

**PATTERNS OF POST-TRAUMATIC CHANGES IN THE EYEBALL MEMBRANES
IN EXPERIMENTAL CONDITIONS**

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

abdul-ogly@ukr.net

In most countries of the world, even in peacetime, traumatic injuries to the organ of vision remain one of the leading causes of disability. In Ukraine, due to the widespread use of explosive weapons, the frequency of eyeball injuries has increased significantly. The type and severity of such injuries directly depend on the nature of the traumatic factor, the force of the impact and the localization of the explosive effect, which is primarily reflected in the condition of the eye membranes. The aim of the study was to identify the patterns of restructuring of the structural components of the eyeball and its membranes under conditions of experimental trauma. During the experiment, morphological changes in the structures and membranes of the eyeball caused by the action of the shock wave were investigated, taking into account the time dynamics.

In the acute period, during the first day after injury, erosions, opacities, and in some cases even ruptures of the outer fibrous membrane were observed in the cornea. On the seventh day, in the early period, spot-like opacities were formed in the form of clusters of grayish dots under the epithelium, which partially raised it. On the fourteenth day, which corresponded to the late period, the development of dystrophic processes and the formation of scar tissue were recorded. In the distant, thirty-day period after the impact of the shock wave, the changes became more structurally pronounced, covering various membranes and internal structures of the eyeball. The analysis showed that, despite the primary damage to the outer layers – in particular, the fibrous membrane, which is the first to contact the shock wave – pathological changes occur at all levels of the eyeball structure. Each membrane exhibits its own characteristics of reaction at different time periods after injury. In addition, significant changes occur in the internal structures of the eye, in particular in the lens, which indicates the complex nature of post-traumatic changes.

Key words: eyeball, cornea, iris, retina, lens, shock wave, experiment, anatomy.

Connection of the publication with planned research work.

The research was carried out within the framework of the scientific topic of the Department of Clinical Anatomy, Anatomy and Operative Surgery “Study of the Morphogenesis of Organs and Tissues in Experimental Animals and Humans under the Influence of External and Internal Factors in Ontogenesis”, state registration number 0124U005025.

Introduction.

In most countries, in peacetime, injuries to the organ of vision and related complications occupy a leading place among the causes of unilateral or bilateral blindness and disability. As a rule, trauma causes a complex lesion of the entire visual analyzer, namely mechanical damage to its links starting directly from the eyeball, the conductive pathways of the subcortical and cortical centers, which can manifest itself in various symptoms in clinical practice [1, 2, 3, 4]. Due to the emergence of explosive weapons in our country, the frequency of eyeball injuries has unfortunately increased significantly. Depending on the nature of the injuring weapon, its force and place of application, various types of damage to the organ of vision can occur, which primarily affect the membranes of the eyeball. Fragmentary wounds after exposure to a shock wave can be accompanied by the introduction of one or many foreign bodies into the superficial or deep layers of the cornea, flying with great force, can pass through the outer membranes of the eye and be located at the bottom of the anterior chamber, lens, vitreous body or near the wall of the inner membrane of the eyeball [5, 6]. Penetrating

wounds are characterized by the fact that the foreign body twice violates the integrity of the membranes of the eye and can be located in the deep, mainly posterior, layers of the sclera or adjacent to its outer layers, or be at different distances from the membranes of the eye. The consequence of penetrating eye injury is rough corneal scars, which are often large in area and depth. The danger of any perforating wound is always the possibility of infection inside the eye and may be accompanied by burning of the iris and the formation of coloboma of the iris [7, 8]. In ophthalmic military surgical practice, corneal deformation, or keratoconus, is a progressive disease in which the cornea becomes thinner and bulges, acquiring a conical shape. And due to the conical shape of the cornea, in keratoconus, light rays at its different points are refracted unevenly, so visual acuity decreases, as in myopia, a person sees objects distorted, lines are broken, as in astigmatism. At different degrees of keratoconus, the cornea thins, up to a rupture, which is accompanied by severe pain. This leads to distortion of vision, as light cannot focus correctly on the retina. It is associated with a violation of the optical-mechanical properties of the main substance of the cornea and the formation of scar tissue. In addition, these scars are often fused with the iris, lens capsule and even the vitreous body, if the integrity of the boundary membrane is violated. In severe cases, there is a detachment of its root – iridodiadesis, and this detached part of the iris can be stretched in the form of a string, can be wrapped or turned out by the pigment sheet [9]. Damage also occurs in the structures of the internal environment – the lens, for exam-

ple, traumatic cataracts: semi-absorbed or membranous, in which traumatic aphasia is observed. Typically, such cataracts are fused with the iris, retinal detachment or vitreous membrane, cornea, which are complicated and combined with hemophthalmus. In this case, intraocular pressure often increases. Depending on the age of the victim, the severity and nature of the damage to the lens, its mass can be completely or partially resorbed. Since each function is based on the structure of the organ, and its disruption due to the influence of pathogenic factors is the basis for the development of a pathological process that determines its nature and features of clinical manifestations, there is undoubtedly a need to study the morphological characteristics of the organ, especially after injury [10]. Taking into account the above, we believe that this study, which concerns the study and analysis of changes at the macroscopic level when the peripheral part of the visual sensory system is damaged by a shock wave, is relevant, both from the point of view of experimental morphology and from the point of view of practical ophthalmology and surgery.

The aim of the study.

Establishing the regularities of the restructuring of the structural components of the eyeball and its membranes under conditions of experimental trauma.

Object and research methods.

A total of 105 (100%) rats participated in the experiment, which were divided into control and four experimental groups - acute, early, late and remote periods (21 rats in each group). During the work, as a result of the impact of the shock wave, not a single animal

died. In our experiment, we investigated the impact of the shock wave using a second experimental model, but with additional features, in accordance with the received patent of Ukraine (Pat. 146858 Ukraine, MPK G09B23/28). Experiments with laboratory animals met the ethical requirements of the European Convention on the Use of Vertebrate Animals for Experiments. Euthanasia of animals at the end of the experiment was carried out by administering a lethal dose of sodium thiopental.

Research results and their discussion.

As a result of our study, we investigated and analyzed the consequences that occur in the structures and membranes of the eyeball after the impact of a shock wave in the acute, early, late and remote periods. In the acute period, on the first day, we observed in the cornea: erosions and opacities and in one case - ruptures of the outer membrane of the eyeball, in the early period, on the seventh day - spot-like opacities of the cornea, which consist of grayish dots that lie under the epithelium and lift it, in the late period, on the fourteenth day - with the development of dystrophic changes and the formation of scar tissue - in the remote period, on the thirtieth day, after the impact of a shock wave (fig. 1 A, B, C, D).

Characteristic changes also occurred in the iris at different periods after the experiment. In the acute period, darkening in the form of a wide crescent-shaped strip and a 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

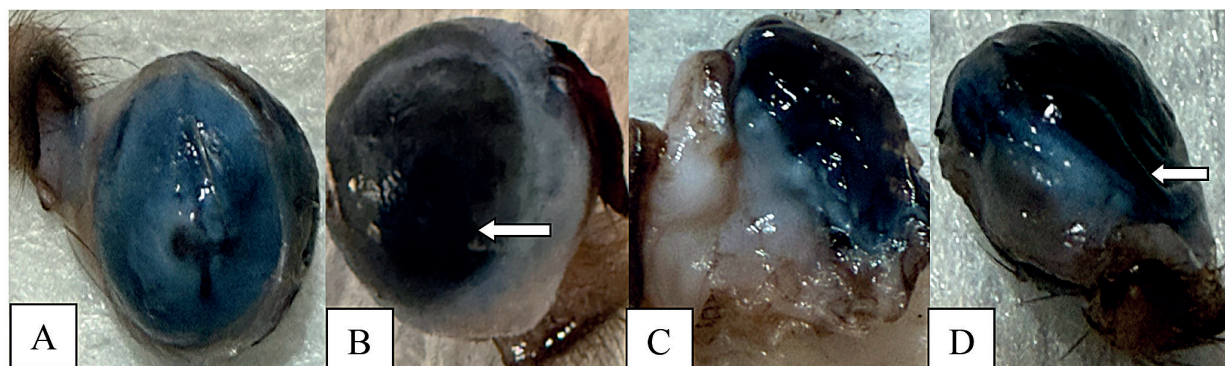


Figure 1 – Macroscopic preparation of the cornea of the eyeball of the experimental groups: A – corneal rupture after injury in the acute period, B – spot-like opacities of the cornea in the early period, C – corneal dystrophy in the late period, D – corneal scar with secondary corneal dystrophy with a partially false pterygium in the separated period. Designations: the arrow indicates the spot-like opacities of the cornea (B) and the corneal scar (D).

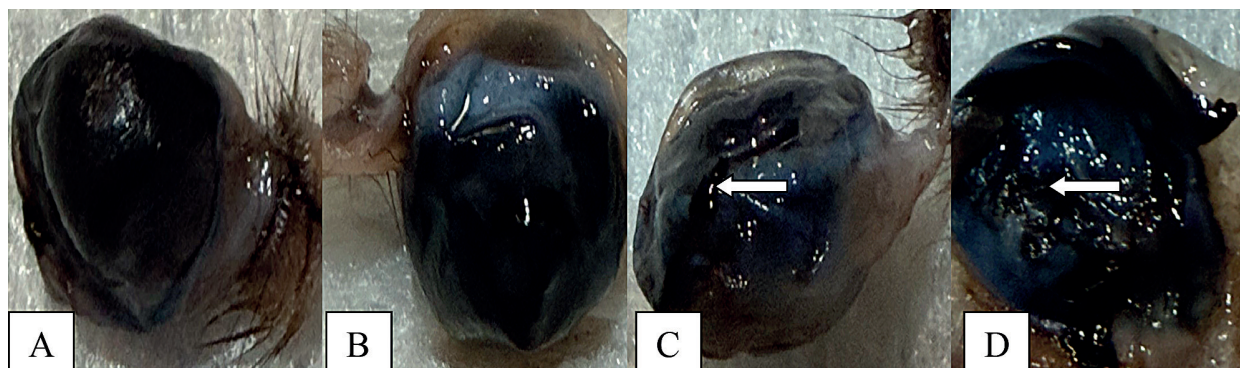


Figure 2 – Macropreparation of the iris of the eyeball of the experimental groups: A – darkening in the form of a wide strip and change in the color of the iris in the acute period, B – wrinkling of the iris and growth of the spot in the early period, C – dystrophy of the iris with a clot of longitudinal narrow hemorrhage, D – dystrophy with areas of atrophy in the separated period. Designations: arrows indicate hemorrhages in the iris (C, D).

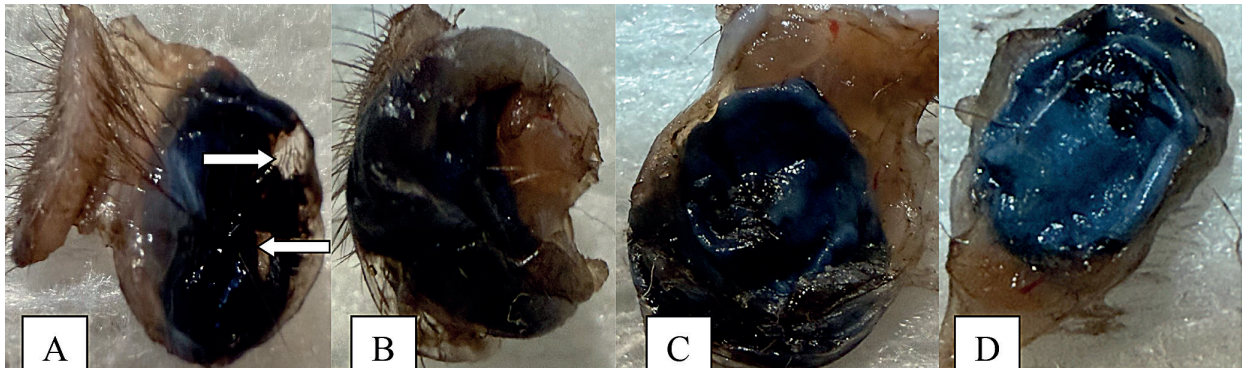


Figure 3 – Macropreparation of the retina of the eyeball of the experimental groups. Retina of rats of the experimental groups in a sagittal section: A – acute period (areas of opacity), B – early period (wrinkles), C – late period (detachments), D – remote period (dystrophic and degenerative changes). Designation: arrows indicate milky-white opacity of the retina in the acute period after the experiment (A).

clot of longitudinal narrow hemorrhage and persistent turbidity was observed (fig. 2 A, B, C, D).

Injuries or contusions of the eyeball when subjected to blunt force leads to various consequences. As a result of the experiment, we most often observed hemorrhages in the anterior chamber, in the vitreous body, which depended on damage to the iris,iliary body and choroid. If a blunt force (shock wave) acts on the eye directly from the front, then as a result of the flattening of the cornea, the aqueous humor is pushed back, and in some cases it throws the entire iris back or tears it off from its attachment to the ciliary body or tears its pupillary edge in one or more places. But always in all cases the pattern is that after hemorrhages, which were a characteristic feature of the acute and early periods after the impact of the shock wave, in the late and remote periods, persistent opacities remained at their sites or connective tissue developed, which was connected to the retina – the inner membrane of the eyeball, in which the following changes also occurred after the impact of the shock wave.

In the acute period, on the first day after the experiment, areas of turbidity appeared in the retina, which had milky white spots of various shapes. In the early period, wrinkling of the retina was observed, and in the late period, its detachment and, as a consequence, degenerative changes that progress in the long-term period after the impact of the shock

wave (fig. 3 A, B, C, D). During retinal detachment, its connection with the pigment epithelium was disrupted, as a result of which the retina was exposed to the vitreous body, a cavity was formed between it and the pigment epithelium, which was immediately filled with fluid, as a result of deep changes during trauma. The retina is firmly fused with its base only in two places – near the optic nerve head and at the ora serrate. After exposure to a shock wave in 2 rats, retinal detachment occurred where it was attached to the ora serrate, and another attachment near the optic nerve head, the retina was preserved. It is obvious that degenerative manifestations and changes in the retina occur in all periods after exposure to a shock wave, but at the macroscopic level in our experiment we observed such changes in the late and remote periods after trauma (fig. 4A).

But we traced changes in the retina in these periods and at the microlevel. During histological examination, it is seen that the retina consists of ten layers. Layers from the first to the sixth inclusive constitute the brain part or the cerebral layer of the retina, and the layer of outer nuclei, the outer boundary film and the layer of rods and cones form the layer of visual cells of the neuroepithelium or the photosensitive layer of the retina. 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

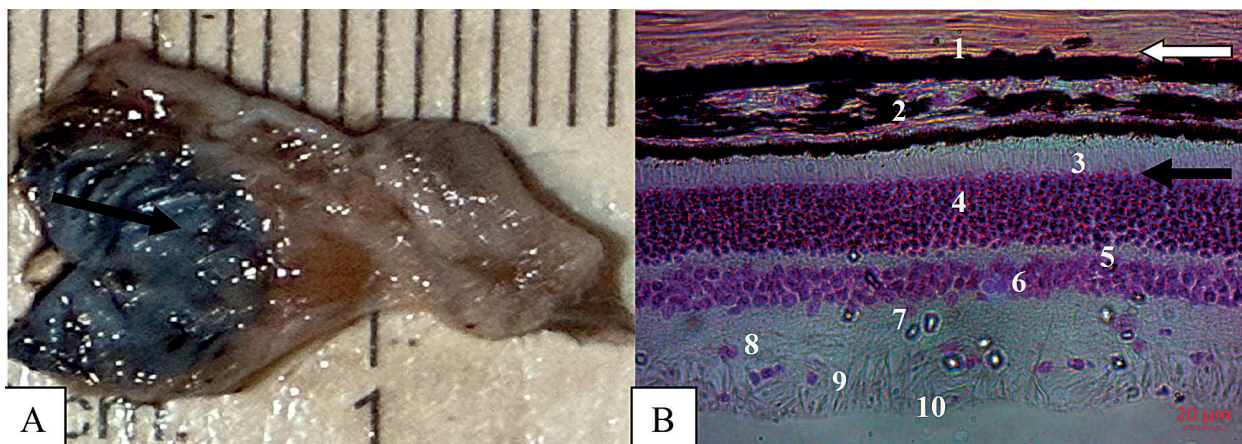


Figure 4 – Macropreparation and histological section of the retina of the eyeball of rats in the late period of the experimental group: A – macropreparation of the inner membrane of the wall of the eyeball in the late period and the arrow indicates the retina of the rat eyeball, B – histological section of the retina on the fourteenth day of the post-traumatic period. Staining with hematoxylin and eosin (B). Scale bar = 200 μm. Designations: the white arrow indicates the lamina basilaris; the black arrow indicates the membrana limitans externa, 1 – choroid and blood vessels, 2 – pigment epithelium, 3 – layer of rods and cones, 4 – outer nuclear layer, 5 – fibrous layer, 6 – outer reticular layer, 7 – inner nuclear layer, 8 – inner reticular layer, 9 – ganglionic layer, 10 – layer of nerve fibers.

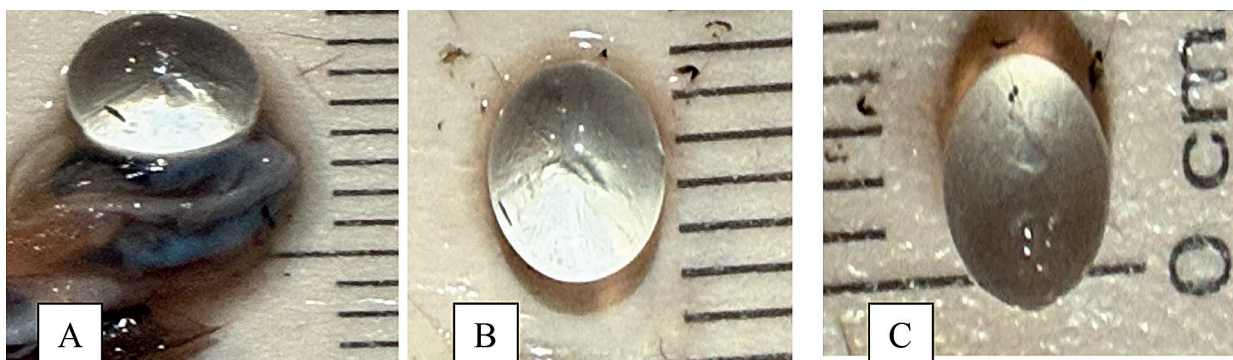


Figure 5 – Macrophotopreparation of the lens of rats of the control group: round (A, B), oval (B) and elongated (C) lens of the eyeball of the control group.

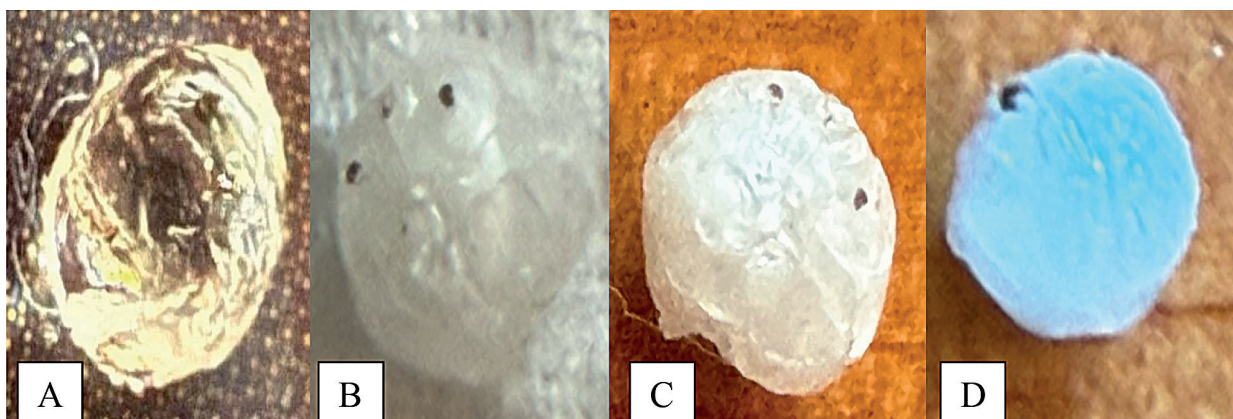


Figure 6 – Macroscopic preparation of the lens of rats of the experimental group: the lens of the eyeball in the acute (A), early (B), late (C) and separated period (D) of the experiment.

degeneration of the constituent cell layers of retinal neurons and individual neurons that were connected to the retinal pigment epithelium lining the choroid in the back of the eye were observed – swelling of the cell layer of neurons, their reorganization, deformation and decomposition, which are associated, primarily, with impaired trophic function (**fig. 4B**).

Along with changes localized in any of the three membranes, numerous changes may occur that affect a number of parts of the eye's internal environment, such as the lens. In rats of the control group, the lens is transparent with even, smooth edges, has a rounded or oval shape (**fig. 5 A, B, C**). When the integrity of the lens capsule is violated, swelling of the masses and their movement into the chamber are observed (**fig. 6A**). Swollen masses of the lens can fill the entire chamber, close the iris – completely or partially in the early period after exposure (**fig. 6B**). In the late and separate periods of the experiment, we observed more phenomena of post-traumatic cataract, which were characterized by great diversity (**fig. 6 C, D**).

Conclusions.

Thus, analyzing all the results of post-traumatic changes in the structures of the eyeball and its membranes, it is possible to conclude that despite the fact that in the experiment at first glance the fibrous membrane suffers, as the outer membrane, which first encounters a shock wave of mild severity, but changes are observed at the level of all membranes and each membrane has its own characteristics at different periods of time after the experiment, and special changes also occur at the level of the structure of the internal environment of the eyeball, the representative of which is the lens.

Prospects for further research.

In the future, it is necessary to identify and thoroughly investigate changes at the histological level of the structural components of the membranes of the eyeball after exposure to a shock wave at different periods of time.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОСТТРАВМАТИЧНИХ ЗМІН ОБОЛОНОК ОЧНОГО ЯБЛУКА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

abdul-ogly@ukr.net

У більшості країн світу, навіть у мирний час, травматичні ушкодження органа зору залишаються однією з провідних причин інвалідності. В Україні, у зв'язку з широким застосуванням вибухової зброї, частота уражень очного яблука суттєво зросла. Тип та вираженість таких пошкоджень безпосередньо залежать від характеру травмувального чинника, сили удару та локалізації вибухового впливу, що найперше відбивається на стані оболонок ока. Метою проведеного дослідження було виявлення закономірностей перебудови структурних компонентів очного яблука та його оболонок за умов експериментальної травми. У ході експерименту було досліджено морфологічні зміни в структурах і оболонках очного яблука, спричинені дією ударної хвилі, з урахуванням часової динаміки.

У гострий період, протягом першої доби після травмування, у рогівці спостерігали ерозії, помутніння, а в окремих випадках — навіть розриви зовнішньої фіброзної оболонки. На сьому добу, у ранній період, формувалися плямоподібні помутніння у вигляді скупчень сіруватих точок під епітелієм, які частково піднімали його. На чотирнадцяту добу, що відповідало пізньому періоду, реєстрували розвиток дистрофічних процесів і формування рубцевої тканини. У віддалений, тридцятиденний період після впливу ударної хвилі, зміни ставали більш структурно вираженими, охоплюючи різні оболонки та внутрішні структури очного яблука. Проведений аналіз показав, що, попри первинне ураження зовнішніх шарів — зокрема фіброзної оболонки, яка першою контактує з ударною хвилею, — патологічні зміни виникають на всіх рівнях будови очного яблука. Кожна оболонка проявляє власні особливості реагування в різні часові періоди після травми. Крім того, суттєві перебудови відбуваються й у внутрішніх структурах ока, зокрема у кришталіку, що вказує на комплексний характер посттравматичних змін.

Ключові слова: очне яблуко, рогівка, райдужка, сітківка, кришталік, ударна хвиля, експеримент, анатомія.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження проведені в рамках наукової теми кафедри клінічної анатомії, анатомії та оперативної хірургії «Дослідження морфогенезу органів і тканин у експериментальних тварин та людини під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів в онтогенезі», номер державної реєстрації 0124U005025.

Вступ.

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. Як правило при травмі йде комплексне ураження усього зорового аналізатора, а саме механічне ушкодження його ланок починаючи безпосередньо від очного яблука, провідних шляхів підкіркових і кіркових центрів, що може проявлятися різною симптоматикою в клінічній практиці [1, 2, 3, 4]. У зв'язку з появою вибухової зброї у теперішній час в нашої країні частота ураження очного яблука, на жаль, дуже зросла. Залежно від характеру зброї, що ранило, сили і місця її застосування можуть наступити різного роду пошкодження органу зору, які у першу чергу впливають на оболонки очного яблука. Осколкові поранення після впливу ударної хвилі можуть супроводжуватися впровадженням одного або безліч сторонніх тіл у поверхневі або глибокі шари рогової оболонки, що летять з великою силою, можуть пройти через зовнішні оболонки ока і розташовуватися на дні передньої камери, кришталіку, склоподібному тілі або біля стінки внутрішньої оболонки очного яблука [5, 6]. Наскрізнні 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. Завжди небезпека всякого перфоративного поранення полягає в можливості всередину ока інфекції та може супроводжуватися випалу радужки та формування колобами райдужної оболонки [7, 8]. В офтальмологічній військовій хірургічній практиці зустрічається, як наслідки травмування — деформація рогівки ока, або кератоконус — це прогресуюче 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. При різних ступенях кератоконуса відбувається витончення рогівки, аж до розриву, що супроводжується вираженим больовим синдромом. Це призводить до спотворення зору, оскільки світло не може правильно сфокусуватися на сітківці. Воно пов'язане з порушенням оптики — механічних властивостей основної речовини рогівки та формуванням рубцевої тканини. До того ж ці рубці часто бувають зрощені з райдужною оболонкою, капсулою кришталіка і навіть зі склоподібним тілом, якщо порушується цілість прикордонної мембрани. У тяжких випадках спостерігається відрив її кореня — іридодіадізу і ця відірвана частина райдужної оболонки може бути натягнута у вигляді тяжа, може бути загорнутою або вивернутою пігментним

листком назовні [9]. Ушкодження відбуваються і у структурах внутрішнього середовища – кришталику, наприклад, травматичні катаракти: напіврозсмоктані або плівчасті, при яких спостерігається травматична афазія. Зазвичай такі катаракти бувають зрощеними з райдужною оболонкою, відшаруванням сітчастої або мембраною склоподібного тіла, роговою оболонкою, котра є ускладненими і поєднуються з гемофтальмом. При цьому часто підвищується внутрішньо очний тиск. Залежно від віку потерпілого, від тяжкості та характеру пошкодження кришталика маси його можуть розсмоктатися повністю або частково. Оскільки кожна функція базується на структурі органа, 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 характеристик органа, особливо після травми [10]. Враховуючи вищезазначене, вважаємо, що дане дослідження, яке стосується дослідження та аналізу змін на макроскопічному рівні при ураженні периферичного відділу зорової сенсорної системи ударною хвилею є актуальним, як з точки зору експериментальної морфології, так і з точки зору практичної офтальмології і хірургії.

Мета дослідження.

Встановлення закономірностей перебудови структурних компонентів очного яблука та його оболонок в умовах експериментальної травми.

Об'єкт і методи дослідження.

Всього в експерименті брало участь 105 (100%) щурів, які були розподілені на контрольну та чотири

експериментальні групи – гострий, ранній, пізній та віддалений періоди (по 21 щуру в кожній групі). За час проведення роботи, внаслідок впливу ударної хвилі, ні одна тварина не загинула. В нашому експерименті ми дослідили вплив ударної хвилі за допомогою другої експериментальної моделі, але з доповненими особливостями, відповідно отриманому патенту України (Пат. 146858 Україна, МПК G09B23/28). Експерименти з лабораторними тваринами відповідали етичним вимогам Європейської конвенції з використання хребетних тварин для експериментів. Евтаназію тварин по закінченні експерименту проводили введенням летальної дози тіопенталу натрію.

Результати дослідження та їх обговорення.

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 – з розвитком дистрофічних змін та формування рубцевої тканини – у віддалений період, на тридцяту добу, після впливу ударної хвилі (рис. 1 А, Б, В, Г).

У райдужній оболонці теж відбувались характерні зміни у різні періоди після експерименту. У гострий період спостерігалось потемніння у вигляді широкої смужки у вигляді місяця та зміна кольору рай-

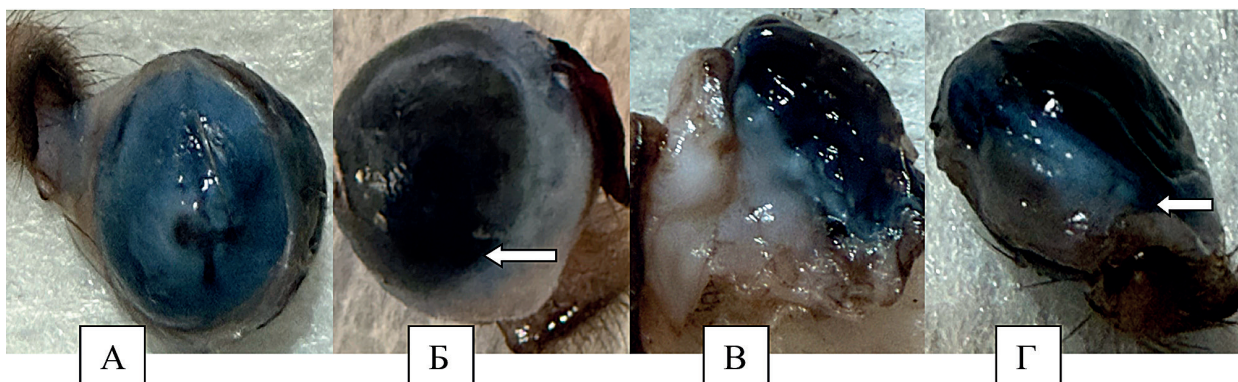


Рисунок 1 – Макропрепарат рогівки очного яблука експериментальних груп: А – розрив рогівки після травмування у гострий період, Б – плямоподібне помутніння рогівки у ранній період, В – дистрофія рогівки у пізній період, Г – рубець рогівки з вторинною дистрофією рогівки з частково хвиною крилоподібною півною у віддалений період. Позначення: стрілкою вказано плямоподібні помутніння рогівки (Б) та рубець рогівки (Г).

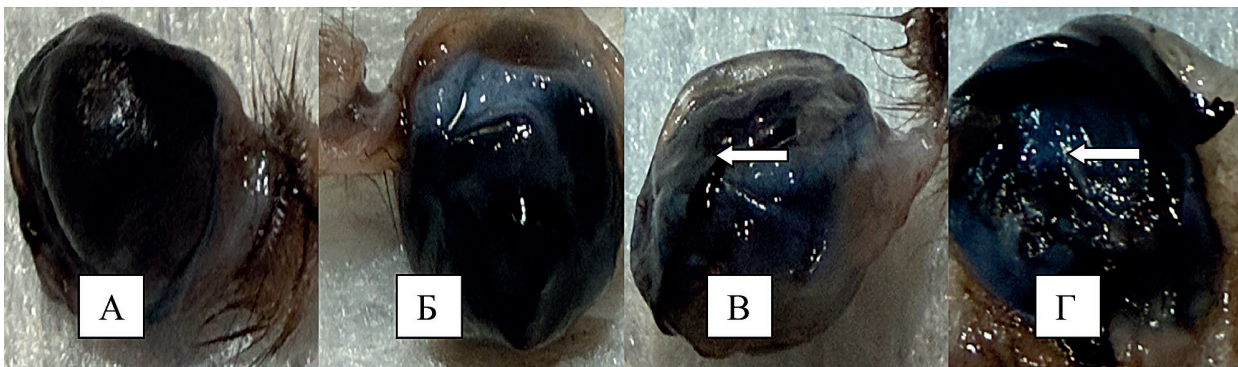


Рисунок 2 – Макропрепарат райдужки очного яблука експериментальних груп: А – потемніння у вигляді широкої смужки та зміна кольору райдужки у гострий період, Б – зморщування райдужки та розростання плями у ранній період, В – дистрофія райдужки зі згустком поздовжнього вузького крововиливу, Г – дистрофія з ділянками атрофії у віддалений період. Позначення: стрілками вказані крововиливи у райдужну оболонку (В, Г).

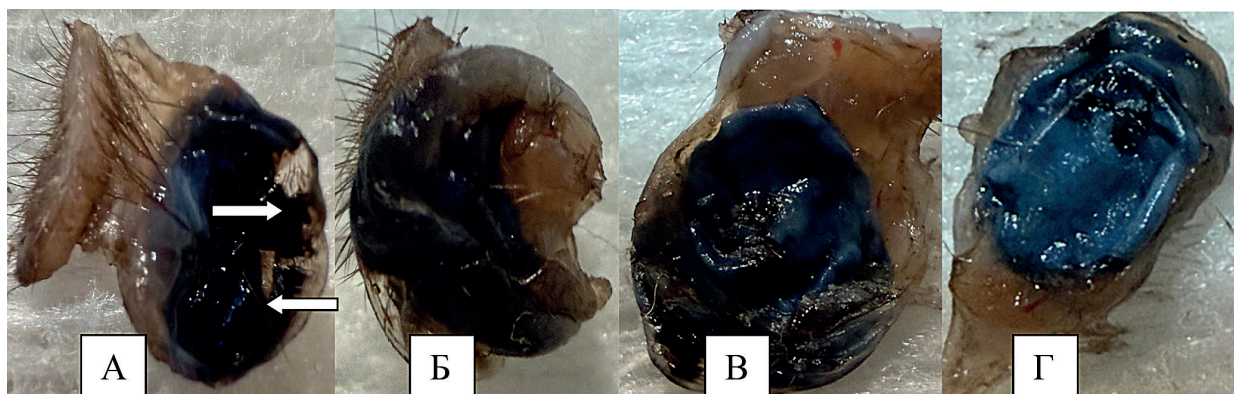


Рисунок 3 – Макропрепарат сітківки очного яблука експериментальної групи. Сітківка щурів експериментальних груп у сагітальному розрізі: А – гострий період (ділянки помутніння), Б – ранній період (зморщування), В – пізній період (відшарування), Г – віддалений період (дистрофічні та дегенеративні зміни). Позначення: стрілками вказані молочнобілі помутніння сітківки у гострий період після експерименту (А).

дужки, 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. 2 А, Б, В, Г).

Травми або контузії очного яблука при діянні на нього тупої сили приводить до різних наслідків. 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 сплюснення 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'ясях 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 після впливу ударної хвилі.

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 А, Б, В, Г). 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. 4А).

Але зміни у сітківки ми простежили у дані періоди і на мікрорівні. При гістологічному дослідженню видно, що сітківка складається з десяти шарів. Шари

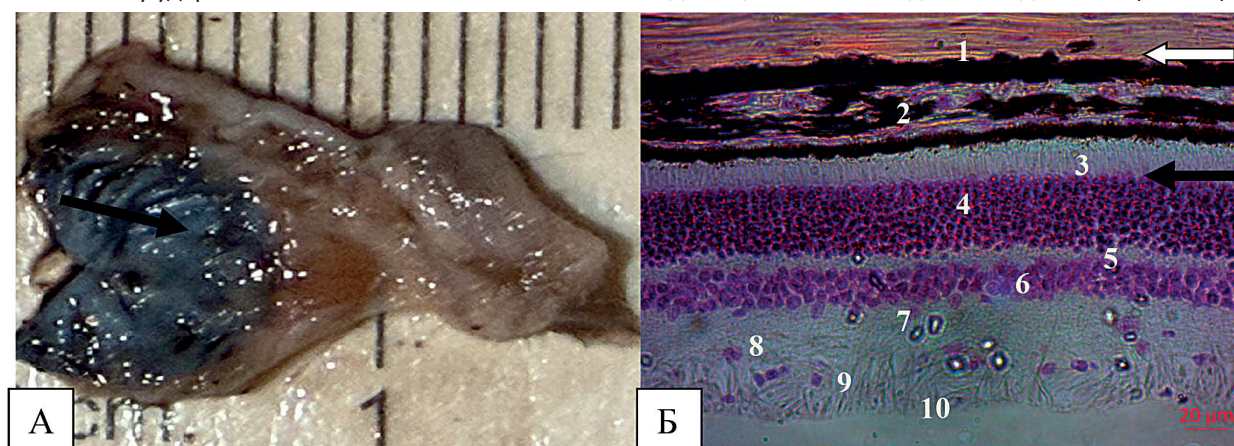


Рисунок 4 – Макропрепарат та гістологічний зріз сітківки очного яблука щурів у віддалений період експериментальної групи: А – макропрепарат внутрішньої оболонки стінки очного яблука у пізній період та стрілкою вказана сітківка очного яблука щура, Б – гістологічний зріз сітківки на чотирнадцяту добу посттравматичного періоду. Забарвлення гематоксином та еозином (Б); Збільшення (scale bar) = 200 μm. Позначення: стрілкою білою вказана lamina basilaris, стрілкою чорною вказана membrana limitans externa, 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 – гангліозний шар, 10 – шар нервових волокон.

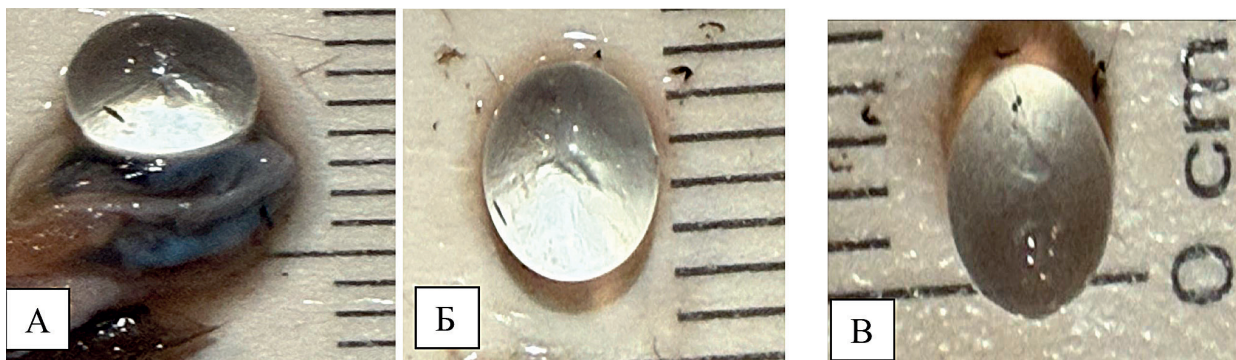


Рисунок 5 – Макропрепарат кришталика щурів контрольної групи: кришталі круглої (А, Б), овальної (Б) та витягнутої (В) форми очного яблука контрольної групи.

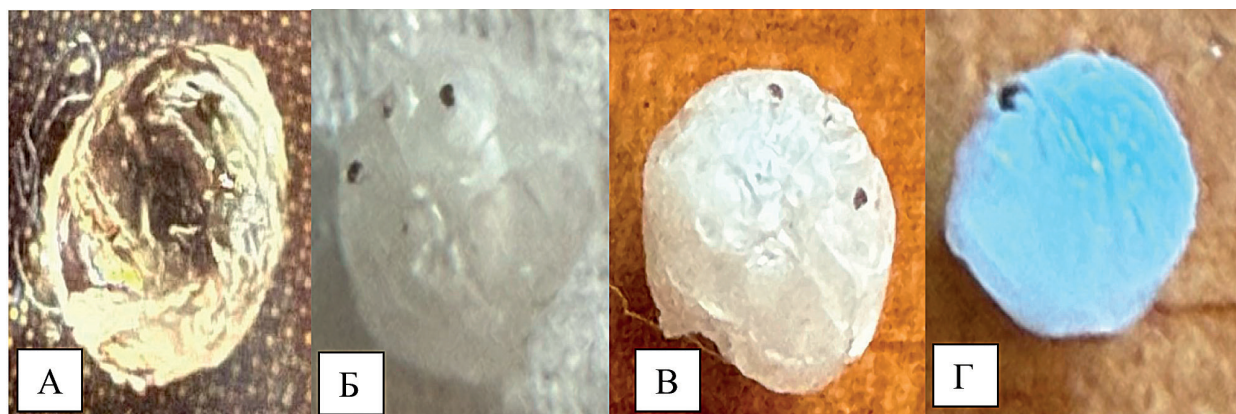


Рисунок 6 – Макропрепарат кришталика щурів експериментальної груп: кришталі очного яблука у гострий (А), ранній (Б), пізній (В) та відділений період (Г) експерименту.

с 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 неvroепітелій 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. 4Б).

Поряд зі змінами, що локалізуються в будь-якій з трьох оболонок, можуть мати місце численні зміни, що зачіпають ряд відділів ока внутрішнього середовища, таких як кришталік. У щурів контрольної групи кришталік прозорий і рівними гладкими краями, має округлу або овальну форми (рис. 5 А, Б, В). При порушенні цілості капсули кришталика спостерігаються набухання мас і переміщення їх у камеру (рис. 6А). Набряклі маси кришталика можуть заповнювати

всю камеру, закрити райдужну оболонку - повністю або частково у ранній період після впливу (рис. 6Б). У пізній та відділений періоди експерименту ми спостерігали більш явища посттравматичної катаракти які характеризувались великою різноманітністю (рис. 6 В, Г).

Висновки.

Таким чином, 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 легкого 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.

Перспективи подальших досліджень.

У подальшому належить виявити та досконало дослідити зміни на гістологічному рівні структурних компонентів оболонок очного яблука після впливу ударної хвилі у різні періоди часу.

References / Література

- Balba NM, McBride AA, Callahan ML, Mist SD, Jones KD, Butler MP, et al. Photosensitivity Is Associated with Chronic Pain following Traumatic Brain Injury. *J Neurotrauma*. 2022;39(17-18):1183-1194. DOI: [10.1089/neu.2022.0019](https://doi.org/10.1089/neu.2022.0019).
- Wong KR, Wright DK, Sgro M, Salberg S, Bain J, Li C, et al. Persistent Changes in Mechanical Nociception in Rats With Traumatic Brain Injury Involving Polytrauma. *J Pain*. 2023;24(8):1383-1395. DOI: [10.1016/j.jpain.2023.03.009](https://doi.org/10.1016/j.jpain.2023.03.009).
- Zhaboyedov DH, Zhuk AM. Morfofunktsionalni zminy sitkivky pislia kombinovanoho khirurhichnogo likuvannya rehmatohennoho vidsharuvannya sitkivky u poiednanni z kataraktoi. *Visnyk problem biolohii i medytyny*. 2022;3(166):174-84. [in Ukrainian].
- Molchaniuk NI, Mykheitseva IM, Kolomiichuk SH, Kuznetsov MK. Dynamika zmin enerhetychnykh protsesiv v mitokhondriakh zorovoi kory shchuriv pislia toksychnoi dii sumishi spyrtiv. *Morfolohiia*. 2025;3(166):144. [in Ukrainian].
- Allen RS, Motz CT, Feola A, Chesler KC, Haider R, Ramachandra Rao S, et al. Long-term functional and structural consequences of primary blast overpressure to the eye. *J Neurotrauma*. 2018;35(17):2104-16.

6. Choi JH, Greene WA, Jonson AJ, Chavko M, Cleland JM, McCarron RM, et al. Pathophysiology of blast-induced acute trauma to the eye following exposure to low-level blast overpressure. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015;43(3):239-46.
7. Thomas CN, Bernardo-Colon A, Courtie E, Essex G, Rex TS, Blanch RJ, et al. Effects of intravitreal injection of siRNA against caspase-2 on retinal and optic nerve degeneration in air blast-induced ocular trauma. *Sci Rep*. 2021;11(1):16839.
8. Watson R, Gray W, Sponcel WE, Lund BJ, Glickman RD, Groth SL, et al. Simulations of porcine eye exposure to primary blast insult. *Transl Vis Sci Technol*. 2015;4(4):8.
9. Pidvalna UYe. Morfolohichni osoblyvosti orhanu zoru za umov patolohii. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya Medytsyna*. 2013;3(48):244-8. [in Ukrainian].
10. Redka IV. Fonova elektrychna aktyvnist holovnoho mozku pidlitkiv z vrodzhenymy zorovymy dysfunktsihamy. *Visnyk problem biolohii ta medytsyny*. 2014;1(106):361-6. [in Ukrainian].

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОСТТРАВМАТИЧНИХ ЗМІН ОБОЛОНОК ОЧНОГО ЯБЛУКА В УМОВАХ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Абдул – Огли Л. В., Олійник К. А., Кошарний В. В., Родинський О. Г.

Резюме. 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 зброї, що ранила, сили і місця її застосування можуть наступити різного роду пошкодження органу зору, які у першу чергу впливають на оболонки очного яблука та внутрішню будову очного яблука. Тому у роботі були розглянуті основні характеристики і послідовність змін, які відбуваються на рівні оболонок очного яблука та структури його внутрішньої середовища – кришталика у гострий, ранній, пізній та віддалений періоди часу після експерименту. Так, 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; у пізній період, на чотирнадцяту добу – з розвитком дистрофічних змін; у віддалений період, на тридцяту добу, після впливу ударної хвилі – формування рубцевої тканини. У райдужної оболонці: в гострий період спостерігалось потемніння та зміна кольору радужки; у ранній період – зморщування райдужки та розростання плями; у пізній період – початок формування рубцевої сполучної тканини райдужки зі згустком поздовжнього вузького кровоциркуляції та стійкого помутніння. У сітківці: у гострий період з'являлись ділянки помутніння, які мали молочко 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-якій з трьох оболонок, можуть мати 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 – набрякли маси кришталика заповнюють камеру, повністю або частково; у пізній та віддалений періоди експерименту формувались посттравматичної катаракти. Таким чином, умови змодельованого вибуху 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 вибуху ударної хвилі на оболонки ока.

Ключові слова: очне яблуко, рогівка, райдужка, сітківка, кришталик, ударна хвиля, експеримент, анатомія.

PATTERNS OF POST-TRAUMATIC CHANGES IN THE EYEBALL MEMBRANES IN EXPERIMENTAL CONDITIONS

Abdul – Ogly L. V., Oliynyk K. A., Kosharniy V. V., Rodynskyiy O. G.

Abstract. Due to the emergence of explosive weapons in our country at the present time, the frequency of damage to the eyeball and its membranes has, unfortunately, increased significantly. Depending on the nature of the wounding weapon, its strength and place of application, various types of damage to the organ of vision may occur, which primarily affect the membranes of the eyeball and the internal structure of the eyeball. Therefore, the work was to consider the main characteristics and sequence of changes that occur at the level of the membranes of the eyeball 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: erosions and opacities and in one case – ruptures of the outer membrane of the eyeball; in the early period, on the seventh day – spot-like opacities of the cornea; in the late period, on the fourteenth day – with the development of dystrophic changes; in the long-term period, on the thirtieth day, after the impact of the shock wave – the formation of scar tissue. In the iris: 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 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 long-term 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 remote 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, first of all, 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 – swollen masses of the lens fill the chamber, completely or partially; in the late and separate periods of the experiment, post-traumatic cataracts were formed. Thus, the conditions of the simulated shock wave explosion and histopathological injuries, which are specific to the membranes of the eyeball, indicate that the rat model

may be useful for studying therapeutic and surgical interventions, which provides the opportunity to theoretically substantiate possible measures to counteract the primary impact of the shock wave explosion on the membranes of the eye.

Key words: eyeball, cornea, iris, retina, lens, shock wave, experiment, anatomy.

ORCID and contributionship / ORCID кожного автора та його внесок до статті:

Abdul – Ogly L. V.: <https://orcid.org/0000-0002-6942-2397>^{ADEF}

Oliinyk K. A.: <https://orcid.org/0009-0002-4874-5741>^{BCDF}

Kosharnyi V. V.: <https://orcid.org/0000-0002-7815-3950>^{AB}

Rodynskyi O. G.: <https://orcid.org/0000-0002-8011-6104>^{AB}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors declare no conflict of interest / Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Abdul – Ogly Larysa Volodymyrivna / Абдул-Оглі Лариса Володимирівна
Dnipro State Medical University / Дніпровський державний медичний університет
Ukraine, 49000, Dnipro, 9 Volodymyr Vernadsky str. / Адреса: Україна, 49000, м. Дніпро, вул. Володимира
Вернадського 9
Tel.: +380673382495 / Тел.: +380673382495
E-mail: abdul-ogly@ukr.net

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of the article / A – концепція роботи та дизайн, B – збір та аналіз даних, C – відповідальність за статистичний аналіз, D – написання статті, E – критичний огляд, F – остаточне затвердження статті.

Received 24.07.2025 / Стаття надійшла 24.07.2025 року
Accepted 12.11.2025 / Стаття прийнята до друку 12.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-284-293

UDC 617-089.844

Baibakov V. M., Abramov S. V., Ostrovska S. S., Khobotova N. V.,

Rodionov V. K., Antonova O. V., Tereshchenko N. M.

MORPHO-FUNCTIONAL SUBSTITUTION OF OPTIMAL METHODS OF SURGICAL CORRECTION OF TESTICLE DRAINAGE SYSTEM DISORDERS

European Medical University (Dnipro, Ukraine)

baybakov-vm@ukr.net

The study of the features of the organization of morphological structures of testicular drainage systems in the development of minimally invasive methods of surgical correction and reducing the risk of male infertility in the postoperative period is a relevant topic of scientific research. In this work, the total number of vessels of various calibers and nerves of the spermatic cord at three levels was determined on male testicular biopsies by morphological methods using morphometry: a fragment of the spermatic cord in the area of the deep ring of the inguinal canal, the middle third and the distal section of the spermatic cord. The obtained data of morphological and morphometric study of spermatic cord samples confirm the assumption that in the proximal part of the cord there are blood vessels that are larger in size and less significant in number, and nerves, whose diameter is objectively smaller than the nerve trunks, are more concentrated in the direction of the distal part of the cord. It is shown that at all three levels of the studied preparations, the nerves are located in close proximity to the venous vessels, in some places they are tightly adjacent to their walls, which, apparently, makes it possible to isolate the neurovascular bundle with clearly visible larger vessels and at the same time preserve a larger number of nerves. Based on the data obtained, it is proven that the optimal area for surgical intervention in case of violations of the drainage systems of the testicle is the zone at the level of the deep inguinal ring, which significantly reduces the risk of male infertility in the postoperative period.

Key words: testicular drainage systems, spermatic cord, surgical interventions, testicular biopsies, morphometry of histological preparations, total area of vessels and nerves, reduction of the risk of male infertility.

Connection of the publication with planned research work.

The study is a fragment of the research work of the Department of Surgical Diseases: "Development and improvement of methods of diagnostics and surgical treatment of abdominal organs in acute surgical diseases and their complications", state registration number 0118U004202.

Introduction.

The study of the principles of the organization of morphological features of the drainage systems of the testicle, as structures of the male reproductive system, remains a relevant area of clinical and morphological research [1, 2, 3, 4]. As is known, pathological changes in these systems are quite common in the structure of surgical diseases of the testicle and lead to impaired sper-