

and proximal diaphysis was determined using radiovisiographic examination with a Siemens device equipped with TROPHI Radiologi software. The unit of measurement was the conditional gray level unit (CGLU).

It was established that bone tissue density is highest in the greater trochanter region, slightly lower in the femoral head and proximal diaphysis, and lowest in the femoral neck. Under experimental hypodynamia, bone density in the head, neck, and greater trochanter began to decrease after three weeks of immobilization and reached minimum values by the sixth week of the experiment. Bone density in the proximal diaphysis increased slightly during the first four weeks compared to normal levels, but starting from the fifth week, it declined and reached its minimum by the end of week six. After six weeks of immobilization, bone density decreased compared to normal by 8% in the femoral head, 5% in the neck, 7% in the greater trochanter, and 2% in the proximal diaphysis. Two weeks after removal of the immobilization cast, bone density in the femoral head remained 1% below normal, in the neck 3% below normal, in the greater trochanter 6% below normal, and in the proximal diaphysis 1% below normal.

Conclusions: forced six-week immobilization leads to a significant decrease in bone tissue density of the rat femur; the dynamics of bone density changes under experimental hypodynamia differ across various regions of the femur; two weeks after removal of the immobilization cast, bone density increases but remains lower than in intact animals.

Key words: bone tissue, density, hypodynamia, radiological methods, femur.

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

Dovgan R. R.: <https://orcid.org/0000-0002-4502-1740> ^{ABCD}

Masna Z. Z.: <https://orcid.org/0000-0003-2057-7061> ^{EF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Masna Zoriana Zynoviivna / Масна Зоряна Зеновіївна

Danylo Halytsky Lviv National Medical University / Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Ukraine, 79010, Lviv, 69 Pekarska str. / Адреса: Україна, 79010, м. Львів, вул. Пекарська 69

Tel.: +380505867087 / Тел.: +380505867087

E-mail: masna.zz@gmail.com

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 17.07.2025 / Стаття надійшла 17.07.2025 року

Accepted 10.11.2025 / Стаття прийнята до друку 10.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-317-325

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

Kosharniy V. V., Abdul – Ogly L. V., Kushnaryova K. A., Kozlovska G. O.

**PECULIARITIES OF BLOOD SUPPLY AND STRUCTURE OF THE SMALL INTESTINE
AND ITS ROLE IN BLAST INJURY**

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

kosha.v@ukr.net

Blast-induced injuries of the abdominal cavity are characterized by high vulnerability of hollow and parenchymal structures, which is confirmed by numerous clinical and experimental observations. Primary and secondary intestinal perforations are of particular danger, the frequency of which varies depending on the conditions of exposure to the blast wave. At the same time, injuries to parenchymal organs are recorded in approximately one third of cases of abdominal blast trauma. Despite the sufficient amount of clinical data on the diagnosis and treatment of such injuries, the issues of pathogenesis and morphological changes in the early and delayed periods after barotrauma remain relevant.

The aim of the study was to assess the influence of the acute period of barotrauma on the histomorphometric characteristics of the small intestine of white rats. The experiment was conducted on 20 animals, divided into control and experimental groups, for which abdominal barotrauma was simulated under anesthesia. Histological studies of the proximal small intestine were performed according to standard methods with subsequent morphometric analysis. Statistical processing of the results was carried out using the Student's t-test.

The results of the work allow us to clarify the features of early structural changes in the small intestine after blast-induced barotrauma and may be useful for further study of the pathogenesis, diagnosis and possible approaches to the correction of such injuries.

Key words: digestive tube, small intestine, intestinal wall, mucous membrane, crypts, villi, morphometry, vessels.

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.

Blast trauma of the abdominal organs is one of the most severe and complex types of injuries, accompanied by high mortality and significant diagnostic difficulties. Clinical observations show that during explosion-induced injuries of the abdominal cavity, hollow organs, primarily the intestines, are the most vulnerable. A significant load also falls on parenchymal structures - the liver and spleen, which are often damaged both by the direct action of the blast wave and by secondary mechanisms.

Experimental and clinical data demonstrate that the nature of the damage to internal organs is determined by the complex interaction of many factors, including the degree of filling of hollow organs, anatomical and physiological features of different parts of the intestine and the direction of propagation of the blast pulse. One of the characteristic consequences of the blast wave is primary intestinal perforation, the frequency of which in clinical series is about 1.7%. In addition, secondary perforations have been described, which form in areas of hemorrhage into the intestinal wall and reach approximately 3% of cases [1].

Parenchymal organs also demonstrate high vulnerability: liver and spleen damage is detected in approximately one third of victims with explosive abdominal trauma. Separate clinical reviews emphasize that the severity and prognosis of such injuries differ significantly depending on the mechanism of the explosion, the nature of the space (closed or open), as well as the predominance of primary, secondary or tertiary injuries [1].

Morphological features of intestinal blast lesions include not only mechanical ruptures but also extensive ischemic zones, impaired mucosal barrier function, and the development of delayed necrotic changes. Modern microscopic techniques, including quantitative morphometry and machine learning-based tissue analysis, demonstrate structural changes in the mucosa, including villous atrophy, increased intraepithelial lymphocytes, and inflammatory infiltration of the crypts [2].

Experimental models of blast exposure demonstrate that early post-traumatic changes include marked enterocyte injury, increased levels of intestinal injury markers (I-FABP), and disruption of the gut-blood barrier. At the same time, increased concentrations of pro-inflammatory cytokines such as TNF and IL-6 confirm the development of a systemic inflammatory response even after localized traumatic exposure [3].

Other experimental studies confirm the spatiotemporal heterogeneity of lesions, revealing a characteristic hierarchy of organ damage: the liver and pancreas are most frequently affected, while necrosis and intestinal ruptures occupy intermediate positions in frequency [4]. These data are consistent with clinical observations, according to which most solid organ

injuries are treated conservatively, but multiple injuries are much more likely to require surgical intervention and transplantation technologies [5].

Clinical cases of mine-explosive injuries further confirm that explosive intestinal lesions are often accompanied by combined injuries, infected wounds, delayed perforations and a high risk of infection, which requires multi-stage surgical management [6-10].

Thus, the literature data indicate that explosive intestinal injury is characterized by a complex of primary and delayed morphofunctional injuries, which significantly distinguish it from other types of mechanical trauma. The combination of mechanical impulse, ischemia, inflammatory response and impaired barrier function creates a unique pathogenetic profile, which requires further fundamental and clinical research.

The aim of the study.

To determine the features of blood supply and morphological parameters of the intestine of white rats.

Object and research methods.

The study was conducted on 20 sexually mature outbred white rats weighing 180-200 g, which were divided into control and experimental groups. The animals of the control group were administered thiopental anesthesia and fixed without trauma modeling. The rats of the experimental group were subjected to a model of abdominal barotrauma under thiopental anesthesia. Euthanasia was performed at three time points: within the first hour after injury, on the sixth day and on the fourteenth day. All manipulations were performed in accordance with the standards of humane treatment of laboratory animals, in accordance with the requirements of the European Community and the Declaration of Helsinki. After laparotomy, the macroscopic condition of the small intestine was assessed and its proximal section was removed for further histological analysis. The preparations were stained with hematoxylin and eosin according to the standard method. The thickness of the intestinal wall, the parameters of the mucous, muscular layer and serous membrane, as well as the length and width of the villi, the depth and width of the crypts were measured. Mathematical and statistical processing of the results was performed using the Student's t-test to determine the reliability of intergroup differences.

Research results and their discussion.

The small intestine is a tubular structure and at the same time the longest section of the digestive tract of mammals. Within the framework of our study, we analyzed the features of its blood supply and determined how the type of branching of arterial vessels affects the course of traumatic injuries to this organ.

It was established that the diameter of the small intestine in white rats varies from 2.8 to 6.2 mm, averaging 4.5 ± 0.4 mm ($p < 0.05$). The longitudinal length of the organ also has significant variability – from 809.0 to 1110.0 mm, with a mean value of 985.5 ± 7.6 mm ($p < 0.05$).

The blood supply to the small intestine is provided by the anterior mesenteric artery, which passes in the long mesentery, while the large intestine receives blood from the posterior mesenteric artery, which is located in the short mesentery (fig. 1).

The cranial and caudal mesenteric arteries in the transition zone of the cecum and ileum form an anastomotic network between themselves. Due to this,



Figure 1 – Fragment of the small intestine with mesentery of the loose type.

the terminal segment of the small intestine and the initial part of the large intestine receive blood from the basins of both main arterial trunks.

Branches depart from the cranial mesenteric artery, providing blood supply to the small intestine. These arteries branch according to the dichotomous principle, forming vessels of the second and then fifth order. Approaching the intestinal wall from the side of the mesenteric margin, they form arterial arches, from which the vessels directly penetrate the intestinal wall (fig. 2).

In half of the studied animals, another variant of the vascular pattern was observed: arteries of the second and third order approached the intestinal wall, which indicates a more main type of blood supply. This was clearly determined during the examination: with the same length of the mesentery, the length of the arteries of the first and second orders changed, as well as the number of large vessels that directly entered the intestinal wall.

In our opinion, differences in the types of arterial supply of the small intestine do not have a significant impact on either the course of the post-traumatic period or long-term results.

Histological characteristics of the small intestine of the control group.

Microscopic examination of the small intestine of white rats of the control group showed that the mucous, muscular and serous membranes are structurally developed, have clear boundaries. The mucous membrane contains villi of considerable length that protrude into the lumen of the intestinal cavity and crypts of insignificant depth. The surface of the villi and crypts is represented by cylindrical enterocytes with oval nuclei. Among the enterocytes are goblet-shaped exocrinocytes, the largest number of which is observed in the crypts. At the bottom of the crypts are Paneth cells with bright red acidophilic granules (fig. 3).

One of the structural components of the wall of the small intestine is the villi system. Crypto intestinal villi are

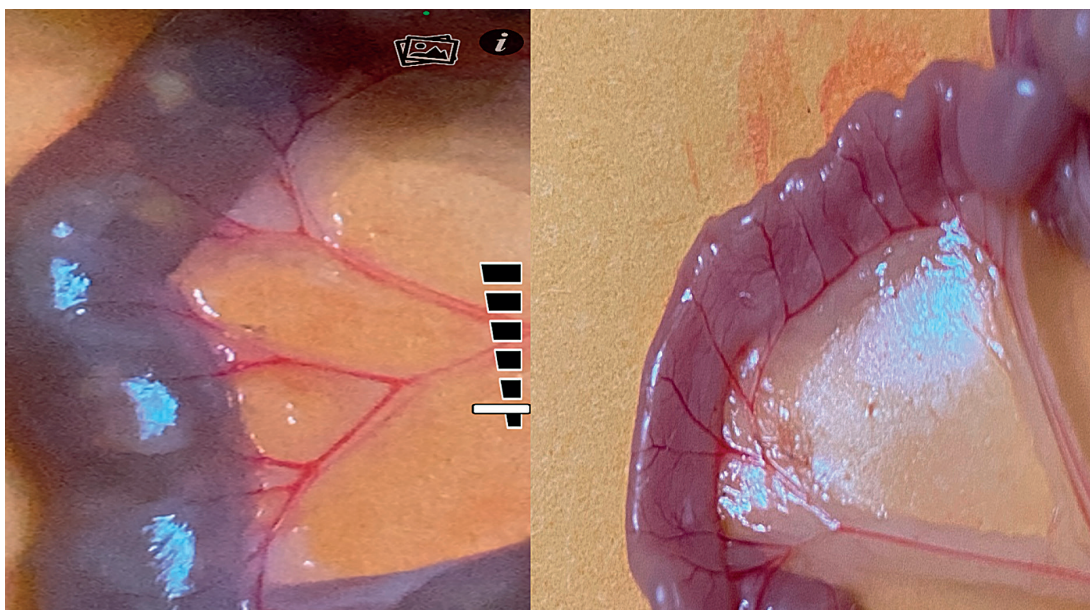


Figure 2 – Fragment of the small intestine with mesentery of the main type.

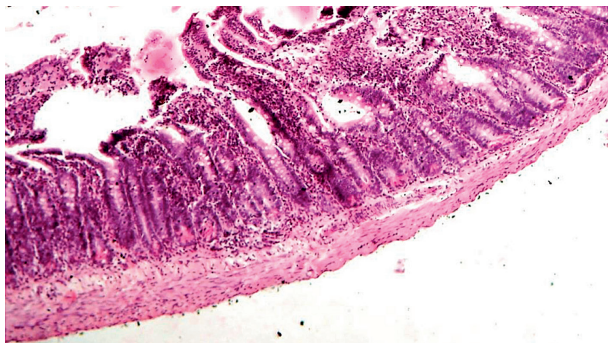


Figure 3 – The wall of the small intestine. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x100.

oblong-shaped outgrowths of the mucous membrane into the lumen of the small intestine, the villi of which consist of loose connective tissue of the mucosal lamina propria with myocytes of smooth muscle tissue. The villi are covered with an epithelial plate formed by a single-layer cylindrical epithelium consisting of three types of cells: columnar epithelial cells with a border, goblet cells and endocrinocytes. On the apical surface of the columnar epithelial cells of the main cells of the epithelial plate of the villi, there is a thin striated border of moderate optical density. Between the columnar epithelial cells with a border, goblet-shaped cells containing small basophilic nuclei are observed, which are located basally. The cytoplasm is filled with transparent secretory granules (fig. 4).

The intestinal crypts of the ileum were narrow tubular growths of the epithelium of the intestinal mucosa. Microscopically, the epithelial plate of the crypts is formed by columnar epithelial cells with a border, columnar florets without a border, goblet cells, endocrinocytes and Paneth cells. The cytoplasm of the crypts has an acidophilic granularity. Mitotic cells were found in the columnar epithelial cells without a border located at the bottom of the crypts. The height of the epithelial plate of the crypts is less than that of the villi.

The muscular plate of the mucous membrane of the small intestine is composed of smooth muscle cells. It is formed by two layers of smooth myocytes – the inner oblique circular and the outer oblique longitudinal. Between the muscle layers is a loose connective tissue in which blood vessels, lymphatic vessels and nerve plexuses are located.

The outer serous membrane of the ileum is formed by loose connective tissue, which is covered with mesothelium. Arterial blood vessels are located between the inner and outer scar of the muscularis mucosa and are also widely looped in the submucosa and narrowly looped in the lamina propria of the mucosa. From the latter, arterioles branch off, which form a network

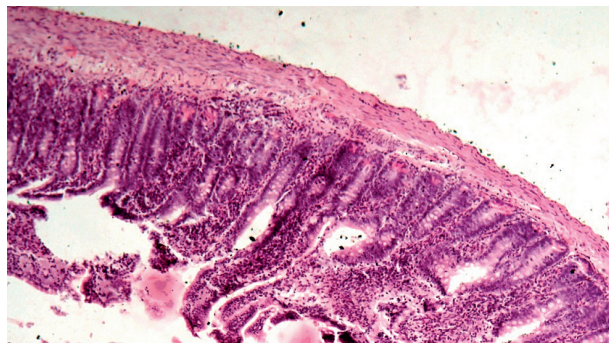


Figure 4 – The wall of the small intestine. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: ocular lens x10; objective lens x10.

of capillaries around the intestinal crypts, as well as arterioles that enter the intestinal villi and form a network of blood capillaries. Hemocapillaries in the intestinal villi are of the visceral type with fenestrated cytoplasmic areas of endothelial cells. Hemocapillaries merge into postcapillary venules. The venous plexus in the lamina propria of the mucosa and submucosa does not differ. Lymphatic vessels in each intestinal villus begin blindly at the apex with central lymphatic vessels, which form lymphatic plexuses in the lamina propria of the mucosa, as well as lymphatic plexuses in the submucosa.

In the mucosa of the small intestine of the experimental group of animals, intensive desquamation of enterocytes into the intestinal lumen was observed at the tips of the villi. The stroma of the villi was swollen, it contained a large number of macrophages and lymphocytes.

When cytomorphometry of the epithelium of the small intestine, the height of the villi enterocytes in the control group was 24.65 μm , in the first hour after barotrauma it was 26.35 μm – an increase in the height of the villi enterocytes by 6.9%. The height of enterocyte crypts in the control group was 22.42 μm , in the first hour after barotrauma it was 25.34 μm – an increase in the height of enterocyte crypts by 13.02%. The area of goblet cells in the control group was 71.25 μm^2 , in the first hour after barotrauma it was 76.35 μm^2 – an increase in the area of goblet cells by 7.16%.

Conclusions.

In our studies, it was found that different variants of mesenteric artery branching can significantly affect the course of post-traumatic course in intestinal trauma of various etiologies. This is also confirmed by changes in histological examination of the intestinal wall.

Prospects for further research.

To establish correlations between the features of blood supply and changes in the intestinal wall in barotrauma.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-317-325

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

Кошарний В. В., Абдул – Огли Л. В., Кушнарьова К. А., Козловська Г. О.

ОСОБЛИВОСТІ КРОВОПОСТАЧАННЯ ТА БУДОВИ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА І ЙОГО РОЛЬ ПРИ ВИБУХОВІЙ ТРАВМІ

Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

kosha.v@ukr.net

Вибухо-індуковані ушкодження органів черевної порожнини характеризуються високою вразливістю порожнистих та паренхіматозних структур, що підтверджується численними клінічними та

експериментальними спостереженнями. Особливу небезпеку становлять первинні та вторинні перфорації кишечника, частота яких варіює залежно від умов впливу вибухової хвилі. Водночас ушкодження паренхіматозних органів реєструють приблизно у третини випадків абдомінальної вибухової травми. Попри достатній обсяг клінічних даних щодо діагностики та лікування таких травм, питання патогенезу та морфологічних змін у ранні та відтерміновані періоди після баротравми залишаються актуальними.

Метою дослідження було оцінити вплив гострого періоду баротравми на гістоморфометричні характеристики тонкого кишечника білих щурів. Експеримент проведено на 20 тваринах, поділених на контрольну та експериментальну групи, для яких моделювали абдомінальну баротравму в умовах анестезії. Гістологічні дослідження проксимального відділу тонкої кишки виконували за стандартною методикою з подальшим морфометричним аналізом. Статистичну обробку результатів здійснювали із застосуванням t-критерію Стьюдента.

Результати роботи дозволяють уточнити особливості ранніх структурних змін тонкої кишки після вибухо-індукованої баротравми та можуть бути корисними для подальшого вивчення патогенезу, діагностики та можливих підходів до корекції таких ушкоджень.

Ключові слова: травна трубка, тонка кишка, кишкова стінка, слизова оболонка, крипти, ворсинки, морфометрія, судини.

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.

Вибухова травма органів черевної порожнини належить до найбільш тяжких і складних видів пошкоджень, що супроводжуються високою летальністю та значними діагностичними труднощами. Клінічні спостереження свідчать, що під час вибухо-індукованих ушкоджень черевної порожнини найбільш уразливими виявляються порожнисті органи, насамперед кишечник. Значне навантаження також припадає на паренхіматозні структури – печінку та селезінку, які часто ушкоджуються як прямою дією вибухової хвилі, так і вторинними механізмами.

Експериментальні та клінічні дані демонструють, що характер ураження внутрішніх органів визначається складною взаємодією багатьох чинників, включно зі ступенем наповнення порожнистих органів, анатомо-фізіологічними особливостями різних відділів кишечника та напрямком поширення вибухового імпульсу. Одним із характерних наслідків впливу вибухової хвилі є первинні перфорації кишечника, частота яких у клінічних серіях становить близько 1,7%. Крім того, описані вторинні перфорації, що формуються в ділянках крововиливів у стінку кишки і сягають приблизно 3% випадків [1].

Паренхіматозні органи також демонструють високу вразливість: ураження печінки та селезінки виявляють приблизно у третини постраждалих з вибуховою абдомінальною травмою. Окремі клінічні огляди підкреслюють, що тяжкість і прогноз таких ушкоджень суттєво відрізняються залежно від механізму вибуху, характеру простору (замкнений чи відкритий), а також переважання первинних, вторинних чи третинних пошкоджень [1].

Морфологічні особливості вибухових уражень кишечника включають не лише механічні розриви, але й широкі ішемічні зони, порушення бар'єрної функції слизової оболонки та розвиток відтермінованих некротичних змін. Сучасні мікроскопічні методи, зокрема кількісна морфометрія та аналіз тканин

за допомогою машинного навчання, демонструють структурні зміни слизової оболонки, включно з атрофією ворсинок, збільшенням кількості внутрішньоепітеліальних лімфоцитів та запальною інфільтрацією крипт [2].

Експериментальні моделі вибухового впливу доводять, що ранні посттравматичні зміни включають виражене ушкодження ентероцитів, підвищення рівнів кишкових маркерів пошкодження (I-FABP) та порушення кишково-гематичного бар'єра. Водночас зростання концентрацій прозапальних цитокінів, таких як TNF та IL-6, підтверджує розвиток системної запальної відповіді навіть після локалізованого травматичного впливу [3].

Інші експериментальні дослідження підтверджують часово-просторову неоднорідність уражень, виявляючи характерну ієрархію пошкодження органів: печінка та підшлункова залоза страждають найчастіше, тоді як некроз і розриви кишечника займають проміжні позиції за частотою [4]. Ці дані узгоджуються з клінічними спостереженнями, згідно з якими більшість ушкоджень твердих органів лікується консервативно, але множинні ушкодження значно частіше потребують хірургічного втручання та трансплантаційних технологій [5].

Клінічні випадки мінно-вибухових поранень додатково підтверджують, що вибухові ураження кишечника часто супроводжуються комбінованими пошкодженнями, інфікованими ранами, відкладеними перфораціями та високим ризиком зараження, що потребує багатоступеневого хірургічного менеджменту [6-10].

Таким чином, літературні дані свідчать, що вибухова травма кишечника характеризується комплексом первинних і відтермінованих морфофункціональних ушкоджень, які суттєво відрізняють її від інших типів механічної травми. Поєднання механічного імпульсу, ішемії, запальної відповіді та порушення бар'єрної функції створює унікальний патогенетичний профіль, що вимагає подальших фундаментальних та клінічних досліджень.

Мета дослідження.

Визначити особливості кровопостачання і морфологічних параметрів кишечника білих щурів.

Об'єкт і методи дослідження.

Дослідження проведено на 20 статевозрілих безпородних білих щурах масою 180-200 г, яких поділили

на контрольну та експериментальну групи. Тваринам контрольної групи вводили тіопенталовий наркоз та здійснювали фіксацію без моделювання травми. Щурам експериментальної групи в умовах тіопенталового наркозу відтворювали модель абдомінальної баротравми. Евтаназію проводили у три часові точки: протягом першої години після травмування, на шосту добу та на чотирнадцяту добу. Усі маніпуляції виконували згідно з нормами гуманного поводження з лабораторними тваринами, відповідно до вимог Європейського співтовариства та Гельсінкської декларації. Після проведення лапаротомії оцінювали макроскопічний стан тонкої кишки та вилучали її проксимальний відділ для подальшого гістологічного аналізу. Препарати фарбували гематоксиліном та еозином за стандартною методикою. Вимірювали товщину кишкової стінки, параметри слизової, м'язового шару та серозної оболонки, а також довжину й ширину ворсинок, глибину та ширину крипт. Математично-статистичну обробку результатів виконували із застосуванням t-критерію Стюдента для визначення достовірності міжгрупових відмінностей.

Результати дослідження та їх обговорення.

Тонка кишка є трубчастим утвором і водночас найдовшим відділом травного тракту ссавців. У межах нашого дослідження ми проаналізували особливості її кровопостачання та визначили, як тип розгалуження артеріальних судин впливає на перебіг травматичних ушкоджень цього органа.

Встановлено, що діаметр тонкої кишки у білих щурів змінюється від 2,8 до 6,2 мм, у середньому становлячи $4,5 \pm 0,4$ мм ($p < 0,05$). Подовжня довжина органа також має значну мінливість – від 809,0 до 1110,0 мм, із середнім значенням $985,5 \pm 7,6$ мм ($p < 0,05$).

Кровопостачання тонкої кишки забезпечується передньою брижовою артерією, яка проходить у довгій брижі, тоді як товста кишка отримує кров від задньої брижової артерії, що розташована у короткій брижі (рис. 1).

Краніальна та каудальна брижові артерії у зоні переходу сліпої та клубової кишки формують між собою

анастомотичну мережу. Завдяки цьому термінальний сегмент тонкої кишки та початкова частина товстої кишки отримують кров із басейнів обох основних артеріальних стовбурів.

Від краніальної брижової артерії відходять гілки, що забезпечують кровопостачання тонкої кишки. Ці артерії розгалужуються за дихотомічним принципом, утворюючи судини другого, а далі й п'ятого порядку. Підходячи до кишкової стінки з боку брижового краю, вони утворюють артеріальні дуги, від яких судини безпосередньо проникають у стінку кишки (рис. 2).

У половини досліджуваних тварин спостерігалася інша варіантність судинного малюнка: до стінки кишки підходили артерії другого та третього порядку, що свідчить про більш магістральний тип кровопостачання. Це чітко визначалось під час огляду: за однакової довжини брижі змінювалася протяжність артерій першого й другого порядків, а також кількість великих судин, які безпосередньо входили у стінку кишечника.

На нашу думку, відмінності у типах артеріального забезпечення тонкого кишечника не мають істотного впливу ні на перебіг посттравматичного періоду, ні на віддалені результати.

Гістологічна характеристика тонкого кишечника контрольної групи.

Мікроскопічне дослідження тонкого відділу кишечника білих щурів контрольної групи показало, що слизова, м'язова і серозна оболонки структурно розвинені, мають чіткі межі. Слизова оболонка містить ворсинки значної довжини, які виступають у просвіток порожнини кишечника та крипти незначної глибини. Поверхня ворсинок і крипт представлена ентероцитами циліндричної форми з овальними ядрами. Серед ентероцитів розташовані бокаловідні екзокріноцити, найбільша кількість яких спостерігається в криптах. На дні крипт розташовуються клітини Панета з яскраво-червоними ацидофільними гранулами (рис. 3).

Однією з структурних компонентів стінки тонкого кишечника є система ворсинок. Крипто кишкові ворсинки являє собою довгастої форми вирости слизо-



Рисунок 1 – Фрагмент тонкого кишечника з брижею розсіпного типу.

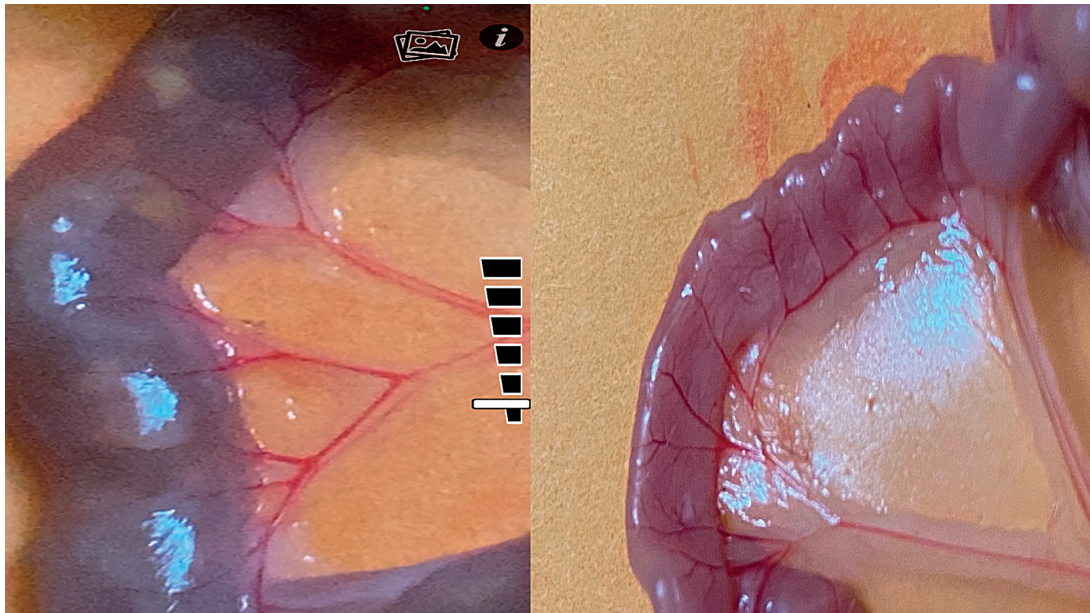


Рисунок 2 – Фрагмент тонкого кишечника з брижею магістрального типу.

вої оболонки в просвіт тонкої кишки, у ворсинки які складаються з пухкої сполучної тканини власної пластинки слизової з міоцитами гладкої м'язової тканини. Ворсинки вкриті епітеліальною пластинкою, що утворена одношаровим циліндричним епітелієм який складається з трьох типів клітин: стовпчасті епітеліоцити з облямівкою, келихоподібні клітини та ендокриноцити. На апікальній поверхні стовпчастих епітеліоцитів основних клітин епітеліальної пластинки ворсинок, знаходиться тонка посмугована облямівка помірної оптичною щільністю. Між стовпчастими епітеліоцитами з облямівкою спостерігаються келихоподібні клітини що містять невеликі базифільні ядра, які розташовані базально. Цитопlasма заповнена секреторними гранулами прозора (рис. 4).

Кишкові крипти клубової кишки являли собою вузькі трубчасті вrostання епітелію власної пластинки слизової оболонки кишки. Мікроскопічно епітеліальна пластинка крипти утворена стовпчастими епітеліоцитами з облямівкою, стовпчасті клітини без облямівки, келихоподібні клітин, ендокриноцити та клітини Панета. Цитопlasма крипти має оцедофільну зернистість. У стовпчастих епітеліоцитах без облямівки розташованих на дні крипти були виявлені мітозні клітини. Висота епітеліальної пластинки крипти менше ніж у складі ворсинок.

М'язова пластинка слизової оболонки тонкої кишки складають гладкі м'язові клітини. Вона утво-

рена двома шарами гладких міоцитів – внутрішнім косо циркулярним і зовнішнім косо поздовжнім. Між м'язовими шарами розташована пухка сполучна тканина у якій розташовані кровоносні, лімфатичні судини та виявляються нервові сплетення.

Зовнішня серозна оболонка клубової кишки яка утворена пухкою сполучною тканиною, яка покрита мезотелієм. Артеріальні кровоносні судини розташовані між внутрішнім і зовнішнім шарами м'язової оболонки а також широко петляє у підслизовому прошарку і вузько петляє у власній пластинці слизової оболонки. Від останнього відгалужуються артерії, які утворюють сітку капілярів навколо кишкових крипти а також артерії, які входять у кишкові ворсинки та формують сітку кровоносних капілярів. Гемокapіляри в кишкових ворсинках вісцерального типу з фенестрованими цитоплазматичними ділянками ендотеліоцитів. Гемокapіляри зливаються в посткапілярні вени. Венозні сплетення у власній пластинці слизової оболонки та підслизової не відрізняється. Лімфатичні судини в кожній кишковій ворсинці починається сліпо на верхівці центральними лімфатичними судинами, які утворюють лімфатичні сплетення у власній пластинці слизової оболонки, а також лімфатичні сплетення в підслизовій оболонці.

У слизовій оболонці тонкого кишечника дослідної групи тварин на верхівках ворсинок спостерігалася інтенсивна десквамація еритроцитів в просвіт кише-

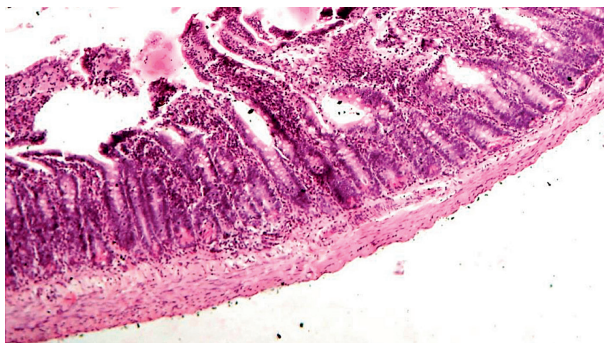


Рисунок 3 – Стінка тонкого кишечника. Забарвлення гематоксином та еозином. Збільшення: x100.

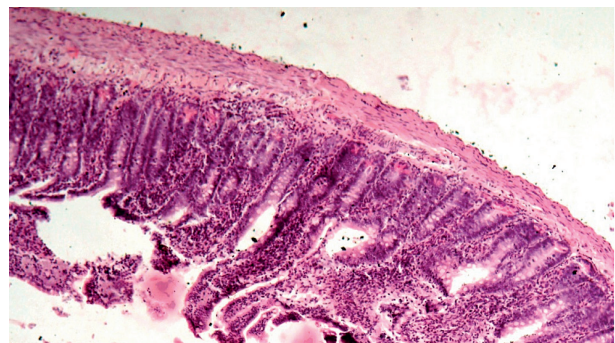


Рисунок 4 – Стінка тонкого кишечника. Забарвлення гематоксином та еозином. Збільшення: ок x10; об x10.

ника. Строма ворсин набрякла, в ній міститься велика кількість макрофагів і лімфоцитів.

При цитоморфометрії епітелію тонкого кишечника висота ентероцитів ворсин в контрольній групі складала 24,65 мкм, в першу годину після баротравми складала 26,35 мкм – збільшення висоти ентероцитів ворсин на 6,9%. Висота ентероцитів крипт в контрольній групі складала 22,42 мкм, в першу годину після баротравми складала 25,34 мкм – збільшення висоти ентероцитів крипт на 13,02%. Площа келихоподібних клітин в контрольній групі складала 71,25 мкм², в першу годину після баротравми складала

76,35 мкм² – збільшення площі келихоподібних клітин на 7,16%.

Висновки.

При наших дослідженнях було встановлено що різні варіанти розгалуження брижових артерій, можуть суттєво впливати на перебіг посттравматичного процесу при травматизації кишечника, різної етіології. Це підтверджується і змінами при гістологічному дослідженні стінки кишечника.

Перспективи подальших досліджень.

Встановити кореляційні зв'язки між особливостями кровопостачання і змінами стінки кишечника при баротравмі.

References / Література

1. Turégano-Fuentes F, Pérez-Díaz D, Sanz-Sánchez M, Alfici R, Ashkenazi I. Abdominal blast injuries: different patterns, severity, management, and prognosis according to the main mechanism of injury. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2014;40(4):451-460. DOI: [10.1007/s00068-014-0397-4](https://doi.org/10.1007/s00068-014-0397-4).
2. Khan M, Jamil Z, Ehsan L, Zulqarnain F, Srivastava S, Siddiqui S, et al. Quantitative Morphometry and Machine Learning Model to Explore Duodenal and Rectal Mucosal Tissue of Children with Environmental Enteric Dysfunction. *Am J Trop Med Hyg.* 2023;108(4):672-683. DOI: [10.4269/ajtmh.22-0063](https://doi.org/10.4269/ajtmh.22-0063).
3. Haussner F, Maitz A, Rasche V, Hoffmann A, Braumüller S, Lupu L, et al. Intestinal damage and immune response after experimental blunt abdominal trauma. *Shock.* 2022;58(4):332-340. DOI: [10.1097/SHK.0000000000001986](https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001986).
4. Maitz A, Haussner F, Braumüller S, Hoffmann A, Lupu L, Wachter U, et al. Temporal-spatial organ response after blast-induced experimental blunt abdominal trauma. *FASEB J.* 2021;35(12):e22038. DOI: [10.1096/fj.2021.00995R](https://doi.org/10.1096/fj.2021.00995R).
5. El-Menyar A, Abdelrahman H, Al-Hassani A, Peralta R, AbdelAziz H, Latifi R, et al. Single versus multiple solid organ injuries following blunt abdominal trauma. *World J Surg.* 2017;41(11):2689-2696. DOI: [10.1007/s00268-017-4087-3](https://doi.org/10.1007/s00268-017-4087-3).
6. Baryshev AG, Bogdanov SB, Grigorov SP, Mukhanov ML. Surgical treatment of a patient with mine blast abdominal injury complicated by damage to the duodenum. *Khirurgiia (Mosk).* 2021;(12):111-117. DOI: [10.17116/hirurgia2021121111](https://doi.org/10.17116/hirurgia2021121111).
7. Atıcı A, Özkan M, Çelikkaya ME, Akçora B. Successful treatment of major abdominal trauma in a 9-year-old male due to bomb explosion. *Chirurgia (Bucur).* 2020;115(5):690-694. DOI: [10.21614/chirurgia.115.5.690](https://doi.org/10.21614/chirurgia.115.5.690).
8. Torba M, Gjata A, Rulli F, Kajo I, Ceka S, Mici A. Blunt abdominal trauma following gunshot wound Case report and literature review. *Ann Ital Chir.* 2018;7:S2239253X1802830X.
9. Quaglino F, Evangelista A, Breda M, Ruscio S, Collo G, Cestino L, et al. Surgical multidisciplinary approach to a complex war case with urological, colorectal and orthopaedics lesions. *Trauma Case Rep.* 2025;58:101200. DOI: [10.1016/j.tcr.2025.101200](https://doi.org/10.1016/j.tcr.2025.101200).
10. Salim A, Ahmed R, Aziz A, Dogar SA. Successful recovery in a paediatric patient with polytrauma following multiple gunshot wounds: case report and review of literature. *J Pak Med Assoc.* 2020;70(1)(2):S122-S124.

ОСОБЛИВОСТІ КРОВОПОСТАЧАННЯ ТА БУДОВИ ТОНКОГО КИШЕЧНИКА І ЙОГО РОЛЬ ПРИ ВИБУХОВІЙ ТРАВМІ

Кошарний В. В., Абдул – Огли Л. В., Кушнарєва К. А., Козловська Г. О.

Резюме. Вибухова травма органів черевної порожнини належить до найбільш тяжких і складних видів пошкоджень, що супроводжуються високою летальністю та значними діагностичними труднощами. Клінічні спостереження свідчать, що під час вибухо-індукованих ушкоджень черевної порожнини найбільш уразливими виявляються порожнисті органи, насамперед кишечник. Дані свідчать, що вибухова травма кишечника характеризується комплексом первинних і відтермінованих морфофункціональних ушкоджень, які суттєво відрізняють її від інших типів механічної травми. Поєднання механічного імпульсу, ішемії, запальної відповіді та порушення бар'єрної функції створює унікальний патогенетичний профіль, що вимагає подальших фундаментальних та клінічних досліджень. Метою роботи було визначити особливості кровопостачання і морфологічних параметрів кишечника білих щурів. Дослідження проведено на статевозрілих безпородних білих щурах масою 180-200 г, яких поділили на контрольну та експериментальну групи. Тваринам контрольної групи вводили тіопенталовий наркоз та здійснювали фіксацію без моделювання травми. Щурам експериментальної групи в умовах тіопенталового наркозу відтворювали модель абдомінальної баротравми. Евтаназію проводили у три часові точки: протягом першої години після травмування, на шосту добу та на чотирнадцяту добу. Усі маніпуляції виконували згідно з нормами гуманного поводження з лабораторними тваринами, відповідно до вимог Європейського співтовариства та Гельсінкської декларації.

У межах нашого дослідження ми проаналізували особливості кровопостачання тонкого кишечника та визначили, як тип розгалуження артеріальних судин впливає на перебіг травматичних ушкоджень цього органа.

При мікроскопічному дослідженні тонкого відділу кишечника білих щурів, у слизовій оболонці тонкого кишечника дослідної групи тварин на верхівках ворсинок спостерігалася інтенсивна десквамація ентероцитів в просвіті кишечника. Строма ворсин набрякла, в ній міститься велика кількість макрофагів і лімфоцитів.

При наших дослідженнях було встановлено що різні варіанти розгалуження брижових артерій, можуть суттєво впливати на перебіг посттравматичного перебігу при травматизації кишечника, різної етіології. Це підтверджується і змінами при гістологічному дослідженні стінки кишечника.

Ключові слова: травна трубка, тонка кишка, кишкова стінка, слизова оболонка, крипти, ворсинки, морфометрія, судини.

PECULIARITIES OF BLOOD SUPPLY AND STRUCTURE OF THE SMALL INTESTINE AND ITS ROLE IN BLAST INJURY

Kosharniy V. V., Abdul – Ogly L. V., Kushnaryova K. A., Kozlovskaya G. O.

Abstract. Blast trauma to the abdominal organs is one of the most severe and complex types of injuries, accompanied by high mortality and significant diagnostic difficulties. Clinical observations show that during blast-induced injuries to the abdominal cavity, hollow organs, primarily the intestines, are the most vulnerable. The data show that blast trauma to the intestines is characterized by a complex of primary and delayed morphofunctional injuries, which significantly distinguish it from other types of mechanical trauma. The combination of mechanical impulse, ischemia, inflammatory response and impaired barrier function creates a unique pathogenetic profile, which requires further fundamental and clinical research. The aim of the work was to determine the features of blood supply and morphological parameters of the intestines of white rats. The study was conducted on sexually mature outbred white rats weighing 180-200 g, which were divided into control and experimental groups. The animals of the control group were administered thiopental anesthesia and fixed without simulation of trauma. The rats of the experimental group were given a model of abdominal barotrauma under thiopental anesthesia. Euthanasia was performed at three time points: within the first hour after injury, on the sixth day and on the fourteenth day. All manipulations were performed in accordance with the standards of humane treatment of laboratory animals, in accordance with the requirements of the European Community and the Declaration of Helsinki.

Within the framework of our study, we analyzed the features of the blood supply to the small intestine and determined how the type of arterial branching affects the course of traumatic injuries to this organ.

During microscopic examination of the small intestine of white rats, in the mucous membrane of the small intestine of the experimental group of animals at the tips of the villi, intensive desquamation of enterocytes into the intestinal lumen was observed. The stroma of the villi was swollen, it contained a large number of macrophages and lymphocytes.

Our studies have shown that different variants of mesenteric artery branching can significantly affect the course of post-traumatic course in intestinal trauma of various etiologies. This is confirmed by changes in histological examination of the intestinal wall.

Key words: digestive tube, small intestine, intestinal wall, mucous membrane, crypts, villi, morphometry, vessels.

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

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

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

Kushnaryova K. A.: <https://orcid.org/0000-0002-6827-5313>^{EF}

Kozlovska G. O.: <https://orcid.org/0000-0003-4422-704X>^{EF}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

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

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Kosharnyi Volodymyr Vitaliyovych / Кошарний Володимир Віталійович
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.: +380505686448 / Тел.: +380505686448
E-mail: kosha.v@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 17.07.2025 / Стаття надійшла 17.07.2025 року
Accepted 10.11.2025 / Стаття прийнята до друку 10.11.2025 року

DOI 10.29254/2077-4214-2025-4-179-325-333

UDC 616.727.3:611

Kosharniy V. V., Abdul – Ogly L. V., Nosyvets D. S., Shevchenko I. V., Gruz V. V.

ANATOMICAL BASIS FOR SURGICAL APPROACHES TO THE ELBOW JOINT

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

kosha.v@ukr.net

Restoration of elbow joint function after traumatic and degenerative-dystrophic lesions depends on the nature and mechanism of injury, the degree of involvement of bone, capsular-ligamentous and soft tissue structures, as well as the presence of concomitant injuries of the neurovascular structures of the upper limb. An important role in achieving favorable functional results is played by the choice of optimal surgical access to the elbow joint, which should provide adequate visualization of the affected anatomical areas and the possibility of a full revision of the articular surfaces. The anatomical justification of surgical accesses during operations on the elbow joint is based on taking into account the complex topography of the joint, the close location of the main nerves and vessels, as well as the peculiarities of the spread of post-traumatic changes. To optimize the choice of access, a comprehensive