наслідки мають гостру ступінь проявів. Особливі зміни відбувались у мітохондріях, так названих «клітинних електростанціях». У щурів контрольної групи у структурі зовнішньої мітохондріальної мембрани пошкоджень не спостерігалось, мітохондрії мали невеликий розмір та округлу форму з упорядкованими кристами, тобто перетинками, які сформовані складками внутрішньої мембрани, що збільшують поверхню внутрішньої мембрани і матрикс, який був рівномірним. В потиличній корі, таламусі та гіпоталамусі щурів нейропіль, який оточує тіла нейронів в сірій речовині, складався з густо переплєтених тонких аксонів та дендритів та гліальних відростків, які між собою контактували та утворювали синапси, тобто місця передачі нервових імпульсів між нейронами. Клітини ендотелію не мали ознаки активації. Товщина базальної мембрани гемокапілярів була рівномірно розподілена упродовж своєї довжини та не мала суттєвих відмінностей у порівнянні між собою гемокапілярів потиличної долі кори та гіпоталамічної ділянки проміжного мозку у щурів контрольної групи, вона мала чіткі контури. Також, ультраструктурне дослідження клітин зорової ділянки гіпоталамуса щурів контрольної групи показало відсутність набряку, чітку візуалізацію мітохондрій зі збереженням структури та добре візуалізовані кристи і

органели, які не мали ознак ураження: клітинна архітектура, цілісність мембран була збережена, що свідчило про відсутність оксидативного стресу та збереження продукції енергії (рис.5.10).

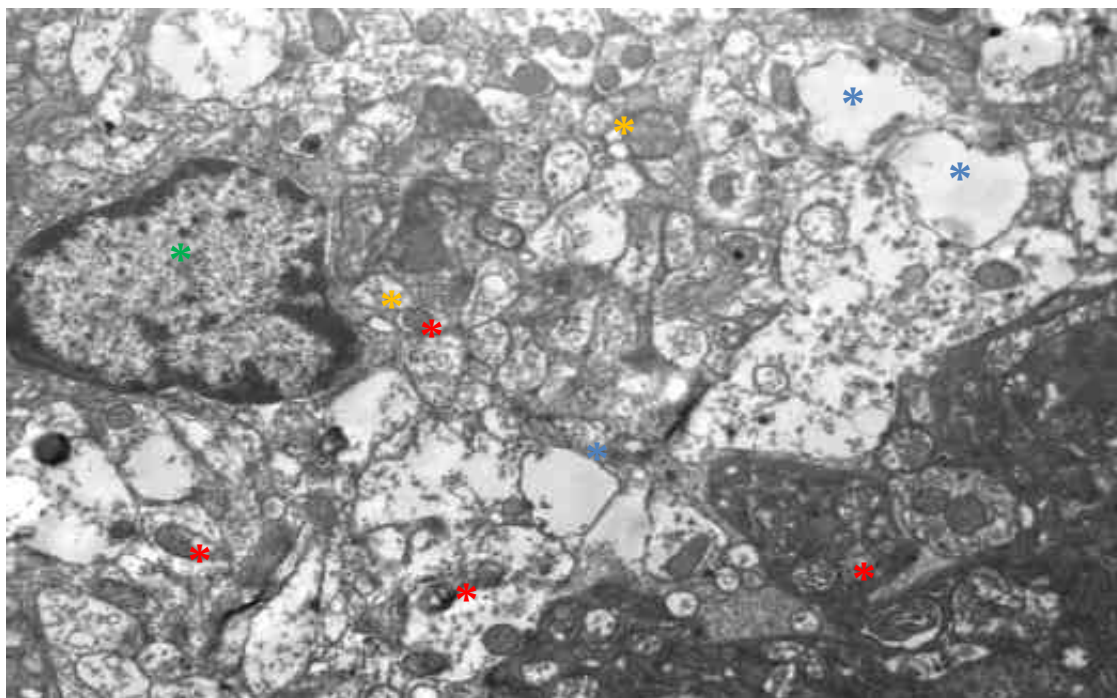


Примітки: 1. Електронна мікрофотографія, scale bar = 500 nm, * - гемокапіляр, * - мітохондрії, * - мікровезікулярні тільця, * - базальна мембрана.

Рисунок 5.10 – Нейропіль гіпоталамічної ділянки головного мозку щура контрольної групи.

Під час дослідження структур підкіркових центрів зорового аналізатору після впливу ударної хвилі у щурів експериментальної групи було відзначено, що нейрони підкірки містили численні мітохондрії, які були пошкоджені в умовах перевантаження. В зміні структури мітохондрій в умовах їх компенсаторної гіперфункції після нейротравми спостерігалась-гомогенізація, вакуолізація та вимивання матриксу. Тобто переважали мітохондрії з ознаками структурно-функціональної перенапруги: невеликого розміру з ділянками нерівномірного різкого просвітлення матриксу і

неупорядкованими кристами з явищами їх руйнування з елементами кристолізису. Між такими мітохондріями виявилася незначна кількість міжмітохондріальних контактів, в зовнішній мембрані деяких з них спостерігалися тріщини й мікророзриви (рис.5.11).

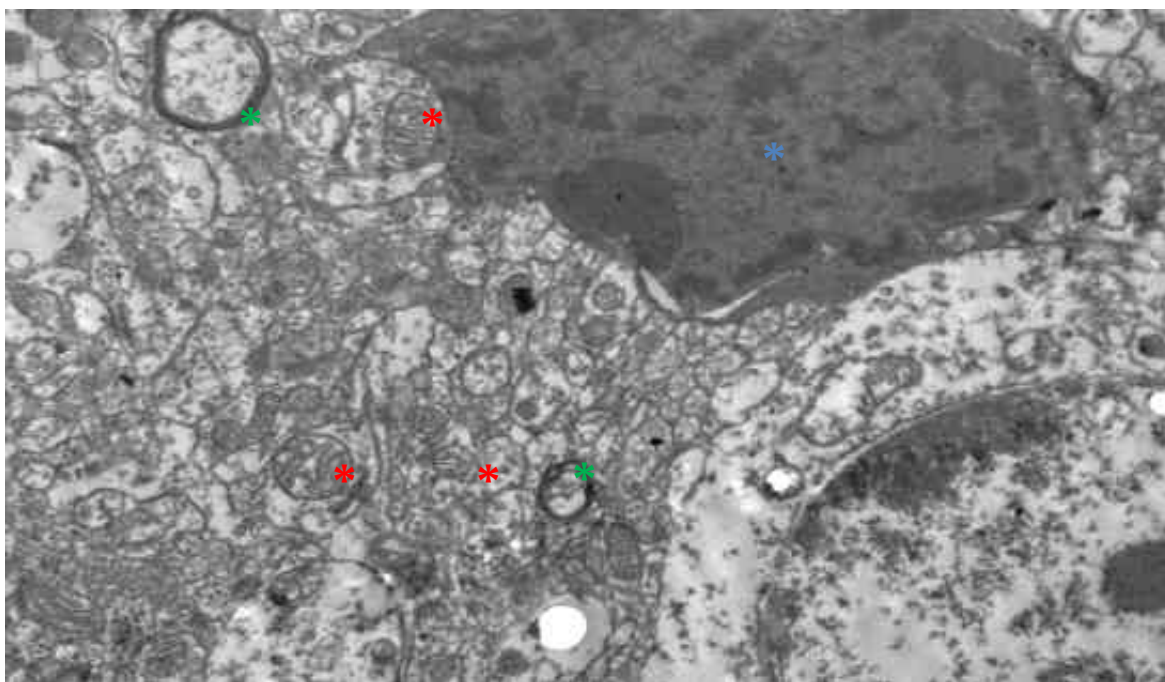


Примітки: 1.Електронна мікрофотографія, scalebar = 500 nm, * - мітохондрії, * - набряк, * - ядро астроциту, * – мікровезікулярні тіลця.

Рисунок 5.11 – Нейропіль гіпоталамічної ділянки головного мозку щура експериментальної групи.

Отже, експериментальний вплив ударної хвилі у щурів у гострий період супроводжується посиленням гетероморфії мітохондрій, кристолізисом міжміофібрилярних мітохондрій, появою органел із різким набряком матриксу. Тобто мітохондріальний апарат зазнавав гострих реактивних перетворень у вигляді поліморфних набряклих мітохондрій, мозаїчних структурних порушень крист та трансформації цих органел з округлою до гігантською форми.

В порівнянні з контрольною групою, на електронограмах головного мозку потиличної кори експериментальних тварин виявили значні зміни: периваскулярний, перинейрональний набряк та набряк органел нейронів, особливо мітохондрій з частковою деструкцією крист, а також набряк нейропілю в цілому (рис.5.12).

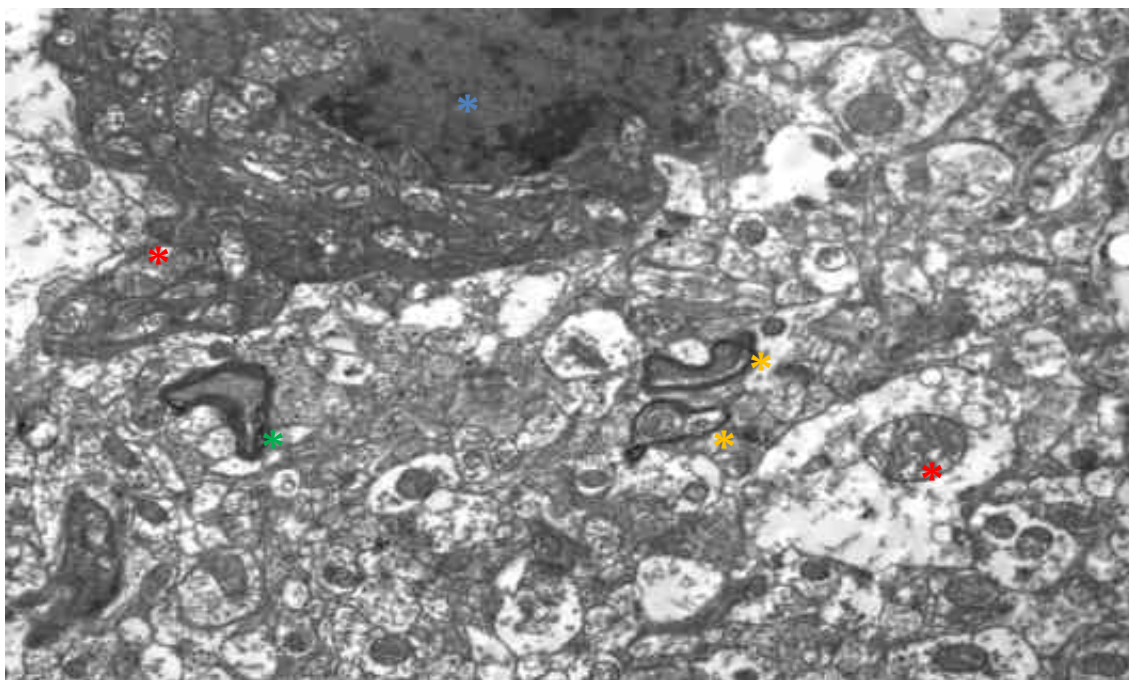


Примітки: 1. Електронна мікрофотографія, scale bar = 500 nm, * - мітохондрії, * - нейрон, *-розшарування мієліну.

Рисунок 5.12 – Потилична кора головного мозку щура експериментальної групи.

Особливі зміни відбувались у клітинах ендотелію підкоркових та кіркових центрах зорового аналізатору після впливу ударної хвилі у гострий період. На електронограмме потиличної кори щурів експериментальної групи мали прояви активації клітини ендотелію – зростало кількість проміжків, що вело до підвищення проникності, підвищувався вміст везикул та вакуолей та вміст рідини, чому і формувався набряк, який чітко візуалізувався навколо судин. Спостерігалось потовщення мембран судин через набряк, а в позаклітинному

просторі визначались концентрації мієлінізованих аксонів та важливою особливістю реактивних наслідків травми було розшарування мієліну, тобто демієлінізації - жироподібної речовини, яка оточує та ізолює нервові волокна та забезпечує швидку та ефективну передачу нервових імпульсів (рис.5.13).



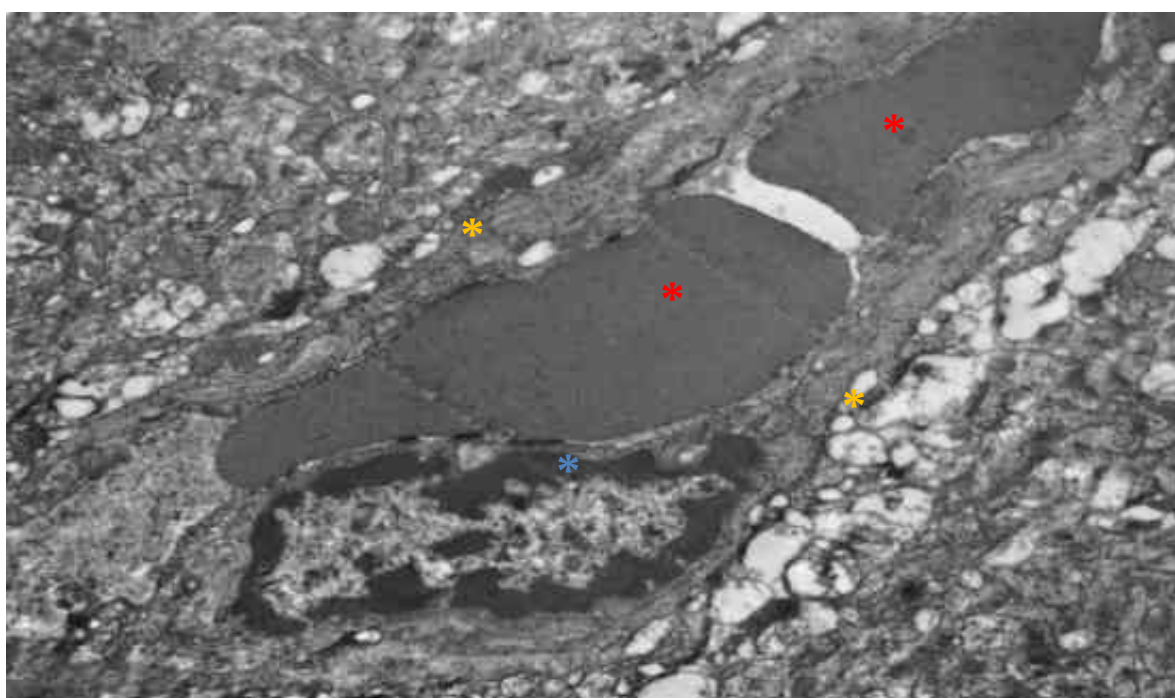
Примітки: 1. Електронна мікрофотографія, scale bar = 500 nm, * - мітохондрії, * - ядро ендотеліоцита, * - розшарування мієліну, * – мієлінові тільця.

Рисунок 5.13 – Розшарування мієліну зорової ділянки потилочної кори щура експериментальної групи.

Але у гіпоталамічній ділянці у нейропілі спостерігався перицелюлярний, тобто навколо клітин, набряк, поява мікроезівкулярних тілець, потовщення аксональних синаптичних з'єднань, зменшення кількості синаптичних пухирців, потовщення постсинаптичної мембрани та збільшення міжсинаптичної щілини. Ультраструктурні зміни структурних компонентів відбувались і на рівні гемокапілярів у зорових ділянках щурів експериментальної групи. Спостерігалось збільшення розмірів гемокапілярів,

в яких базальна мембрана була нерівномірною на всьому протязі у порівнянні з кортикальними судинами потиличної долі (рис.5.14).

Таким чином, виявлені після дії ударної хвилі ультраструктурні зміни в нейронах і нейропілі потиличної долі кори головного мозку та гіпоталамусу мали характерні реактивні прояви ушкодження: у вигляді розшарування мієліну, пошкодження мембран органел, їх трансформацією, особливо мітохондрій з деструкцією крист та нерівномірного просвітлення матриксу, зміною стінок гемокапілярів та набряку нейропілю в цілому.



Примітки: 1. Електронна мікрофотографія, scalebar = 500 nm, * - еритроцити в просвіті капіляра, * – ядро ендотеліоцита, * - базальна мембрана.

Рисунок 5.14 – Гемокапіляр гіпоталамічної ділянки щурів експериментальної групи.

Таким чином: за умов експериментального впливу ударної хвилі визначили істотні відмінності тканино – клітинних реакцій в гострий період після нейротравми; доведено присутність вираженої реактивної реакції

клітин зорової ділянки потиличної долі та гіпоталамічного відділу проміжного мозку на вплив повітряної ударної хвилі з особливою реакцією серед органел – мітохондрій, які не тільки змінювали розмір і форму, а також будову крист, в яких відбувалась деструкція; виражену реакцію нейронів потиличної кори: візуалізація набряку навколо судин, потовщення їх мембран, а в позаклітинному просторі демієлінізацію аксонів, що є причиною різних неврологічних симптомів та захворювань. Спроби пов'язати характер змін на дні ока з наслідками у мозкової корі не можуть вважатися переконливими, але мова йде про травму середнього ступеня тяжкості, тому, хоча суворої залежності між ними встановити не вдалося, однак було з'ясовано, що після впливу повітряної ударної хвилі з локалізацією на очне яблуко, особливо у гострий період спостерігаються характерні зміни, які відбуваються у потиличної долі кори головного мозку та гіпоталамічній зоні проміжного мозку шурів після ударної хвилі, які мають характерні прояви на макроскопічному та мікроскопічному рівнях у гострий та ранній періоди експерименту.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.
3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.
4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної

- системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.
5. Л. В. Абдул - Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 – 2025: 49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55.
6. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 4 (179), с. 275-284. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.
7. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875).
8. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т. В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно-хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 3 (61) - 2026, с. 1815-1824: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

У теперішній час, за науковими даними, саме повітряна ударна хвиля та її тиск є тим фактором, який впливає на краніальний відділ, особливо очне яблуко та головний мозок. Впливом вибухової хвилі експериментальним шляхом, аналізом математичних параметрів ударної хвилі вибуху та розрахуванням цих параметрів, який передбачав врахування маси вибухової речовини, відстані від центру заряду до точки у просторі, швидкості розповсюдження звуку у повітрі та атмосферного тиску на різні органи черевної порожнини і їх наслідки займались багато вчених [148, 149, 150, 151]. Посттравматичні наслідки були різні, але вони впливали на судинну систему, на мікроциркуляцію різних органів, на виникнення гематом, анемію і порушення кровопостачання, як і у нашому експерименті [152, 153, 154, 155]. Близькість розташування ока до тиску ударної хвилі має істотний вплив на тяжкість цих реакцій на всі складові очного яблука – його внутрішнього середовища, стінку з трьома оболонками і особливо, внутрішньої оболонки – сітківки, яка практично не має можливості і механізмів к репаративним процесам, що призводить до стійкого зниження або повної втрати зору. Зорові порушення при офтальмологічній травмі мають складний патогенез, що включає нейродегенерацію, запальні процеси та судинні порушення, які зустрічаються як посттравматичні зміни, так і вікові ускладнення. Серед них виділяються кілька найбільш поширених та клінічно значущих. Насамперед це вікова макулярна дегенерація (ВМД) - патологія, що вражає центральну зону сітківки (макулу) і призводить до втрати центрального зору, такого необхідного для працездатності та якості життя і за інвалідизацією посідає третє місце після катаракти та глаукоми. ВМД вважається однією з основних причин незворотної сліпоти в осіб похилого віку у розвинених країнах, але,

яке може бути ускладненням і посттравматичних змін і це було відображено у працях не тільки вчених мофологів, а і лікарів. В дослідницькій роботі було встановлено особливості стану ока з ВМД, конкретизовано вплив віку, статі, описана гістопатологія ВМД, в основі якої становлять дегенеративні процеси пігментного епітелію, мембрани Бруха, хоріоїдеї та фоторецепторних клітин, при якій ушкоджується макулярна ділянка сітківки, відмічаються гіпо та гіперпігментація, географічна атрофія пігментного епітелію сітківки, неоваскуляризація і утворення маленьких, середніх та великих друз - відкладень жовто – білої грудочки, що складаються з білків та ліпідів, які утворюються всередині ока [156].

Отже, актуальним напрямком морфологічних експериментальних досліджень є виявлення спектру змін структур та клітин очного яблука та його провідних шляхів, тобто усіх складових зорового аналізатору, в умовах ударної хвилі. Простежені нами зміни, в оболонках органу зору і в зорових ділянках потиличної кори, пояснюють неблаготворну дію цього чинника і особистий вплив на систему мікроциркуляції, що ми і спостерігали у різні періоди часу після офтальмологічної травми у всіх структурах зорового аналізатору. Саме ці результати нашого дослідження та дані інших вчених дають можливість коректувати ураження органу зору та нервової системи, особливо головного мозку, їх наслідки, які виникають після впливу повітряної ударної хвилі, і після доказових даних по показникам на клітинному, тканинному та органному рівні дають можливість впливати на відновлюючи процеси та розробляти заходи для зменшення рівня ступеня інвалідації при ураженні різного ступеню компонентів зорового аналізатору та невідкладної хірургічної і анестезіологічної допомоги, яка дуже складна [157, 158]. Окремі вчені вивчали окремо вплив вибухової хвилі на структури головного мозку на різних рівнях організації і їх патофізіологічні механізми наслідків [159]. В нашій експериментальній роботі теж були простежені зміни мікроциркуляції, у зорових ділянках потиличної кори головного мозку

у щурів, які були наслідок офтальмологічної травми після впливу повітряної ударної хвилі у гострий та ранній періоди. Око розглядається як частина центральної нервової системи, тому ураження очного яблука, безпосередньо впливає на зорову функцію і зорові ділянки головного мозку. Водночас порушення відділів головного мозку при офтальмологічній травмі часто недооцінюються, що призводить до затримки діагностики та погіршення прогнозу відносно зору і функціонуванню усіх ланок зорового аналізатору. Однак, після травмування очного яблука, тобто офтальмологічної баротравми, страждають його оболонки і, особливо, сітківка, в якій розташовані фоторецепторні клітини. Так, дослідниками було визначено, що вплив вибухової хвилі призвело до змін у морфології сітківки, при цьому оцінили товщину зовнішнього ядерного шару, яка була виміряна за кількістю ядер фоторецепторних клітин, але експеримент відбувався на мишах і зміни були виявлені через 30 діб після ураження вибухом, що свідчило про можливість тривалого пошкодження сітківки та запалення нейронів після первинного опромінення вибухом. Так, у експерименті використовували систему ударних трубок із приводом стисненого повітря, дорослих самців і самок мишей лінії C57BL/6 (інбредні), які відрізняються особливими характеристиками: чорне забарвлення, маса дорослої тварини (15-16 грам), вік статевого дозрівання (30-35 діб), тривалість вагітності (19-21 доба), кількість особин в посліді (5-12); кількість послідів на рік (4-9). Самців та самок мишей піддавали впливу вибухової хвилі під тиском 300 кПа (43,5 фунтів на квадратний дюйм) на день протягом 3-х послідовних днів і піддавали евтаназії через 30 днів після травми. У цієї роботи оцінювали тканини сітківки за допомогою імунофлюоресценції для гліального фібрілярного кислого білка, специфічних для мікроглії білків Iba1 CD68 і фосфорильованого тау (тау – білок – англ. Microtubule – associated protein tau) – (AT-270 pThr181 і AT - 180 pThr231). У результаті даного дослідження первинний тиск вибухової хвилі призвів до активації глії Мюллера, втрати

фоторецепторних клітин і збільшення фосфорильованого тау в нейронах і глії сітківки. Глія Мюлера - основний тип підтримуючих радіальних гліальних клітин сітківки очного яблука хребетних, що простягаються через усю її товщу від внутрішньої до зовнішньої мембрани, з'єднуючи їх, що допомагає розсіювання світла і покращує зір. Вони забезпечують структурну підтримку, трофіку нейронів, світлопровідну функцію та захист від фотопошкоджень. Виявили, що вибухи 300 кПа не спричинили жодних нейрохімічних чи біохімічних ознак пошкодження смугастого тіла чи префронтальної кори [160]. Але ці дослідження більш стосувались нейрофізіологічних аспектів. У своїй роботі ми теж дослідили вплив на анатомічні зміни структур зорового аналізатору після впливу повітряної ударної хвилі у 46 кПа, які хоча і не були виразкові у відділах потиличної кори, але мали наслідки ушкодження, які були не зв'язані з травмуванням кісток черепа і при яких не спостерігались зміни в інших ділянках головного мозку. Окремі дослідники оцінили вплив первинно вибухової хвилі на початкові нейрони в аферентній зоровій системі на фоторецептори та пов'язані з ними клітини сітківки та зоровий тракт мозку, на електрофізіологію сітківки та гістотопографію сітківки та зорового тракту головного мозку на моделі щурів [161, 162, 163]. Була розроблена ударна труба, що використовує стиснення повітря, з якого генерується лише первинна вибухова хвиля, а не вторинні та третинні сили, і яка генерує вибухову хвилю з формою хвилі Фрідлендера, яка складається з високоамплітудного піка надлишкового тиску, після якого починається триваліша фаза зниження та її можна порівняти з хвилею, яка спостерігається в бою. Дані досліджували на електроретинограмі (ERG) як для правого, так і для лівого ока вимірювали, до симуляції вибухової хвилі типу Фріндлера напобою, амплітуду альфа і бета хвиль. Гістопатологічні результати правої та лівої сітківки та обох зорових трактів були оцінені через чотирнадцять днів після вибуху. Окремі автори полягають, що найбільш

значущим після впливу ударно – вибухової хвилі є гострий період. Щодо розвитку патологічних змін органу зору внаслідок впливу ударної хвилі, зокрема, вивчаються зміни функції зору. Поряд зі змінами, що локалізуються в одній з оболонок, можуть мати місце численні зміни, що зачіпають ряд відділів ока. Переважають зміни в області соска зорового нерва та навколо нього. Навіть посттравматичне пошкодження на одне око, спричиняє пошкодження сітківки і обох постхіазматичних зорових трактів і, окремо, виникає системний вплив для розвитку первинної відкритокутової глаукоми, як було визначено на електроретинограммі та гістопатологією [164]. У сутті глаукомного процесу є прискорена загибель гангліозних клітин сітківки і їх аксонів, з яких складається зоровий нерв та порушення кровотворення. В нашій роботі усі наслідки після впливу повітряної ударної хвилі ми спостерігали на протязі чотирьох часових періодів – у першу, сьому, чотирнадцяту та тридцяту доби експерименту і вони мали різні прояви, що дало можливість прогнозувати та з'ясувати різні методи лікування та невідкладність оперативної хірургічної допомоги.

Багато дослідників намагались вирішити питання оптимальних термінів хірургічного втручання, оцінку крововтрати у поранених військовослужбовців [165]. В літературі існують дані передопераційного статусу макулярного відшарування, який є найважливішим прогностичним показником для відновлення зору після хірургічного лікування регматогенного відшарування сітківки [166]. Точно оцінка передопераційної участі макулярної області за допомогою оптичної когерентної томографії краще визначає оптимальні терміни хірургічного втручання. Це означає більш точне прогнозування відновлення зору у пацієнтів. Комбінована операція вітректомії і факоемульсифікації є ефективною і безпечною процедурою, яка забезпечує повне видалення всіх відділів склоподібного тіла. Така стратегія призводить до мінімізації хірургічної травми, знижує ризик ускладнень і сприяє швидкому відновленню зору, провідним шляхом

якого є сітківка. Сітківка ока є унікальною біологічною структурою у сприйнятті зорової інформації. Вона є не лише світлочутливим екраном, на який проектується зображення зовнішнього світу, але й складною нейросенсорною тканиною, що перетворює електромагнітні коливання світла на нервові імпульси. Ці імпульси далі передаються в зорові центри головного мозку, де формується усвідомлена картина навколишньої дійсності. Таким чином, сітківка виступає як центральний елемент зорового аналізатора, визначаючи якість і повноту зорового сприйняття. Актуальність вивчення сітківки зумовлена її багаторівневою організацією та високою вразливістю до різних патологічних процесів і захворювань.

Основним ендокринологічним захворюванням, яке має наслідки у прояві патологічних змін в оболонках очного яблука, є цукровий діабет. Наслідки цукрового діабету завжди впливають на судинну оболонку у вигляді ретинопатій, що і дослідили автори [167], які у висновках показали, що витончення судинної оболонки при діабетичній ретинопатії не було значущим після поправки на вік, але інші дослідження показали, що діабетична ретинопатія значною мірою пов'язана з товщиною судинної оболонки на додаток до віку та довжини судини. Це узгоджується з даними попередніх досліджень та теорій, які повідомляють про витончення судинної оболонки в стінці очних яблук у пацієнтів на діабет [167]. Існує теорія, що зменшення товщини судинної оболонки може бути пов'язане з гіпоксією тканини сітківки, оскільки судинна оболонка є основним джерелом живлення для пігментного епітелію сітківки та зовнішніх шарів сітківки, а стоншення судинної оболонки може пояснити підвищену сприйнятливість до гіпоксії та ішемії сітківки. Але відомо, що більш ранні зміни хоріоїдального кровообігу можуть спричинити витончення хоріоїдеї на пізнішій стадії. Наслідки посттравматичного впливу на периферичний відділ зорового аналізатору, мали теж прояви порушень у зміні товщини (її зменшення), які ми спостерігали, але у рогівки очного яблука. В інших роботах було проведене

морфологічне дослідження товщини хоріоїдеї у хворих на цукровий діабет за допомогою спектрально - доменної оптичної когерентної томографії з метою аналізу морфологічних змін судин хоріоїдеї та їхньої ролі в механізмі діабетичної ретинопатії, яке виконували на очах 203-х учасників із діабетом і на очах 48-ми здорових людей. Товщину хоріоїдеї в ділянці фовеального ураження вимірювали за допомогою оптичної когерентної томографії з розширеним зображенням. Учасники були згруповані відповідно до ступеня діабетичної ретинопатії: відсутність діабетичних змін, легка або помірна, або тяжка непроліферативна, або проліферативна діабетична ретинопатія. Параметри дослідження включали історію, вік, осьову довжину, внутрішньоочний тиск, центральну товщину сітківки, рівень глюкози натщесерце та артеріальний тиск. У результаті товщина субфовеальної хоріоїдеї була меншою в очах з непроліферативною або проліферативною діабетичною ретинопатією, ніж у нормальних очах [168].

Диференційна діагностика патологічних змін в оболонках очного яблука, складна і тому різні томографічні методи існують для допомоги у цьому питанні. В класичній роботі Джеймса Фуджимото і Девіда Хуанга була показана оптична когерентна томографія, яка стала фундаментом для можливості безконтактної мікрометрової візуалізації внутрішніх ретинальних шарів за принципом низькокогерентної інтерферометрії. вибірково тестує гангліозні клітини і макулярну функцію, допомагаючи диференціювати макулопатію та нейропатію, підкреслюючи необхідність генетичного консультування. В роботі дослідників було з'ясовано, що у людини налічується понад двадцять різних типів гангліозних клітин, які різняться за морфологією, полями рецепції та функціональною спеціалізацією [169]. Серед них виділяють клітини типу Р, що забезпечують високу просторову та колірну чутливість, і клітини типу М, які відповідають за сприйняття руху та низькоконтрастних стимулів. Таким чином, вже на рівні сітківки здійснюється поділ зорових сигналів на паралельні канали, які надалі будуть

інтегровані в зоровій корі. Гліальні клітини сітківки - це допоміжні елементи, а повноцінні учасники її функціонування. Найчисленніші серед них - клітини Мюллера, які пронизують усю товщу сітківки від внутрішньої до зовнішньої прикордонної мембрани. Вони виконують трофічну функцію, регулюють іонний та водний гомеостаз, беруть участь у утилізації нейромедіаторів та забезпечують метаболічну підтримку нейронів. Крім того, вони відіграють роль оптичних волокон, спрямовуючи світло до фоторецепторів, мінімізуючи розсіювання. При патологічних процесах клітини Мюллера беруть участь у реактивному гліозі, що може захищати нейрони, так і посилювати дегенерацію. Іншим важливим компонентом гліального апарату сітківки є мікроглії. Вона відноситься до імунної системи центральної нервової системи та відіграє ключову роль у підтримці тканинного гомеостазу та імунного нагляду. У фізіологічних умовах мікроглія перебуває у стані спокою, маючи витягнуті відростки, з допомогою яких вона сканує мікросередовище. При пошкодженнях або запаленні мікроглія активується, набуває амебоїдної форми і починає фагоцитувати пошкоджені клітини та чужорідні елементи. Однак надмірна активація мікроглії може сприяти розвитку хронічного запалення та нейродегенерації, що є важливим патогенетичним механізмом при багатьох захворюваннях сітківки [169]. На гістологічному рівні в нашому дослідженні були проаналізовані офтальмологічні посттравматичні зміни, які відбувались на рівні шостишарової рогівки, складової зовнішньої оболонки очного яблука, особливості колагенових волокон склери, судинні порушення в райдужної оболонці, як представника судинної оболонки та десятишарової сітківки. Завжди спостерігались порушення трофічної функції протягом усієї стінки очного яблука і її оболонок, більш складові у сітківці, де спостерігали прояви дегенерації нейронів, набряк їх клітинного шару, реорганізація та деформація. Багато дослідників вивчали та досліджували сітківку, але більшість спостережень відбувалось після захворювань, які мають тропність до структур сітківки і завжди супроводжуються порушеннями

мікроциркуляції та васкуляризації. Ці зміни в окремих випадках зустрічались, внаслідок, наприклад, різної тривалості вживання препаратів опіоїдного ряду, при різних дозах та різній частоті та пролонгованості введення [170, 171, 172]. Так, у багатьох дослідженнях органу зору у хворих на цукровий діабет, повідомлялося про різні хоріоїдальні аномалії, включаючи обструкцію хоріокапілярів, дегенерацію судин, аневризми хоріоїдеї та неоваскуляризацію хоріоїдеї. Розуміння змін судинної оболонки є надзвичайно важливим для оцінки діабетичних захворювань очей [173]. Але, інформація про анатомічні зміни судинної оболонки у хворих на цукровий діабет залишається неповною. При даній ретинопатії новоутворені судини зазвичай походять із сітківки та диска зорового нерва, але багато їх також можна знайти на райдужці та трабекулярній сітці. Ці нові судини крихкі та схильні до розриву, що призводить до крововиливу у склоподібне тіло та подальше відшарування сітківки. Якщо судини проліферують на райдужці або трабекулярній сітці, нормальний відтік водянистої рідини може бути порушений, що призводить до неоваскулярної глаукоми та постійного пошкодження зорового нерва, як важливої частини зорового аналізатору [174]. В клінічній практиці дуже важливі питання підіймають лікарі відносно різних захворювань, які є ускладненням різного ступеню важкості баротрама та її впливу на орган зору, що призводить до інвалідізації. Те, що відбувається ураження головного мозку у цілому після ударно - хвильового впливу теж було досліджено, але вплив офтальмологічної баротравми на зорові ділянки головного мозку, це ми дослідили уперше. Тому, ми розглянули будову окремих структур головного мозку у щурів експериментальних груп. Були досліджені окремі шари нейронів, що утворюють сітківку, за допомогою фарбування гематоксиліном та еозином, який взаємодіє з ліпідами та білками, щоб підкреслити значні морфологічні відмінності. Додатково ми дослідили ультрамікроскопічні зміни в потиличній долі кори головного мозку щурів після впливу повітряної ударної хвилі в

гострий та ранній періоди експерименту. Досліджено, що за умов експериментального впливу ударної хвилі, відбуваються тканино – клітинні реакції в гострий та ранній періоди після баротравми. Доведено присутність реактивної реакції клітин зорової ділянки потиличної долі кори головного мозку на вплив ударної хвилі з особливою реакцією серед мітохондрій-органел, які не тільки змінювали розмір і форму, а також будову крист, в яких відбувалась деструкція та виражену реакцію набряку навколо судин, потовщення їх мембран, а в позаклітинному просторі демієлінізацію аксонів, що є причиною різних неврологічних симптомів та захворювань. В морфології існують роботи, де вчені, експериментальним шляхом на щурах, теж з'ясували зміни на рівні не тільки структур органу зору, а і зорових ділянок головного мозку, але відносно іншого впливу навколишнього середовища - впливу сурогатів алкоголю з вмістом метанолу і доказово пояснили, що найбільш чутливими структурами є орган зору, зокрема його сітківка, та нервова система, з перевагою тканини головного мозку. На ультрамікроскопічному рівні було з'ясовано, що першочергово страждають мітохондрії, що ультраструктурно відображається у вакуолізації внутрішньо – мітохондріального матриксу та частковій або повній деструкції крист. Отримані дані свідчать про певну активацію енергетичних процесів при застосуванні суміші спиртів у порівнянні з монодією метанолу та можливість корекції метаболічного ацидозу в клітинах даної зони головного мозку, а також про деяку протекторну дію етанолу в суміші [175].

Однак і додаткові, більш глибокі дослідження на клітинному рівні, на ультрамікроскопічному рівні організації зорової ділянки кори і у різні періоди часу, дають змогу ще більш глибиною зануритись у ті процеси нейроанатомії, які візуально дуже важко, майже не можливо, простежити після впливу повітряної ударної хвилі, з локалізацією цього впливу на очне яблуко, коли не має візуальних травматичних ушкоджень потиличної кістки або інших кісток черепа. Тому, за допомогою краніологічного методу

дослідження ми получили результати, які відображають відсутність після впливу поверхневої ударної хвилі краніологічних ушкоджень. Тобто ми дослідили, що ті наслідки, після офтальмологічної травми у зв'язку з впливу поверхневої ударної хвилі, які ми отримали на рівні зорових ділянок потиличної долі головного мозку, не зв'язані з травмуванням та ушкодженням краніологічних структур. Це дуже важливо, особливо на сьогодні, у зв'язку з удосконаленням методів наукових досліджень та широким застосування томографії, які відкривають нові можливості, в тому числі і для краніологічного аналізу. Вивчення анатомічної мінливості утворень черепа залишається актуальним завданням. Плеяда видатних науковців займались краніологічними особливостями у людини, розвитком черепа та особливості взаємозв'язків з формуванням головного мозку, але у пренатальному періоді онтогенезу людини. Тому, що череп є однією з найскладніше організованих кісткових структур, а вивчення його розвитку має тісний зв'язок із формуванням прилеглих органів та утворень, включаючи головний мозок. Досконале вивчення морфогенезу різних отворів основи черепа є важливим для розуміння патогенезу вроджених аномалій і вад голови, так як вони є ключовими шляхами для проходження нервів та кровоносних судин, а їх топографічні особливості відіграють важливу роль у нейрохірургічній та щелепно - лицевій хірургії. Взагалі, вади розвитку черепно – лицеві ділянки є серйозною проблемою в медицині та варіюються від легких до таких, що потребують негайного хірургічного втручання. Попри значну кількість досліджень, досі існує потреба в систематизованому аналізі розвитку основи черепа на етапах перинатального онтогенезу, що імовірно пов'язано зі складністю самої ділянки, близькістю до головного мозку та обмеженим доступом для вивчення. Послідовний аналіз і удосконалення томографічних методів (МРТ і КТ) може стати своєрідною шкалою для розуміння топографоанатомічних та морфологічних передумов виникнення вроджених аномалій голови з метою подальшого удосконалення

методів їхньої хірургічної корекції. Вивчення анатомічної мінливості утворень черепа залишається актуальним завданням морфологічної науки [176, 177].

На сьогодні вже існують докази важливої ролі на ультрамікроскопічному рівні енергетичних станцій клітин – мітохондрій, в яких теж відбуваються зміни після впливу екзогенних факторів середовища та при патологічних станах: порушення динаміки мітохондрій, окислення кардіоліпіну, роз'єднання та втрата мембранного потенціалу ведуть до зниження окислення та енергетичного забезпечення фагоцитозу, що замикає зростання ліпофусцину та хронічного запалення. Нещодавні зведені роботи про старіння ПЕМ та роль мітохондрій підкреслюють, що саме тут зустрічаються накопичення бісретиноїдів та ліпідні пероксиди, а також метаболічне перевантаження: мікро- і макрофаги мігрують у субретинальний простір; ПЕМ починає експресувати прозапальні медіатори. Одним із концептуальних зрушень останніх десятиліть стало усунення «точки докладання» від локальної дистрофії до мереж взаємодій — ліпідно - білкових відкладень у мембрані Бруха, комплементзалежного запалення, гіпоксично індукованої неоваскуляризації та збоїв у мітохондріальному метаболізмі ПЕМ. Оглядові роботи Олафа Штрауса про фізіологію пігментного епітелію сітківки, переконливо показали, наскільки вразливий цей моношар до порушень трансепітеліального транспорту, фагоцитозу зовнішніх сегментів та іонного гомеостазу; саме «поломка» цих функцій часто запускає каскади дегенерації фоторецепторів та кровотворних мікромереж хоріокапілярів та запалення і ретинопатію [178]. Припускають, що хоріоїдальна судинна система, яка уражена діабетом, може бути залучена допатогенезу діабетичної ретинопатії. Алегіперглікемія і мікрovasкулопатія сітківки є мікросудинними захворюваннями і відіграють важливу роль у патогенезі тяжких ретинопатій. Ми теж дослідили рівень глюкози у крові щурів, але з метою непрямою доказовою ознакою відсутності стресу. Відсутність стресу і його

впливу на показники нашого дослідження було з'ясовано по фізіологічній поведінці та за допомогою лабораторних досліджень крові - аналізу рівня глюкози. Тому нижче приведені дані лабораторних показників рівня глюкози у щурів чотирьох експериментальних груп після впливу повітряної ударної хвилі і формування офтальмологічної баротравми, у зрівнянні з контрольною групою, які допомогли охарактеризувати наслідки впливу з урахуванням відсутності стресу (табл.6.1).

Таблиця 6.1 – Біохімічні показники рівня глюкози крові у щурів контрольної та чотирьох експериментальних груп

Експериментальна група	Кількість глюкози (ммоль/л)
Контроль (n=21)	$7,7 \pm 1,3$
Після впливу УПХ, 1 доба (n=21)	$10,9 \pm 2,1$
Після впливу УПХ, 7 діб (n=21)	$12,7 \pm 2,2$
Після впливу УПХ, 14 діб (n=21)	$11,9 \pm 2,2$
Після впливу УПХ, 30 діб (n=21)	$14,1 \pm 2,2$

Примітка: ударно – поверхнева хвиля - УПХ.

Взагалі лабораторний метод дослідження є досконалим, відносно розуміння впливу повітряної ударної хвилі на різні органи і системи. Тому окремі вчені досліджували зміни в біохімічному аналізі крові та аналізу

сечі у посттравматичному періоді, щоб з'ясувати наслідки від ударно - хвильовому впливу на сечову систему у щурів[179, 180].

Аналіз і узагальнення результатів дослідження нашої роботи і багатьох вчених по змінам та наслідкам уражень та ушкоджень структур зорового аналізатору у зв'язку з впливом зовнішнього – повітряна ударна хвиля та внутрішнього середовища (окремі захворювання) дозволяє проаналізувати ці дані та, що головне, обрати оптимальну лікувальну тактику та невідкладну допомогу. На основі всіх проведених досліджень можна констатувати, що за умови впливу повітряної ударної хвилі, виникають порушення гемоциркуляції, дегенеративно - дегенераційні процеси в оболонках очного яблука, послідовного тиску вибухової хвилі на сітківці щурів, яка особисто зазнає цей вплив, спостерігається активація гліальних клітин у шарі гангліозних клітин і мікроглії та втрата клітин фоторецепторів. Дослідження складових зорового аналізатору, ремоделюючих морфологічних змін саме очного яблука, як периферичного відділу зорового аналізатору та взаємозв'язок з центральним відділом - зорової ділянки потиличної долі кори великих півкуль з акцентуванням на складові очної ямки черепа, а також лабораторне дослідження глюкози у периферичній крові після впливу повітряної ударної хвилі у різні періоди часу, мали на меті вдосконалення розуміння механізмів та розвитку методів ранньої діагностики та допомогти вчасно виявляти та ефективно лікувати у всіх складових зорового аналізатору посттравматичні ушкодження після офтальмологічної баротравми.

Результати розділу опубліковані в наукових працях:

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічнаанатоміятаоперативнахірургія. - Т.24, № 2 - 2025:71-7. DOI:10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.

3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – Issue 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.
4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.
5. Л. В. Абдул - Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 – 2025:49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55.
6. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 - Issue 4 (179), с.275-284. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.
7. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875).
8. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т.В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») №3 (61) -2026, с. 1815-1824. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).

ВИСНОВКИ

У науковій роботі викладено вирішення актуального, як для теоретичної, так і практичної медицини, науково – практичного завдання, яке полягає у визначенні специфічних ремоделюючих змін структур зорового аналізатору у щурів після впливу повітряної ударної хвилі у різні періоди часу. Досліджено вплив повітряної ударної хвилі на оболонки очного яблука, кришталіку та кіркового кінця зорового аналізатору у потиличній долі кори головного мозку щура. Визначені можливі наслідки впливу офтальмологічної баротравми на периферичний і центральний відділи зорового аналізатору у щурів в різні терміни часу та можливі прогнозування.

1. При макроскопічному дослідженні після ударно – хвильового впливу на протязі чотирьох періодів у всіх оболонках спостерігали характерні порушення мікроциркуляції у вигляді в рогівці: деформацій, ерозій та помутніння, які мали локалізований характер - у гострий період; у ранній – більш поширений; у пізній - з розвитком дистрофічних змін та у віддалений - формування рубцевої тканини; в райдужної оболонці: крововиливи темного кольору у вигляді місяця – у гострий період, їх розростання – у ранній, формування рубцевої сполучної тканини зі згустком поздовжнього вузького крововиливу - у пізній та стійкого помутніння - у віддалений період; у сітківці з'являлись ділянки помутніння, які мали молочно білі плями різної форми - на першу добу експерименту, на сьому - зморщування сітківки, на чотирнадцяту - її відшарування та, як наслідки, дегенеративні зміни, які прогресували к тридцятої добі експерименту. У кришталіку, у гострий період експерименту спостерігалось порушення цілості капсули, набухання мас і переміщення їх у камеру, у ранній - набряклі маси кришталіка заповнювали

всю камеру та з'являлися перші ознаки посттравматичної катаракти, які прогресували у пізній та відділений періоди.

2. На мікроскопічному рівні в усіх оболонках очного яблука спостерігали порушення трофічної функції, більш складові у сітківці, де спостерігали прояви дегенерації нейронів сітківки, набряк клітинного шару нейронів, їх реорганізація та деформація, яка більш прогресували від гострого по віддалений періоди експерименту, а у кришталику спостерігалось порушення щільності кришталікових волокон, більш виражено у гострий та ранній періоди експерименту, у пізній та відділений період - прогресування ущільнення та помутніння.

3. Після впливу повітряної ударної хвилі в зорових ділянках головного мозку щурів макроскопічно відбувалось зміну кольору головного мозку у вигляді гіперемії: в гострий період, у першу добу - більш виражену майже непомітну - на сьому добу, у ранній період; на мікроскопічному рівні, впродовж двох періодів, в ділянці сімнадцять потиличної долі кори головного мозку щурів у четвертому шарі шестишарової кори спостерігалось порушення диференціації зернистих клітин з проявами їх хаотичного розташування.

4.3а допомогою метода електронної мікроскопії на ультрамікроскопічному рівні в гострий та ранній період в зорових ділянках потиличної долі головного мозку та гіпоталамічного відділу проміжного мозку щурів зміни відбувались на рівні органел – мітохондрій. У гострий період вони змінювали не тільки розмір, а і форму, а також будову крист, в яких відбувалась деструкція, а у ранній період спостерігався набряк навколо судин, потовщення мембран нейронів, а в позаклітинному просторі демієлінізацію аксонів, що є причиною різних неврологічних симптомів та захворювань.

5.3а допомогою краніологічного методу дослідження з'ясували відсутність травмування кісток черепа у всіх експериментальних групах, що було доказовою ознакою, що посттравматичні зміни у відділах зорової

ділянки в потиличній долі головного мозку – кіркового кінця центру зорового аналізатору відбуваються внаслідок впливу повітряної ударної хвилі.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Отримані результати доповнюють наявні уявлення про морфологічні особливості усіх відділів зорового аналізатору щура та його зміни після впливу повітряної ударної хвилі в досліджуваних об'єктів, а також в різні терміни часу після впливу. Отримані результати можуть бути використані як і теоретичний матеріал у навчальному процесі на кафедрах анатомії, гістології, біології, патологічної анатомії, офтальмології, нейрохірургії та медицині невідкладних станів.

2. Результати дослідження є підсумком для подальшого аналізу структурних особливостей складових зорового аналізатору щурів на клітинному, тканинному й анатомічному рівнях та можуть бути використано для вивчення патологічного стану його відділів в умовах баротравми.

3. У клінічній практиці, особливо в офтальмології та нейрохірургії, виявлені ремоделюючі зміни у відділах складових зорового аналізатору, особливо відносно часу після повітряно - ударної хвилі, що дає змогу прогнозувати ймовірність можливих ускладнень та відновлювальних процесів після офтальмологічної травми.

4. Після отримання результатів дослідження, стає можливим коригування порушення, які виникають в оболонках очного яблука та у зорових ділянках головного мозку, в умовах травми, особливо, що може бути використаним у офтальмологічній практиці для можливого лікування очних хвороб в заданих умовах та прогнозувати можливі ускладнення та посттравматичні наслідки в зорових ділянках головного мозку в неврологічній та нейрохірургічній практиці.

5. Результати дослідження дають змогу прогнозувати появу порушень в структурах компонентах периферичному відділу зорового аналізатору в умовах ударної хвилі, що зумовлюють пошкодження ультраструктурних компонентів підкіркового та кіркового кінців зору - зорової ділянки гіпоталамічної відділу проміжного мозку та потиличної долі кори головного мозку.

6. Отримані результати дають змогу узагальнити методичні підходи у вивченні складових зорового аналізатору і ті ремодуючі зміни, які відбуваються після впливу повітряної ударної хвилі у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди часу в умовах експерименту.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

Згідно з поставленою метою й завданнями дослідження нами був вивчений широкий діапазон ремодуючих структурних характеристик та зміни у центральному та периферичному відділах зорового аналізатору у експерименті.

Упродовж дослідження ми провели аналіз макроскопічних та мікроскопічних змін після впливу ударної хвилі на протязі чотирьох періодів. Одним з основних завдань було дослідження компонентів зорового аналізатору у різні періоди часу. Зміни, що відбувалися в оболонках очного яблука та кришталіку у щурів в різні періоди після впливу поверхневої ударної хвилі та наслідки у потиличній долі в умовах експерименту дали змогу об'єктивувати та стандартизувати отримані результати, простежити та проаналізувати дію травми на структурні особливості зорового аналізатору.

У науковій роботі вперше, аналізуючи вивчені літературні джерела, вивчено вплив поверхневої ударної хвилі на орган зору та потиличну кору у різні періоди часу на органному, тканинному та клітинному рівнях.

Отже, встановлені нами різноманітні морфологічні особливості структурних змін органу зору та головному мозку в умовах експерименту, відображають дію змін в оболонках стінки очного яблука та у ділянці шпорної борозни у потиличній долі після впливу поверхневої ударної хвилі на адаптаційні процеси та дають змогу по - новому обирати офтальмологічну, неврологічну та нейрохірургічну тактику залежно від часу після впливу на структури зорового аналізатору. Крім того, аналіз результатів морфолого-експериментального дослідження допоможе більш глибоко розуміти наслідки впливу офтальмологічної травми на відділи потиличної долі головного мозку, тобто на периферичний і центральний відділи зорового аналізатору після впливу поверхневої ударної хвилі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Allen RS, Motz CT, Feola A, Chesler KC, Haider R, Ramachandra Rao S, Skelton LA, Fliesler SJ, Pardue MT. Long -Term Functional and Structural Consequences of Primary Blast Overpressure to the Eye. *J Neurotrauma*. 2018 Sep 1; 35 (17): 2104 – 2116.
2. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. – Т.24, № 2 – 2025:71 - 7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.
3. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. –Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.
4. Choi JH, Greene WA, Jonson AJ, Chavko M, Cleland JM, McCarron RM, Wang HC. 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.
5. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // *Bulletin of problems in biology and medicine* – 2025 – Issue 4 (179), с. 275-284 DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.
6. Danyljuk O, Meghoo C, Linchevskyy O, Gaievskiy S, Goy G, Vanderlan W. Causes of death among seventy-four military casualties in the Ukrainian armed conflict. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2019; 45 (Suppl1): S171-2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00068-019-01109->

7. Watson R, Gray W, Sponcel WE, Lund BJ, Glickman RD, Groth SI, Reilly MA. Simulations of Porcine Eye Exposure to Primary Blast Insult. *Transl Vis Sci Technol*. 2015 Aug 25; 4 (4):8.
8. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // *Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – Issue 3 (178)*, с. 369-377. DOI: 10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.
9. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасні уявлення та розуміння ударно - хвильового впливу на систему зорового аналізатору (аналітичний огляд літератури). *Перспективи та інновації науки*. 2024;11(45):1795-1810. DOI: [https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11(45)-1795-1810).
10. Tribble DR, Conger NG, Fraser S, Gleeson TD, Wilkins K, Antonille T, Weintrob A, Ganesan A, Gaskins LJ, Li P, Grandits G, Landrum ML, Hospenthal DR, Millar EV, Blackburne LH, Dunne JR, Craft D, Mende K, Wortmann GW, Herlihy R, McDonald J, Murray CK. Infection-associated clinical outcomes in hospitalized medical evacuees after traumatic injury: trauma infectious disease outcome study. *J Trauma*. 2011;71(1 Suppl):S33–S42.- PMC - PubMed.
11. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. *Клінічна анатомія та оперативна хірургія*. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27.
12. Feng K, Yao Y, Wang ZJ, et al. Mechanism and prognostic indicators for explosion-related eye trauma. *Acta Ophthalmol*. 2021;99(6):e956-e962. DOI: 10.1111/aos.14713.
13. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in

- experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – Issue 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377.
14. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А. Кошарний Д. В. Мікроскопічна перебудова оболонок очного яблука в умовах експерименту після впливу ударної хвилі // Теорія та практика сучасної морфології: матеріали дев'ятої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6-7 листопада 2025 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2025. С.19 - 20.
 15. Сірко А. Г. Оптимізація надання нейрохірургічної допомоги при вогнепальних пораненнях черепа та головного мозку / А. Г. Сірко, Л. А. Дзяк / Гострі та невідкладні стани в практиці лікаря. – 2015.- № 5(55). – С. 19-24.
 16. Kiriū, N., Saitoh, D., Sekine, Y., et al. (2024). Effectiveness of Body Armor Against Shock Waves. Cureus, 16(4), e57568. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.57568>.
 17. Данчин А. О. Принципи медичного сортування, надання медичної допомоги та визначення черговості евакуації поранених збройовими нейрохірургічними травмами в системі лікувально – евакуаційного забезпечення Збройних Сил України / А. О. Данчин, О. Г. Данчин; під ред. І. П. Хоменка. – К.: Лазуит – Поліграф, 2016.- 40 с.
 18. Abdul – Ogly L. V., Bondarenko K. A. Histopathological changes in the eye globe membranes following blast wave exposure in cranio – cerebral trauma // Матеріали восьмої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 8 листопада 2024 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2024. С.14 - 15.
 19. Сірко А. Г. Успішне лікування проникного діагонального вогнепального поранення черепа та головного мозку / А. Г. Сірко / Укр. нейрохірург. Журн. – 2016. - №2.- С. 63 – 67.

20. Сірко А. Г. Успішне хірургічне лікування тяжкого наскрізного мінно – вибухового черепно – мозкового поранення / А. Г. Сірко / Укр. нейрохірург. журн. -2015. -№3. – С. 76 - 80.
21. Абдул – Огли Л. В., Бондаренко К. А. Зміни оболонок очного яблука та його провідних шляхів після впливу ударної хвилі // Матеріали міжнародної міждисциплінарної науково - практичної internet - конференції до всесвітнього дня анатомії «Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект» (м. Дніпро, 17 жовтня 2024 року) / Приватний вищий навчальний заклад «Харківський міжнародний медичний університет». – Харків: ПБНЗ «ХММУ», 2024. С. 14 - 15.
22. Allen RS, Motz CT, Feola A, Chesler KC, Haider R, RamachandraRao S, Skelton LA, Fliesler SJ, Pardue MT. Long -Term Functional and Structural Consequences of Primary Blast Overpressure to the Eye. J Neurotrauma. 2018 Sep 1; 35 (17): 2104 – 2116.
23. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний В. В. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 - 2025:49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55.
24. Petras JM, Bauman RA, Elsayed NM. Visual system degeneration induced by blast overpressure. Toxicology. 1997 Jul 25; 121 (1): 41-9.
25. Karimi A, Razaghi R, Girkin CA, Downs JC. Ocular biomechanics during IED blast. Injury. 2022;53(4):1401-1415. DOI: 10.1016/j.injury.2022.02.008.
26. Rana V, Patra VK, Bandopadhyay S, et al. Combat ocular trauma. Indian J Ophthalmol. 2023;71(12):3615-3619. doi:10.4103/IJO.IJO60923.
27. Сірко А. Г.
Хірургічне лікування тяжких поєднаних вогнепальних поранень основи черепа та головного мозку з залученням навколоносових пазух під час збройного конфлікту на сході України / А. Г. Сірко/ Журн. Вушних, носових і горлових хвороб. – 2015. № 5. – С. 159 -160.

28. Takeuchi S. Traumatic hematoma of the posterior fossa. / Takeuchi S., Wada K., Takasato Y. et al. // *Acta Neurochir Suppl.*– 2013. – Vol.118. – P.135 - 142.
29. Brokaw EB, Brungart DS, Byrne RM, et al. Recommendations for a Military Health System Auditory Blast Injury Prevention Standard. *Mil Med.* 2023; 188 (Suppl 6):176-184. DOI: 10.1093/milmed/usad078.
30. Feng K, Yao Y, Wang ZJ, et al. Mechanism and prognostic indicators for explosion-related eye trauma. *Acta Ophthalmol.* 2021;99(6):e956-e962. DOI: 10.1111/aos.14713.
31. Framme C, Volkmann I, Kern T. Explosives-based vole traps—A novel injury pattern. *Ophthalmologie.* 2024;121(1):36-42. DOI: 10.1007/s00347-023-01926-1.
32. Mohseni M, Gurnani B, Blair K. Blunt Eye Trauma. In: *StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2026.*
33. Anvarinia Y, Del Mar NA, Seetharaman ATM, et al. Role of Tregs in visual deficits after trauma. *Mil Med.* 2025;190 (11-12):e2404-e2412. DOI: 10.1093/milmed/usaf254.
34. Невідкладна військова хірургія; пер. з англ. -К., Наш Формат, 2015.- 568 с.
35. Організація надання спеціалізованої нейрохірургічної допомоги у військовий час (згідно оборонної військової доктрини): метод. вказівки / Є. Г. Педаченко, О. Г. Данчин, М. Є. Поліщук, В. І. Цимбалюк.- К., 2014.- 10 с.
36. Kozlova Yu.V., Kosharnij A.V., Korzachenko M.A., Kytova I.V. Retrospective analysis and current state of experimental models of blast induced trauma. *Український журнал медицини, біології та спорту.* - 2020 Е.5, №6 (28) - С.66 -71.
37. Воєнно – польова хірургія: підручник / Я. Л. Заруцький, В. М. Запорожан, В. Я. Білий [та ін.]; за ред. Я. Л. Заруцького, В. М. Запорожана. – Одеса: ОНМедУ, 2016. – 416 с.

- 38.Вказівки з воєнно – польової хірургії; за ред.. Я. Л. Заруцького, А. А. Щудрака. – К.: СПД Чалчинська Н. В., 2014. - 400 с.
- 39.Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeballmembranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – Issue 4 (179), с. 275-284 DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284.
- 40.Невідкладна військова хірургія;пер. з англ.; під наук. ред. В. Чаплика, П. Олейника. – Львів: Наутілус, 2015. - 511с.
- 41.Chandra N, Sundaramurthy A. Acute Pathophysiology of Blast Injury—From Biomechanics to Experiments and Computations: Implications on Head and Polytrauma. In: Kobeissy FH, editor. Brain Neurotrauma: Molecular, Neuropsychological, and Rehabilitation Aspects. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2015. 18 с.
- 42.Гур'єв С. О. Функціонування системи медичного захисту населення в особливий період (воєнний час) заумов сучасних військових дій, проведених у світі / С. О. Гур'єв, П. В. Танасієнко, Н. В. Гуселетова. – Метод. рекомендації. – К., 2014. - 48 с.
- 43.Сірко А. Г. Бойові вогнепальні черепно – мозкові поранення /А. Г. Сірко, Л. А. Дзяк //К.: ТОВ «Пергам», 2017. - 280с.
- 44.Thomas CN, Bernardo – Colon A, Courtie E, Essex G, Rex TS, Blanch RJ, Ahmed Z. Effects of intravitreal injection of siRNA against caspase - 2 on retinal and optic nerve degeneration in air blast induced ocular trauma. Sei Rep. 2021 Aug 19; 11(1):16839.
- 45.Bailey ZS, Hubbard WB, VandeVord PJ. Cellular Mechanisms and Behavioral Outcomes in Blast-Induced Neurotrauma: Comparing Experimental Setups. In: Kobeissy F, Dixon C, Hayes R, Mondello S. (eds) Injury Models of the Central Nervous System. Methods in Molecular Biology. 2016:1462.
- 46.Козлов СВ, Козлова ЮВ, Шаповалова ДО, Кошарний АВ, Корзаченко МА. Ультраструктурні та гістопатологічні зміни внутрішніх органів щурів

- після експериментальної легкої вибухо - індукованої травми: Актуальні питання сучасної морфології. 2020 Жовт 3-4; Запоріжжя. Запоріжжя; 66-7.
47. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А. Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т.В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонки стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») №3 (61)-2026, с.1815-1824. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823).
48. Nguyen T, Pearce AP, Carpanen D, et al Experimental platforms to study blast injury. *BMJ Military Health*. 2019;(165):33-7.
49. Gangnon RE, Lee KE, Klein BEK, Iyengar SK, Sivakumaran TA, Klein R. Effect of the Y402H Variant in the Complement Factor H Gene on the Incidence and Progression of Age-Related Macular Degeneration: Beaver Dam Eye Study. *Arch Ophthalmol*. 2012; 130(9):1169–76. doi:10.1001/archophthalmol.2012.693.
50. Strauss O. The retinal pigment epithelium in visual function. *Physiol Rev*. 2005; 85(3):845–81. DOI: 10.1152/physrev.00021.2004.
51. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Скубицька Л. Д., Кошарний Д. В. Мікроскопічні зміни структур кіркового кінця зорового аналізатору після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.18 – 20.
52. Організація надання кваліфікованої та спеціалізованої медичної допомоги при вогнепальних пораненнях м'яких тканин склепіння черепа / А. О.

- Данчин, М. Є. Поліщук, О. Є. Данчин, [та ін.] // Укр. нейрохірург. журн. – 2016. - №3. – С. 33 – 38.
53. Liu, W., & Chai, J. K. (2018). Influences of ulinastatin on acute lung injury and time phase changes of coagulation parameters in rats with burn-blast combined injuries. *Zhonghua Shao Shang Za Zhi*, 34(1), 32–39. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1009-2587.2018.01.007>.
 54. Rubio, J. E., Skotak, M., Alay, E., et al. (2020). Does Blast Exposure to the Torso Cause a Blood Surge to the Brain? *Front Bioeng Biotechnol*, 8, 573647. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.573647>.
 55. Sencer A. Posterior fossa epidural hematomas in children: clinical experience with 40 cases. / Sencer A., Aras Y., Akcakaya M.O. et al. // *J Neurosurg Pediatr.* – 2012. – Vol. 9, № 2. – P. 139-143.
 56. Козлов СВ, Козлова ЮВ, Кошарний АВ, Корзаченко МА. Вибухоіндукована травма (пристрій та експериментальна модель). В: Матеріали третьої всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Теорія та практика сучасної морфології», Дніпро, 2019, с. 53-54.
 57. Boscak AR, Bodanapally UK, Elshourbagy T, Shanmuganathan K. Segmental Bowel Hypoenhancement on CT Predicts Ischemic Mesenteric Laceration After Blunt Trauma. *AJR Am J Roentgenol*. 2021 Jul;217(1):93-9. DOI: 10.2214/AJR.20.23108.
 58. Durrant E, Abu Mughli R, O'Neill SB, Jiminez-Juan L, Berger FH, Ezra O'Keeffe M. Evaluation of Bowel and Mesentery in Abdominal Trauma. *Can Assoc Radiol J*. 2020 Aug; 71(3):362-70. DOI: 10.1177/0846537120908132.
 59. Кошарний В. В., Каграманян А. К. Макроскопічні та мікроскопічні зміни у паренхімі нирок після вибуховоіндукованої експериментальної травми у зрівнянні з нормою. *Перспективи та інновації науки*. 2025;1(47):2287 - 96.
 60. Guy RJ, Watkins PE. Regarding a rodent model of primary blast limb trauma. *Injury*. 2016; 47(6):1357.

61. Zhang, L., Yu, J., Wang, H., et al. (2022). Study on injury parameters of severe blast injury in mice. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*, 34(10), 1076–1081. DOI: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121430-20220907-00826>.
62. Зайцев О. С. Продуктивні розлади у структурі порушеного стискання після травми / О. С. Зайцев // Журнал «Питання нейрохірургії». – 2014. – № 1. – С.46-49.
63. Федонюк Я. І. Анатомія та фізіологія з патологією / Я. І. Федонюк, К. С. Волков, В. Д. Волошин, Т. К. Головата, Л. Я. Федонюк, І. І. Боймиструк // Тернопіль: ТНМУ, 2021. – 676 с.
64. Курс очних хвороб: підручник / В. П. Одінцов; за ред. В. В. Чірковського, К. Х. Орлова. – Київ, 1941. – 384 с.
65. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875).
66. Савченко СВ, Ткаченко ОВ, Соколюк ВГ, Козлов СВ. Судово-медична характеристика вибухової травми, заподіяної уламками гранати РГД-5. Суд.-мед. експертиза. 2015; (1):95-7.
67. Бабенко ОВ, Соловьев ВИ, Агапов ВИ. О некоторых свойствах современных средств вооружения. Воен.- мед. журн. 2001; (5):22-5.
68. Козлов СВ, Ткаченко ОВ, Зрожевський РС. Судово-медична характеристика тілесних ушкоджень при контактному вибуху гранати Ф-1. Суд.-мед. експертиза. 2016; (1):78-80.
69. Xu, D., Zhang, N., Wang, S., et al. (2022). A Novel In Vitro Platform for Modeling Blast Injury to Microglia. *Front Bioeng Biotechnol*, 10, 883545. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.883545>
70. Badea A, Kamnaksh A, Anderson RJ, Calabrese E, Long JB, Agoston DV. Repeated mild blast exposure in young adult rats results in dynamic and

- persistent microstructural changes in the brain. *Neuro Image Clinical*. 2018;(18):60-73.
71. Сірко А. Г. Вогнепальні поранення черепа та головного мозку під час збройного конфлікту на сході України. Оптимізація надання медичної допомоги / А. Г. Сірко / *Укр. Нейрохірург. Журн.* – 2015. - № 3. – С.11-16.
 72. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В. Взаємозв'язки між величиною очного яблука, як периферичної частини зорового аналізатору та очної ямки черепа за допомогою морфометричного та краніометричного методів дослідження // *Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект: матеріали шостої Міжнародної міждисциплінарної науково - практичної конференції до Всесвітнього дня анатомії (м. Харків, 15 - 16 жовтня 2025 року) / Харківський міжнародний медичний університет.* – Харів: ХММУ, 2025. С.8 - 10.
 73. Бабенко ОВ, Соловьев ВИ, Агапов ВИ. О некоторых свойствах современных средств вооружения. *Воен.- мед. журн.* 2001; (5):22-5.
 74. Войченко ВВ, Козлов СВ, Ткаченко ОВ, Зубов ОЛ. Ідентифікація боєприпасів до автоматичного станкового гранатомету АГС-17 за морфологічним характером ушкоджень та уламків, вилучених з трупів під час судово-медичної експертизи. *Суд.-мед. експертиза*. 2018;(1):58-60.
 75. Гайдар БВ, Иванцов ВА, Сидельников ВО, и др. К вопросу о необходимости сокращения этапов медицинской эвакуации в условиях локальных войн и вооруженных конфликтов. *Военно-медицинский журнал*. 2004;(6):4-7.
 76. Badea A, Kamnaksh A, Anderson RJ, Calabrese E, Long JB, Agoston DV. Repeated mild blast exposure in young adult rats results in dynamic and persistent microstructural changes in the brain. *Neuro Image Clinical*. 2018;(18):60-73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2018.01.007>.
 77. Zhou Y, Wen LL, Wang HD, Zhou XM, Fang J, Zhu JH, Ding K. Blast Induced Traumatic Brain Injury Triggered by Moderate Intensity Shock Wave

- Using a Modified Experimental Model of Injury in Mice. Chinese medical journal. 2018;131(20):2447-60. DOI: <https://doi.org/10.4103/0366-6999.243558>. DOI:
78. Мамедов ШМ, Ткаченко ОВ, Козлов СВ, Видиш КП, Козлова ЮВ, Лисиця О. Патоморфологічні аспекти вибухової травми (порівняльна характеристика ушкоджень, спричинених протипіхотними уламковими мінами ОЗМ-72 та МОН-50). Суд.- мед. експертиза. 2017; (1):102-6.
 79. Kiriū, N., Saitoh, D., Sekine, Y., Yamamura, K., Sasa, R., Fujita, M., et al. (2024). Shock wave damage from the ventral side in primary blast injury: An experimental study in pigs. *Injury*, 55(12), 111982. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2024.111982>.
 80. Blaszkowska MK, Bartnik SE, Crewe JM, Clark A, Mackey DA. The epidemiology of eye injuries in Western Australia. *Clin Exp Optom*. 2023;106(6):633-639. doi:10.1080/08164622.2022.2111198.
 81. Zhang Y, Kang X, Wu Q, Zheng Z, Ying J, Zhang MN. Explosive eye injuries: characteristics, traumatic mechanisms, and prognostic factors for poor visual outcomes. *Mil Med Res*. 2023;10(1):3. DOI: 10.1186/s40779-022-00438-4.
 82. Marsh, J. L., Zinnel, L., & Bentil, S. A. Predicting shock-induced cavitation using machine learning. *Front Bioeng Biotechnol*. 2024; 12, 1268314. DOI: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1268314>
 83. Sparrow JR, Hicks D, Hamel CP. The retinal pigment epithelium in health and disease. *Curr Mol Med*. 2010;10(9):802–23. 156652410793937813. DOI: 10.2174/.
 84. Lang SJ, Böhringer D, Agostini H, et al. Eye Injury Incidence in Germany from 2008 to 2022. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2024;241(10):1145-1155. DOI: 10.1055/a-2364-2461.
 85. Heitkamp RA, Li P, Mende K, Demons ST, Tribble DR, Tyner SD. Association of *Enterococcus* spp. with severe combat extremity injury,

- intensive care, and polymicrobial wound infection. *Surg Infect (Larchmt)*. 2018;19(1):95–103. - PMC – PubMed.
86. Shen CY, Lu CH, Wu CH, Li KJ, Kuo YM, Hsieh SC, Yu CL. The Development of Maillard Reaction, and Advanced Glycation End Product (AGE)-Receptor for AGE (RAGE) Signaling Inhibitors as Novel Therapeutic Strategies for Patients with AGE-Related Diseases. *Molecules*. 2020; 25 (23):5591.DOI: 10.3390/molecules25235591.
 87. Age-Related Eye Disease Study (AREDS) Research Group. A randomized, placebo-controlled clinical trial of high-dose supplementation with vitamins C and E, beta-carotene, and zinc for AMD and vision loss. *Arch Ophthalmol*. 2001; 119(10):1417-36. doi:10.1001/archophth.119.10.1417.
 88. Козлов СВ, Козлова ЮВ, Кошарний АВ, Снісар ОС. Моделювання ударно хвильового впливу на організм лабораторної тварини. В: Матеріали Всеукраїнської наукової конференції «Актуальні питання біології та медицини». Суми; 2017, с. 35-7.
 89. Denny JW, Brown RJ, Head MG, et al. Allocation of funding into blast injury-related research. *BMJ Mil Health*. 2023; 169(2):127-132. DOI: 10.1136/bmjmilitary-2020-001655.
 90. Абдул-Огли Л. В, Олійник К. А., Кошарний Д. В. Мікроскопічна перебудова оболонок очного яблука в умовах експерименту під впливу ударної хвилі // Теорія та практика сучасної морфології: матеріали дев'ятої Всеукраїнської наукової - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 7 листопада 2025 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2025. С. 19 - 20.
 91. Слободян О.М., Латинський М.Е., Лаврів Л.П. Морфогенез утворень зовнішньої основи черепа / О. М. Слободян, М. Е. Латинський, Л. П. Лаврів // Морфологія. - 2025. – 174 с.

92. Graffeo CS, Perry A, Carlstrom LP, Leonel L, Nguyen BT, Morris JM, Driscoll CLW, Link MJ, Peris - Celda M. Anatomical Step-by-Step Dissection of Complex Skull Base Approaches for Trainees: Surgical Anatomy of the Far Lateral Approach. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2022 Mar 8;84(2):170-82. DOI: 10.1055/a 1760-2528. PMID: 36895809; PMCID: PMC9991529.
93. Rengasamy Venugopalan S, Van Otterloo E. The Skull's Girder: A Brief Review of the Cranial Base. *J Dev Biol*. 2021 Jan 23;9(1):3. DOI:10.3390/jdb9010003. PMID: 33498686; PMCID: PMC7838769.
94. Tresson P, Touma J, Gaudric J, Pellenc Q, Le Roux M, Pierret C, et al. Management of Vascular Trauma during the Paris Terrorist Attack of November 13, 2015. *Ann Vasc Surg*. 2017;40:44-9.
95. Rubovitch V, Ten-Bosch M, Zohar O, Harrison CR, Tempel-Brami C, Stein E, et al. A mouse model of blast-induced mild traumatic brain injury. *Neurology*. 2011;232(2):280-9.144.DOI:Experimental.
96. Kumar R, Harode HA, Vora R, Javia M. Variations in the shape of foramen magnum at the base of human skulls among Indians in Rajasthan. *Bioinformation*. 2022 May 31;18(5):488-91. doi: 10.6026/97320630018488. PMID: 36945222; PMCID: PMC10024773.
97. Mohebbi A, Rajaeih S, Safdarian M, Omidian P. The sphenoid sinus, foramen rotundum and vidian canal: a radiological study of anatomical relationships. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2017 Jul- Aug;83(4):381-7. doi: 10.1016/j.bjorl.2016.04.013. Epub 2016 May 24. PMID: 27283380; PMCID: PMC9442688.
98. Settecase F, Harnsberger HR, Michel MA, Chapman P, Glastonbury CM. Spontaneous lateral sphenoid cephaloceles: anatomic factors contributing to pathogenesis and proposed classification. *AJNR Am J* 2014 Apr; 35 (4):784-9. DOI: 10.3174/ajnr.A3744. Epub 2013 Oct 3. PMID: 24091443; PMCID: PMC7965830.

99. Krayenbühl N, Isolan GR, Al- Mefty O. The foramen spinosum: a landmark in middle fossa surgery. *Neurosurg Rev.* 2008 Oct;31(4): 397- 401; discussion 401-2. DOI: 10.1007/s10143-008-0152-6. Epub 2008 Aug 2. PMID: 18677523.
100. Palamenghi A, Cellina M, Cè M, Cappella A, Sforza C, Gibelli D. Correlation Analysis on Anatomical Variants of Accessory Foramina in the Sphenoid Bone for Oncological Surgery. *Cancers (Basel).* 2023 Nov 9;15(22):5341.DOI: 10.3390/cancers15225341. PMID: 38001601; PMCID: PMC10670589.
101. Strauss SB, Steinklein JM, Phillips CD, Shatzkes DR. Intraosseous Venous Malformations of the Head and Neck. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2022 Aug;43(8):1090-8. doi: 10.3174/ajnr.A7575. Epub 2022 Jul 21. PMID: 35863785; PMCID: PMC9575427.
102. Wang R, Han Y, Lu L. Computer - Assisted Design Template Guided Percutaneous Radiofrequency Thermocoagulation through Foramen Rotundum for Treatment of Isolated V2 Trigeminal Neuralgia: A Retrospective Case-Control Study. *Pain Res Manag.* 2019 Mar 3;2019:9784020.DOI: 10.1155/2019/9784020. PMID: 30944688; PMCID: PMC6421735.
103. Ismail EE, Alaftan MS, Aljoaid RM, Al Musabeh FM, Alaidarous SM, Alsultan DH, Alammari MA, et al. Association Between Foramen Rotundum and Trigeminal Neuralgia in the Saudi Population: A Radiological Study. *Cureus.* 2024 Jan 9;16(1): e51932. doi: 10.7759/cureus.51932. PMID: 38333439; PMCID: PMC10851806.
104. Kempuraj D, Mohan RR. Blast injury: Impact to the cornea. *Exp Eye Res.* 2024; 244:109915. DOI: 10.1016/j.exer.2024.109915.
105. Tahtabasi M, Er S, Karasu R, Ucaroglu ER. Bomb blast: imaging findings, treatment and clinical course of extremity traumas. *BMC Emerg Med* 2021; 21(1).

106. Abayi DAM, Assoumou PA, Matsanga OR, Brahime F, Aki TM, Mengome EM. Oculopalpebral trauma in domestic violence. *J Fr Ophthalmol.* 2023; 46(10):1155-1160. DOI: 10.1016/j.jfo.2023.06.011.
107. Zhang Y, Jia H, Kang X, et al. Discrepancy of eye injuries by sports. *Front Public Health.* 2023;11:1182647. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1182647.
108. Kang Q, Yang C. Oxidative stress and diabetic retinopathy: Molecular mechanisms, pathogenetic role and therapeutic implications. *Redox Biol.* 2020;37:101799. DOI:10.1016/j.redox.2020.101799.
109. Proctor JL, et al. Hypobaria following TBI and hemorrhagic shock increases mortality and organ injury. *Shock.* 2021;56(5):793–802. DOI: <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001761>.
110. Beatty S, Boulton M, et al. The role of oxidative stress in the pathogenesis of age-related macular degeneration. *Surv Ophthalmol.* 2000; 45(2):115–34. PMID: 11033038.
111. Denny JW, Brown RJ, Head MG, et al. Allocation of funding into blast injury - related research. *BMJ Mil Health.* 2023; 169(2):127-132. DOI: 10.1136/bmjmilitary-2020-001655.
112. Šink Ž, Umek N, Alibegović A, Cvetko E. Sphenoidal Foramen Ovale in the Slovenian Population: An Anatomical Evaluation with Clinical Correlations. *Diagnostics (Basel).* 2023 Mar 3;13(5):962. DOI:10.3390/diagnostics13050962. PMID: 36900106; PMCID: PMC10000548.
113. Alaftan M, Alkhater S, Alhaddad F, Alfaraj A, Alrashed N, Hiware S, Alghnimi I, et al. Morphological variations and morphometry details of the foramen ovale in the Saudi population: a retrospective radiological study. *J Med Life.* 2023 Mar;16(3):458-62. DOI: 10.25122/jml-2022-0265. PMID: 37168294; PMCID: PMC10165518.
114. Oshitari T. Neurovascular Impairment and Therapeutic Strategies in Diabetic Retinopathy. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 19 (1):439. DOI: 10.3390/ijerph19010439.

115. Wang W, Patel J. Imaging of congenital anomalies and defects of the skull base and calvarium. *Br J Radiol.* 2024 May 7;97 (1157):902-12. DOI: 10.1093/bjr/tqae042. PMID: 38478401; PMCID: PMC11075995.
116. Raguž M, Dumić- Čule I, Almahariq F, Romić D, Gajski D, Blažević A, Predrijevac N, et al. Foramen ovale and foramen rotundum: characterization of postnatal development. *Acta Clin Croat.* 2022 Feb;60(3):415-22. DOI: 10.20471/acc.2021.60.03.11. PMID: 35282494; PMCID: PMC8907938.
117. Tayebi Meybodi A, Mignucci- Jiménez G, Lawton MT, Liu JK, Preul MC, Sun H. Comprehensive microsurgical anatomy of the middle cranial fossa: Part I-Osseous and meningeal anatomy. *Front Surg.* 2023 Mar 24;10:1132774. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1132774. PMID: 37035561; PMCID: PMC10080110.
118. Lee SK, Kim YS, Jo YA, Seo JW, Chi JG. Prenatal development of cranial base in normal Korean fetuses. *Anat Rec.* 1996 Dec;246(4):524-34. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0185(199612)246:43.0.CO;2-Q. PMID: 8955791.
119. Somesh MS, Sridevi HB, Prabhu LV, Swamy MS, Krishnamurthy A, Murlimanju BV, Chettiar GK. A morphometric study of foramen ovale. *Turk Neurosurg.* 2011;21(3):378-83. doi: 10.5137/1019-5149. JTN.3927-10.2. PMID: 21845575. 33. Sugano GT, Pauris CC, Silva YBE.
120. Özalp H, Beger O, Erdoğan O, Koç T, Kayan G, Hamzaoglu V, Kara E, et al. Morphometric Assessment of the Carotid Foramen for Lateral Surgical Approach. *J Int Adv Otol.* 2019 Aug;15(2):222-8. DOI: 10.5152/iao.2019.6154. PMID: 31347511; PMCID: PMC6750789.
121. Chang KC, Petrash JM. Aldo- Keto Reductases: Multifunctional Proteins as Therapeutic Targets in Diabetes and Inflammatory Disease. *Adv Exp Med Biol.* 2018; 1032:173-202. DOI: 10.1007/978-3-319-98788-013.
122. Wimmers S, Strauss O. Basal calcium entry in retinal pigment epithelial cells is mediated by TRPC channels. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2007; 48(4):1874–84. DOI: 10.1167/iovs.07-0412.

123. Kowluru RA. Diabetic Retinopathy and NADPH Oxidase - 2: A Sweet Slippery Road. *Antioxidants* (Basel). 2021;10 (5):783. DOI: 10.3390/antiox10050783.
124. Brown DM, Michels M, Kaiser PK, et al.; ANCHOR Study Group. Ranibizumab versus ver teporfin photodynamic therapy for predominantly classic neovascular age-related macular degeneration (ANCHOR). *N Engl J Med*. 2006; 355:1432-44.
125. Bek T. Diameter changes of retinal vessels in diabetic retinopathy. *Curr. Diabetes Rep*. 2017; 17(10):82. DOI: 10.1007/s11892-017-0909-9.
126. Reichhart N, Strauss O. Ion channels and transporters of the retinal pigment epithelium. *Exp Eye Res*. 2014; 126:27–37. DOI: 10.1016/j.exer. 2014.05.005.
127. Gonzalez VH, Campbell J, Holekamp NM, Kiss S, Loewenstein A, Augustin AJ, et al. Early and LongTerm Responses to Anti - Vascular Endothelial Growth Factor Therapy in Diabetic Macular Edema: Analysis of Protocol I Data. *Am J Ophthalmol*. 2016; 172:72-9. DOI:10.1016/j.ajo.2016.09.012.
128. Rosenfeld PJ, Brown DM, Heier JS, et al.; ANCHOR and MARINA Study Groups. Ranibi zumab for neovascular age-related macular degeneration. *N Engl J Med*. 2006;355(14):1419-31. DOI: 10.1056/NEJMoa054481.
129. Dugel PU, Koh A, Ogura Y, et al.; HAWK and HARRIER Study Investigators. Brolucizumab versus aflibercept for neovascular age-related macular degeneration (HAWK and HARRIER). *Ophthal mology*. 2020; 127(1):72-84. DOI:10.1016/j.opthta. 2019.04.017.
130. Heier JS, Khanani AM, Quezada Ruiz C, et al.; TENAYA and LUCERNE Investigators. Effi cacy, durability, and safety of faricimab up to every 16 weeks for neovascular age-related macular degeneration: The TENAYA and LUCERNE trials. *Lancet*. 2022; 399(10326):729-40. DOI: 10.1016/S0140 6736(22)00010-1.

131. Bokhary K, Aljaser F, Abudawood M, Tabassum H, Bakhsh A, Alhammad S, et al. Role of Oxidative Stress and Severity of Diabetic Retinopathy in Type 1 and Type 2 Diabetes. *Ophthalmic Res.* 2021;64(4):613-621. doi: 10.1159/000514722.
132. Hammer SS, Busik JV. The Role of Dyslipidemia in Diabetic Retinopathy. *Vision Res.* 2017;139:228-36. DOI: 10.1016/j.visres.2017.04.010.
133. Bykhovets' M. Informatsiine znachennia biokhimichnykh markeriv dlia otsinky vtorynnoho hiperhlikemichnoho dysmetabolizmu u khvorykh na diabetychnu retynopatiiu ta tsukrovyi diabet 2 typu [Informative value of biochemical markers for assessment of secondary hyperglycemic dysmetabolism in patients with diabetic retinopathy and type 2 diabetes]. *East European Scientific Journal (Warsaw, Poland).* 2019;9(49)/1:19-25. (in Ukrainian).
134. Sarwar S, Clearfield E, Soliman MK, Sadiq MA, Baldwin AJ, Hanout M, Agarwal A, Sepah YJ, Do DV, Nguyen QD. Aflibercept for neovascular age-related macular degeneration. *Cochrane Data base Syst Rev.* 2016;2(2):CD011346. DOI: 10.1002/14651858.CD011346.pub2.
135. Ahuja P, Waris A, Siddiqui SS, Mukherjee A. Single nucleotide variants of receptor for advanced glycation end-products (AGER) gene: is it a new opening in the risk assessment of diabetic retinopathy?-a review. *J Genet Eng Biotechnol.* 2022; 20(1):17. doi: 10.1186/s43141-022-00297-5.
136. Petrenko OV, Natrus LV, Tavartkiladze K. Features of blood cells' fatty acids content in patients with diabetic retinopathy. *Arkhiv Oftalmologii Ukrainy.* 2017; 3(19):54-60. [in Ukrainian].
137. Tavakol Moghadam S Ms, Najafi SS Ms, Yektatalab S Ph D. The Effect of Self- Care Education on Emotional Intelligence and HbA1c level in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Int J Community Based Nurs Midwifery.* 2018; 6(1):39-46.

138. Gonzalez VH, Campbell J, Holekamp NM, Kiss S, Loewenstein A, Augustin AJ, et al. Early and LongTerm Responses to Anti - Vascular Endothelial Growth Factor Therapy in Diabetic Macular Edema: Analysis of Protocol I Data. *Am J Ophthalmol.* 2016; 172:72-9. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.09.012.
139. Salazar J, Navarro C, Ortega Á, Nava M, Morillo D, Torres W, et al. Advanced Glycation End Products: New Clinical and Molecular Perspectives. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(14):7236. doi: 10.3390/ijerph18147236
140. Shen CY, Lu CH, Wu CH, Li KJ, Kuo YM, Hsieh SC, Yu CL. The Development of Maillard Reaction, and Advanced Glycation End Product (AGE)-Receptor for AGE (RAGE) Signaling Inhibitors as Novel Therapeutic Strategies for Patients with AGE-Related Diseases.*Molecules.* 2020;25(23):5591. DOI: 10.3390/molecules25235591.
141. Lopes VS, Ramalho JS, Owen DM, et al. The ternary Rab27a–Myrip–Myosin VIIa complex regulates melanosome motility in the retinal pigment epithelium. *Traffic.* 2007;8(5):486–99. 10.1111/j.1600-0854.2007.00548.x. doi: 10.1111/j.1600-0854.2007.00548.x.
142. Castro - Correia C, Sousa S, Norberto S, Matos C, Domingues VF, Fontoura M, Calhau C. The Fatty Acid Profile in Patients with Newly Diagnosed Diabetes: Why It Could Be Unsuspected. *Int J Pediatr.* 2017; 2017: 6424186. DOI: 10.1155/2017/6424186.
143. Принципи та технології домедичної допомоги постраждалим внаслідок бойових дій / С. О. Гурєв, А.А. Гудима, В. О. Крилюк [та ін.]. – Метод. рекомендації. – К., 2014. – 40 с.
144. Закон України. Про захист тварин від жорстокого поводження. Відомості Верховної Ради України (ВВР) [Інтернет]. 2006 [цитовано 2022 Січ 15];(27):230.

145. Чадаєв В. Е. Етичні принципи при роботі з лабораторними тваринами. Український журнал медицини, біології та спорту – 2012. №2.№1(92) – С.113-115.
146. Автандилов ГГ, Невзоров ВП, Невзорова ОФ. Системный стереометрический анализ ультраструктур клеток. Кишинев: Штиинца; 1984. 186 с.
147. Lapach SN, Chubenko AV. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyah s ispolzovaniem EXCEL. Kyiv: Morion; 2000. 320 s. [in Ukrainian].
148. БісикС. П.
Огляд математичних моделей оцінки параметрів ударної хвилі вибуху зарядів в ибухової речовини / С. П. Бісик, Л. С. Давидовський, М. В. Телепа, О. Г. Нагорський, С. В. Бісик, А. А. Новосад // Озброєння та військова техніка. 2021. №1 С.77 - 84.
149. Черногор Л. Ф., Шевелев М. Б. Статистичні характеристики вибухових хвиль у атмосфері, згенерованих супервулканом Тонга 15 січня 2022р. Космічна наука і технологія. 2024.30, №1 (146). С. 66- 79. DOI: <https://doi.org/10.15407/knit.2024.01.066>.
150. Matta R, Keihani S, Hebert KJ, Horns JJ, Nirula R, McCrum ML, et al. Proposed revision of the American Association for Surgery of Trauma renal organ injury scale: secondary analysis of the multi-institutional genitourinary trauma study. J Trauma Acute Care Surg. 2024;97(2):205–212.
151. Keihani S, Rogers DM, Wang SS, Gross JA, Joyce RP, Hagedorn JC, et al. Shattered kidney after renal trauma: should it be classified as an American Association for the Surgery of Trauma grade V injury? Urology. 2023;179:181–187.
152. Wong YL, Lautenschläger I, Hummitzsch L, Zitta K, Cossais F, Wedel T, Rusch R, Berndt R, Gruenewald M, Weiler N, Steinfath M, Albrecht M. Effects of different ischemic preconditioning strategies on physiological and cellular

- mechanisms of intestinal ischemia / reperfusion injury: Implication from an isolated perfused rat small intestine model. *PLoS One*. 2021 Sep 3;16(9):e0256957. DOI: 10.1371/journal.pone.0256957.
153. Kozar RA, Crandall M, Shanmuganathan K, Zarzaur BL, Coburn M, Cribari C, et al. Organ injury scaling 2018 update: spleen, liver, and kidney. *J Trauma Acute Care Surg* .2018;85(6):1119–1122.
 154. Capdevila C, Trifas M, Miller J, Anderson T, Sims PA, Yan KS. Cellular origins and lineage relationships of the intestinal epithelium. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 2021 Oct 1; 321(4):G413-25. DOI: 10.1152/ajpgi.00188.2021.
 155. Husieva, S. A., Osyodlo, G. V., Goncharov, I. P., Antonyuk, O. Y., Husiev, A. V., et al. (2025). Characteristics of the Course of Anemia as a Consequence of Combat Injuries in Military Servicemen Participating in High-Intensity Combat Actions. *Military Medicine*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1093/milmed/usaf064>.
 156. Могілевський СЮ, Завгородня ТС. Особливості прогресування вікової макулярної дегенерації у пацієнтів української популяції: два роки спостереження. *Клінічна офтальмологія*. 2023; 3:25-22. DOI: <https://doi.org/10.22141/2309-8147.11.3.2023.339>.
 157. Хитрий Г. П., Ухач Ю. Д. Особливості анестезіологічної оцінки постраждалих із проникаючими пораненнями голови на етапі надання кваліфікованої медичної допомоги / Г. П. Хитрий, Ю. Д. Ухач // *Український журнал військової медицини*. 2023; 4(3): 88-94. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.3\(4\)-088](https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.3(4)-088).
 158. Хитрий Г. П., Ухач Ю. Д. Способи прогнозування ускладнень у постраждалих із проникаючими пораненнями голови під час проведення аеромедичної евакуації / Г. П. Хитрий, Ю. Д. Ухач // *Український журнал військової медицини*. 2023; 4(4): 69-75. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.4\(4\)-069](https://doi.org/10.46847/ujmm.2023.4(4)-069).

159. Kozlova YV, Maslak HS, Netronina OV, Abraimova OY, Kozlov SV. The state of antioxidant system and emotional status in rats with mild blast-induced traumatic brain injury. *Zaporozhye Medical Journal*. 2024; 6(1):53-8. DOI: <https://zmj.zsmu.edu.ua/article/view/291777>.
160. Rasiah PK, Geier B, Jha KA, Gangaraju R. Visual deficits after traumatic brain injury. *Histol Histopathol*. 2021;36 (7):711-724. DOI:10.14670/HH-18-315.
161. Самуляк П. Ю. Проблеми побудови електроретинографічної експертної системи для дослідження нейротоксикації / П. Ю. Самуляк, Р. А. Ткачук // Тези XIII МНПК «Актуальні задачі сучасних технологій», 11 -12 грудня 2024 року. – Т.: ФОП Паляниця В. А., 2024. – С. 351 - 352.
162. Ткачук Р.А. Оптимізація параметрів в моделі тестового електроретиносигналу для оцінювання ризиків нейротоксикації людини / Р. А. Ткачук, Р. М. Ткачук // Збірник тез МНПК «Іван Пулюй: життя, присвячене науці і Україні», до 180 –річчя від дня народження, 04 лютого 2025 року. – Т.: ТНТУ – С.106 - 110.
163. Самуляк П. Ю. Методи та засоби дослідження зорового аналізатора шляхом реєстрації електроретинограми ока людини / П. Ю. Самуляк, Р. А. Ткачук // ІМСТТ, 13 -14 грудня 2023 року. – Т.: ТНТУ – С.108.
164. Стоцька ЛМ, Лінник – Чокова ІБ, Слободян СБ, Кушнір ВЛ, Невська АО. Взаємозв'язок характеристик електроретинограми і клінічних показників у пацієнтів на різних стадіях розвитку первинної відкритокутової глаукоми. *Офтальмологічний журнал*. 2016; 2 (469):19-22.
165. Хитрий Г. П., Ухач Ю. Д. Оцінка крововтрати у поранених військовослужбовців із проникаючою черепно – мозковою травмою під час підготовки до аеромедичної евакуації / Г. П. Хитрий, Ю. Д. Ухач // Український журнал військової медицини. 2022; 3(4): 93-99. DOI: [https://doi.org/10.46847/ ujmm.2022.4\(3\)-093](https://doi.org/10.46847/ ujmm.2022.4(3)-093).

166. Жабоедов Д. Г., Жук А. М. Морфофункціональні зміни сітківки після комбінованого хірургічного лікування регматогенного відшарування сітківки у поєднанні з катарактою / Д. Г. Жабоедов, А. М. Жук // Вісник проблем біології і медицини.- Вип. 3 (166), 2022. - 174 -84 с.
167. Mengstie MA, Chekol Abebe E, Behaile Teklemariam A, Tilahun Mulu A, Agidew MM, Teshome Azezew M, et al. Endogenous advanced glycation end products in the pathogenesis of chronic diabetic complications. *Front Mol Biosci.* 2022; 9: 1002710. DOI: 10.3389/fmolb.2022.1002710.
168. Slobodyan OM, Pankevych LV, Ambarova NO. Особливості розподілу цинку в тканинах ока щурів в нормі та при експериментальному стрептозотоциніндукованому цукровому діабеті *MORPHOLOGIA • 2024 • Том 18 • № 3* с. 124-127. doi.org/10.26641/1997-9665.2024.3.124-127.
169. Марченко Д. Г. Похил А. В. Мікроструктура сітківки та патогенез її дегенерації / *Морфологія.* - 2025. –Т. 19 №4 (156). – С. 113 - 120.
170. Петренко О. В., Яковець А. І. Оцінка функціонального стану зорового аналізатору / О. В. Петренко, А. І. Яковець / Вісник проблем біології і медицини. - 2020. -№2 (156). – С. 143 - 48.
171. Пальтов Є, Масна З, Челпанова І, ДудокО, Струс Х, Щур М. Ультраструктурні зміни сітківки ока щура на тлі тривалого експериментального опіювального впливу. *Офтальмологічний журнал.* 2023;6:41-48. SCOPUS. DOI: 10.31288/oftalmolzh202364148.
172. Пальтов ЄВ, Масна ЗЗ, Челпанова ІВ, Фік ВБ, Івасівка ХП. Динаміка морфологічних змін у клітинних шарах сітківки у віддалені періоди експериментального опіювального впливу. *Буковинський медичний вісник.* 2023;27(3(107)):30 - 40. <https://doi.org/10.24061/2413-0737.27.3.107.2023.6>.
173. Слободян О. М., Пенішкевич Я. І. Морфологічна оцінка діабетичної ретинопатії / О. М. Слободян, Я. І. Пенішкевич / *Клінічна анатомія та оперативна хірургія.* - 2022. -№21, №4. – С. 89 – 97.

174. Natrus LV, Gayova LV, Byhovets MYu, Osadchuk YuS, Konovalov SE. The value of regulatory effects on lipid metabolism in during complicated diabetes mellitus. *Fiziologichnyi Zhurnal*. 2020;66(1):25-34. [in Ukrainian].
175. Молчанюк Н. І., Михейцева І. М., Коломійчук С. Г., Кузнецов М. К. Динаміка змін енергетичних процесів в мітохондріях зорової кори щурів після токсичної дії суміші спиртів / Н. І. Молчанюк, І. М. Михейцева, С. Г. Коломійчук, М. К. Кузнецов // *Морфологія*. - Вип. 3 (166), 2025. - 144 с.
176. Слободян О.М., Латинський М.Е., Лаврів Л.П. Морфогенез утворень зовнішньої основи черепа / О. М. Слободян, М. Е. Латинський, Л. П. Лаврів // *Морфологія*. - 2025. – 174 с.
177. Латинський М.Е., Лаврів Л.П. Сучасні відомості про морфогенез структур і утворень зовнішньої основи черепа в онтогенезі та їх практичне значення / М. Е. Латинський, Л. П. Лаврів // *Морфологія*. - 2025. – 174 с.
178. Alaimo A, Di Santo MC, Domínguez Rubio AP, Chaufan G, García Liñares G, Pérez OE. Toxicity of blue LED light and A2E is associated to mitochondrial dynamics deregulation in RPE cells. *Arch Toxicol*. 2019; 94(2):553–72. DOI: 10.1007/s00204-019 02409-6.
179. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Попова Т. В., Кошарний Д. В. Лабораторні показники периферичної крові щурів після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.16 - 7.
180. Кошарний В.В., Каграманян А.К., Рутгайзер В.Г., Грузд В.В., Кошарний Д.В. Лабораторні зміни в показниках сечі після дії вибуховоіндукованої експериментальної травми // *Russia-Ukraine War:*

Consequences for the World: Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Internet Conference, January 30-31, 2025. Dnipro, Ukraine. C.128-130.

ДОДАТКИ

Додаток А

**ПРАЦІ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ
НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасні уявлення та розуміння ударно – хвильового впливу на систему зорового аналізатору (аналітичний огляд літератури). Перспективи та інновації науки. 2024;11(45):1795-1810. DOI: [https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11\(45\)-1795-1810](https://doi.org/0.52058/2786-4952-024-11(45)-1795-1810). *(Здобувачем виконано реферування та аналіз використаних джерел. Співавтор: проф. Абдул - Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*
2. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 2 – 2025:71-7. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27. *(Здобувач здійснив аналіз та порівняв дані макроскопічного матеріалу після проведення експерименту, оформив статтю до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*
3. Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharnyi V. V. Regularities of changes in the ultrastructural organization of cellular components of the visual analyzer in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine – 2025 – № 3 (178), с. 369-377. DOI:10.29254/2077-4214-2025-3-178-369-377. *(Здобувач здійснив експеримент і аналіз ультраструктурних зрізів з матеріалу головного мозку, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул - Огли Л. В. та проф. Кошарний В. В. – надали консультативну допомогу).*
4. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В., Рутгайзер В. Г., Кошарний В. В. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. – Т.24, № 3 – 2025: 49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>.

(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію, допомога у підготовки препаратів головного мозку та обробку гістологічного матеріалу, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Кошарний В. В. та доцент Рутгайзер В. Г. надали консультативну допомогу та учень медичного ліцею Кошарний Д. В. – допомога у експерименті).

5. Л. В. Абдул - Огли, К. А. Олійник, В. В. Кошарний. Структурна будова черепа, очної ямки та органу зору щура в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. - Т.24, № 4 – 2025:49-55. DOI: 10.24061/1727-0847.24.4.2025.55. *(Здобувач здійснив аналіз та порівняв дані краніологічного матеріалу після проведення експерименту, оформив статтю до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Кошарний В. В. – надали консультативну допомогу).*

6. Abdul – OglyL. V., OliynykK. A., KosharniyV. V., RodynskyiyO. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Bulletin of problems in biology and medicine. – 2025 – № 4 (179), с. 275-284 DOI: 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284 *(Здобувач здійснив аналіз та порівняв дані краніологічного матеріалу після проведення експерименту, оформив статтю до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Кошарний В. В. – надали консультативну допомогу)*

7. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Демченко О. М., Козловська Г. О. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») № 2 (60) - 2026, с. 1866-1875. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2\(60\)-1866-1875](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-2(60)-1866-1875). *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку мікроскопічних змін, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В., проф. Демченко О. М. та доцент Козловська Г. О. надали консультативну допомогу надали консультативну допомогу).*

8. Абдул-Огли Л. В., Олійник К. А. Рутгайзер В. Г., Кошарний Д. В., Попова Т.В., Скубицька Л. Д. Оцінка мікроскопічних особливостей структурних компонентів оболонок стінки очного яблука з метою прогнозування наслідків ударно - хвильового впливу «Перспективи та інновації науки» (Серія «Медицина») №3 (61) -2026, с. 1815-1824 2 [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3\(61\)-1815-1823](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-3(61)-1815-1823). *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію та опис мікроскопічних особливостей змін, провів дослідження, оформив статтю до друку. Співавтори: проф. Абдул – Огли Л. В. та доцент Рутгайзер В. Г. доц. Попова Т.В., Скубицька Л. Д. - надали консультативну допомогу та учень медичного ліцею - Кошарний Д. В. – допомога у експерименті).*

ПРАЦІ, ЯКІ ЗАСВІДЧУЮТЬ АПРОБАЦІЮ МАТЕРІАЛІВ ДИСЕРТАЦІЇ

9. Абдул – Огли Л. В., Бондаренко К. А. Зміни оболонки очного яблука та його провідних шляхів після впливу ударної хвилі // Матеріали міжнародної міждисциплінарної науково - практичної internet - конференції до Всесвітнього дня анатомії «Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект» (м. Дніпро, 17 жовтня 2024 року) / Приватний вищий навчальний заклад «Харківський міжнародний медичний університет». – Харків: ПВНЗ «ХММУ», 2024. С. 14 - 15. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку гістологічного матеріалу, провів дослідження, оформив тези до друку. Співавтори: проф. Абдул - Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*

10. L. V. Abdul – Ogly, K. A. Bondarenko. Histopathological changes in the eye globe membranes following blast wave exposure in cranio – cerebral trauma // Матеріали восьмої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 8 листопада 2024 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2024. С. 14 - 15. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку гістологічного матеріалу, провів дослідження, оформив тези до друку. Співавтори: проф. Абдул - Огли Л. В. – надала консультативну допомогу).*

11. Абдул - Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний Д. В. Взаємозв'язки між величиною очного яблука, як периферичної частини зорового аналізатору та очної ямки черепа за допомогою морфометричного та краніометричного методів дослідження // Медичні та біологічні науки: міждисциплінарний аспект: матеріали шостої Міжнародної міждисциплінарної науково - практичної конференції до Всесвітнього дня анатомії (м. Харків, 15 - 16 жовтня 2025 року) / Харківський міжнародний медичний університет. – Харків: ХММУ, 2025. С. 8 - 10. *(Здобувач здійснив фіксацію і забір матеріалу, як очного яблука, так і черепа щурів, провів дослідження, оформив тези до*

друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В. - надала консультативну допомогу; учень медичного ліцею - Кошарний Д. В. – допомога у допомога у проведенні експерименту: фіксацію матеріалу та підготовка препаратів для краніологічного дослідження в лабораторних умовах).

12. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Кошарний Д. В. Мікроскопічна перебудова оболонок очного яблука в умовах експерименту після впливу ударної хвилі // Теорія та практика сучасної морфології: матеріали дев'ятої Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю (м. Дніпро, 6 - 7 листопада 2025 року) / Дніпровський державний медичний університет. – Дніпро: ДДМУ, 2025. С.19 - 20. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку гістологічного матеріалу, провів дослідження, оформив тези до друку. Співавтори: проф. Абдул - Огли Л. В. – надала консультативну допомогу; Кошарний Д. В. – допомога у проведенні експерименту з впливу повітряної ударної хвилі в лабораторних умовах).*

13. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Скубицька Л. Д., Кошарний Д. В. Мікроскопічні зміни структур кіркового кінця зорового аналізатору після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.18 - 20. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і обробку гістологічного матеріалу структурних компонентів потиличної долі кори головного мозку щурів, провів дослідження, оформив тези до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В. - надав консультативну допомогу; доц. Рутгайзер В. Г., викл. Скубицька Л. Д. та учень медичного ліцею - Кошарний Д. В. - допомога у проведенні експерименту по впливу поверхневої ударної*

хвилі на структури зорового аналізатору, фіксація і обробка гістологічного матеріалу).

14. Абдул - Огли Л. В, Олійник К. А., Рутгайзер В. Г., Попова Т. В., Кошарний Д. В. Лабораторні показники периферичної крові щурів після впливу поверхневої ударної хвилі // Сучасні проблеми морфології людини: матеріали Всеукраїнської науково - практичної конференції з міжнародною участю, присвячена 80 –річчю проф. Ю. М. Вовка (м. Львів, 20 - 21 лютого 2026 року) / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького. Міжнародний європейський університет Наукове Товариство ім. Т. Шевченка, Лікарська комісія. – Львів: ЛНМУ, 2026. С.16 - 7. *(Здобувач здійснив експеримент та фіксацію і забір та обробку лабораторного матеріалу, провів дослідження, оформив тези до друку. Співавтор: проф. Абдул – Огли Л. В. - надав консультативну допомогу; доц. Рутгайзер В. Г., доц. Попова Т. В. та учень медичного ліцею - Кошарний Д. В. - допомога у проведенні експерименту по впливу поверхневої ударної хвилі на структури зорового аналізатору, фіксація і обробка лабораторного матеріалу).*



Затверджую
Проректор з наукової роботи ДНП
«Львівський національний медичний
університет ім. Данила Галицького»
проф. Вікторія СЕРПІЄНКО

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

**результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес**

- 1. Назва пропозиції:** Ремоделювання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.
- 2. Заклад, що розробив пропозицію, поштова адреса:** Дніпровський державний медичний університет, м.Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.
- 3. Джерело інформації:**
 - Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025; 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 2 – 2025 с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутгайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>
- 4. Базова установа яка проводить впровадження:** кафедра оперативної хірургії з топографічною анатомією ДНП ЛНМУ ім. Данила Галицького.
- 5. Форма впровадження:** у науково-дослідну роботу кафедри оперативної хірургії з топографічною анатомією при проведенні досліджень зорового аналізатора та особливостей клінічної анатомії ділянки голови.
- 6. Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелах інформації (п.3):** використання результатів наукових досліджень у науковому процесі дозволяє розширити знання щодо особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема ока, на вплив екстремальних факторів.
- 7. Зауваження та пропозиції.** Не виносилися. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 6 від 14 січня 2026 р.

Завідувач кафедри
оперативної хірургії з топографічною анатомією
ДНП ЛНМУ ім. Данила Галицького
доктор медичних наук, професор

Зоряна МАСНА

«Затверджую»
Перший проректор з науково-педагогічної
роботи Полтавського державного медичного
університету
професор В.М. Дворник
« » 2026 року

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес

1. Назва пропозиції: ремоделювання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.
2. Заклад, що розробив пропозицію, поштова адреса: Дніпровський державний медичний університет, м.Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.
3. Джерела інформації:
 - Abdul – Ogly I. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eye ball men brane sinex perimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025; 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 2 – 2025 с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>
4. Базова установа, яка проводить впровадження: кафедра клінічної анатомії та оперативної хірургії Полтавського державного медичного університету.
5. Термін впровадження: грудень 2025 року – січень 2026 року
6. Форма впровадження: у навчальну роботу кафедри клінічної анатомії і оперативної хірургії, в матеріали лекцій та практичних занять при вивченні циклу: "Клінічна анатомія голови" "Зоровий аналізатор" у науково-дослідну роботу кафедри.
7. Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелах інформації (п.3): використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів з питань особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема ока, на вплив екстремальних факторів.
8. Зауваження та пропозиції: не поступало.
9. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 11 від 08.01.2026 року.

Відповідальний за впровадження:
завідувач кафедри анатомії з клінічною
анатомією та оперативною хірургією
Полтавського державного
медичного університету
доктор біологічних наук, професор



Сергій БЛАШ

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ
Начальник відділу кадрів
З. Г. Бойко

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної роботи
Чорноморського національного університету
ім. Петра Могили, д.мед.н., професор
Микола КЛИМЕНКО

«___» _____ 20__ р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес

1. Назва пропозиції: Ремоделювання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.
2. Засвід, що розробив пропозицію, поштова адреса: Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.

3. Джерело інформації:

- Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kushamir V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025; 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284
- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний етап експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 2 – 2025 с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27
- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>

4. Базова установа, яка проводить впровадження: кафедра морфології та громадського здоров'я ЧНУ ім. П. Могили.

5. Форма впровадження: у навчальну роботу кафедри морфології та громадського здоров'я, а матеріали лекцій та практичних занять при вивченні циклу: "Клінічна анатомія голови" "Зоровий аналізатор" у науково-дослідну роботу кафедри.

6. Ефективність впровадження за критеріями, встановленими в джерелах інформації (п.3): використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів з питань особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема на вплив екстремальних факторів.

7. Зауваження та пропозиції. Не вносилися. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 8 від 26 січня 2026р.

Відповідальний за впровадження:

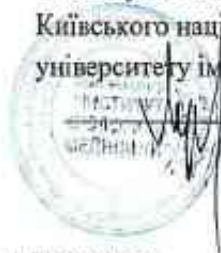
завідувач кафедри морфології та
громадського здоров'я ЧНУ ім. П. Могили,
д.мед.н., професор

Валерій ЧЕРНО

Кібіше Валерія Черного засвідчую
нагадує Вас С.Торешов

«Затверджую»

Директор ННЦ
«Інститут біології та медицини»
Київського національного
університету імені Тараса Шевченка



Дмитро ЛУКАШОВ

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес

1. **Назва пропозицій:** Ремоделивання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.

2. **Заклад, що розробив пропозицію, поштова адреса:** Дніпровський державний медичний університет, м.Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.

3. **Джерело інформації:**

- Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025; 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284

- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, № 2 – 2025 с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27

- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутгайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, № 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>

4. **Базова установа, яка проводить впровадження:** кафедра технології медичної діагностики та лікування ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ ім. Т.Шевченка.

5. **Форма впровадження:** у навчальну роботу кафедри клінічної анатомії і оперативної хірургії, в матеріали лекцій та практичних занять при вивченні циклу: “Клінічна анатомія голови” “Зоровий аналізатор” у науково-дослідну роботу кафедри.

6. **Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелах інформації (п.3):** використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів з питань особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема ока, на вплив екстремальних факторів.

7. **Зауваження та пропозиції.** Не вносилися. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол №1 від 22 січня 2026 р.

Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри технології медичної діагностики та лікування
ННЦ «Інститут біології та медицини»
КНУ імені Тараса Шевченка,
д.м.н., професор

Олександр МАЄВСЬКИЙ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор закладу вищої освіти з науково-педагогічної роботи та соціальних питань
Тернопільського національного медичного
університету імені І.І. Горбачевського МОЗ України
професор _____ Олег СЛАБИЙ

« _____ » _____ 20__ р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес

1. Назва пропозиції: Ремоделивання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.
2. Заклад, що розробив пропозицію, поштова адреса: Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.

3. Джерело інформації:

- Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskiy O. G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025; 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284
- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний стан експериментальної моделі виникнення ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 2 – 2025 с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27
- Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>

4. Базова установа, яка проводить впровадження: кафедра оперативної хірургії та клінічної анатомії ТНМУ ім.І.Я. Горбачевського МОЗ України.

5. Форма впровадження: у навчальну роботу кафедри клінічної анатомії і оперативної хірургії, в матеріали лекцій та практичних занять при вивченні циклу: "Клінічна анатомія голови" "Зоровий аналізатор" у науково-дослідну роботу кафедри.

6. Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелах інформації (п.3): вкорпетація результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів з питань особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема ока, на вплив екстремальних факторів.

7. Зауваження та пропозиції. Не вносилися. Обговорено та затверджено на засіданні кафедри, протокол № 2 від 16 січня 2026 р.

Відповідальний за впровадження:

завідувач кафедри оперативної хірургії
та клінічної анатомії ТНМУ ім.І.Я.Горбачевського МОЗ України,
Заслужений працівник освіти України,
д.мед.н., професор

Михайло ГНАТЮК

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор закладу вищої освіти з науково-педагогічної роботи Буковинського державного медичного університету, доцент

Володимир ХОДОРОВСЬКИЙ
 «02» _____ 20____ року



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Пропозиція для впровадження: Ремодельовання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.

2. Установа-розробник: Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, вул. В. Вернадського, 9).

Розроблювач: аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.

3. Джерела інформації:

3.1 Abdul-Ogly LV, Oliynyk KA, Kosharniy VV, Rodynskiy OG. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions. Вісник проблем біології і медицини. 2025;4(179):275-84. DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284

3.2 Абдул-Огли ЛВ, Олійник КА. Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2025;24(2):71-8. DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27

3.3 Абдул-Огли ЛВ, Олійник КА, Кошарний ДВ, Рутгайзер ВГ, Кошарний ВВ. Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2025;24(3):49-56. DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>

4. Базова установа, яка проводить впровадження: кафедра анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету.

5. Термін впровадження: 2025-2026 навчальний рік.

6. Форми впровадження: у матеріали лекцій та практичних занять з анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії, а також у наукову роботу кафедри.

Затверджено на засіданні кафедри (протокол № 10 від «16» грудня 2025 р.).

Завідувач кафедри анатомії,
 клінічної анатомії та оперативної хірургії
 Буковинського державного медичного університету,
 доктор медичних наук,
 професор



Олександр СЛОБОДЯН

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової
та навчально-методичної роботи
Міжнародного Європейського університету
професор Ірина БОЯРКО
« » 2026 р.

АКТ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ

**результатів, отриманих у дисертаційній роботі, у наукову роботу
та навчальний процес**

1. Назва пропозиції: Ремоделивання зорового аналізатора після ударно хвильового впливу.
2. Заклад, що розробив пропозицію, поштова адреса: Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, вул.В.Вернадського,9. Аспірант кафедри анатомії людини, клінічної анатомії та оперативної хірургії Олійник К.А.
3. Джерело інформації:
 - Abdul-Ogly L.V., Oliynyk K.A., Kosharniy V.V., Rodynskiy O.G. Patterns of post-traumatic changes in the eyeball membranes in experimental conditions // Вісник проблем біології і медицини. 2025, 4 (179):275-84 DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-275-284
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник Сучасний стан експериментальної моделі впливу ударної хвилі на структури очного яблука // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 2 – 2025 .с. 71-78 DOI: 10.24061/1727-0847.24.2.2025.27
 - Л.В. Абдул-Огли, К.А. Олійник, Д.В. Кошарний, В.Г. Рутайзер, В.В. Кошарний Закономірності перебудови центрів зорової сенсорної системи в умовах експерименту // Клінічна анатомія та оперативна хірургія – Т. 24, No 3 – 2025 с. 49-56 DOI: <https://doi.org/10.24061/1727-0847.24.3.2025.40>
4. Базова установа, яка проводить впровадження: навчально-науковий інститут «Європейська медична школа» МЕУ, м. Київ.
5. Форма впровадження: у навчальну роботу кафедр ННІ «ЄМШ», в матеріали лекцій та практичних занять при вивченні дисциплін: «Анатомія людини», «Фізіологія людини», «Патофізіологія», та у науково-дослідну роботу кафедр інституту.
6. Ефективність впровадження за критеріями, висловленими в джерелах інформації (п.3): використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі дозволяє розширити знання студентів з питань особливостей реакції зорового аналізатора, зокрема ока, на вплив екстремальних факторів.
7. Зауваження та пропозиції. Не виносилися. Обговорено та затверджено на засіданні інституту, протокол №1 від 28 січня 2026 р.

Відповідальний за впровадження:

Директор ННІ «ЄМШ»,
доктор медичних наук,
професор



Олег БОБК