

DYNAMICS OF MORPHOMETRIC INDICATORS OF THE RAT KIDNEY AFTER EXPLOSION-INDUCED EXPERIMENTAL INJURY

Dnipro State Medical University (Dnipro, Ukraine)

kosha.v@ukr.net

Blast trauma is one of the most common and dangerous forms of mechanical injuries that can occur during combat operations, terrorist attacks, industrial accidents or other emergencies. The kidneys, as one of the key organs of the homeostasis system, play a crucial role in maintaining the physiological balance of the body, and their damage can lead to serious disorders, such as acute renal failure, electrolyte imbalance and intoxication. Thus, the study of the impact of blast trauma on the kidneys is extremely relevant, as it is aimed at improving the understanding of the pathogenesis of injuries, developing new methods of diagnosis and treatment, as well as reducing the risk of severe complications that threaten the lives of patients. The aim of the study was to investigate the features of the dynamics of morphometric indicators of renal corpuscles of the kidney after shock wave exposure in the acute, early and late periods in comparison with the control group. In our studies, it was found that under conditions of experimental exposure, significant morphometric changes in the renal corpuscle and glomerulus are observed. In the acute period, edema predominates, which leads to an increase in the diameters and area of the glomerulus. In the early period, the condition worsens due to tissue destruction, which is expressed in a decrease in the area of the glomerulus and an expansion of the space between the glomerulus and the capsule. In the late period, destructive processes progressed, but some indicators partially recovered, remaining higher than normal. These indicators are consistent with morphological changes in the structure of the nephron components, which were considered in our work.

Key words: kidneys, rats, nephron, renal corpuscle, glomerulus, renal corpuscle capsule, blast wave, experiment, trauma, morphometry.

Connection of the publication with planned research works.

The study was conducted within the framework of the scientific theme 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.

Today, an extremely complex problem of post-traumatic injuries arises after the impact of a blast wave on the organs of the urinary system [1]. The development of post-traumatic injuries depends on factors that have a significant impact on the morphological features of the kidneys and morphometric indicators of renal corpuscles [2, 3]. Therefore, it is necessary to further study not only the morphological features of the structure of the rat kidneys and its changes after the impact of a blast wave, but also to analyze morphometric studies of renal corpuscles and trace the dynamics under conditions of explosion-induced injury [4, 5]. Understanding the nature of morphological changes and possible adaptive reactions of the kidneys under the influence of a blast wave will make it possible to solve the issue of increasing resistance and improve measures for blast injuries of the kidneys and improve emergency care for victims [3, 6]. The literature available to us contains experimental studies on the effects of various substances on kidney morphology in rats, but there is no comprehensive study of the effects of a blast wave on the kidney parenchyma, their nature, sequence of formation and detailed morphometric indicators of these changes at different times under conditions of experimental trauma [7,8]. Therefore, given the insufficient amount of data on the morphometric features of renal corpuscles that arise after exposure to shock wave effects and their

comparative characteristics, this topic is relevant and requires more in-depth study.

The aim of the study.

To investigate the features of the dynamics of morphometric indicators of renal corpuscles of the kidney after shock wave exposure in the acute, early and late periods in comparison with the control group.

Object and research methods.

The object of the study – the kidneys of 100 laboratory rats. The rats were divided into three experimental groups, relative to the time elapsed after the explosion – the first, seventh and fourteenth day and the control group. First, using a general anesthetic agent, which has an analgesic and muscle relaxant effect and is a fluorinated liquid inhalation anesthetic (which has been used for anesthesia in obstetrics since 1950) – halothane – C₂HBrClF₃, we prepared the rats for the impact of the blast wave. The effect of halothane ranged from 0.025 to 0.4 MAC (MAC – minimum alveolar anesthetic concentration – is the concentration at which 50% of the subjects do not react to painful stimuli). The rat was placed in a flask with halothane, after which it acted for a minute, after which the rat was fixed and subjected to the shock wave, which took no more than 5 minutes, after which the rats were removed from the experiment. The shock wave effect on the animal's kidneys was carried out using a figured metal structure with a clamp according to the patented method (pat. 146858 Ukraine, МРК G09B23/28) (fig. 1A). The experimental study was conducted in compliance with the requirements of humane treatment of experimental animals regulated by the Law of Ukraine “On the Protection of Animals from Cruelty” (No. 3447 – IV of 21.02.2006) and compliance with the “General Ethical Principles of Animal Experiments”, approved by the First National Congress on Bioethics (Kyiv, 2001), in accordance with the provisions of the “European Convention for the

Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes” (Strasbourg, 1987) [9]. Photo-optical examination of micropreparations was carried out under a “Leica DM 1000 LED” microscope. The obtained digital data were processed using non-parametric methods (Kruskal-wallis criterion and Mann-whitnew test) [10]. When studying the kidneys, the following morphometric measurements were performed: diameter of renal corpuscles, diameter of vascular glomeruli (arithmetic mean of two mutually perpendicular lines passing through the center of the vascular glomerulus), area of renal corpuscles, area of vascular glomeruli, area of cavities (**fig. 1B**). During the work, due to the impact of the blast wave, not a single experimental animal died. After that, the rats were operated on the first, seventh and fourteenth day after leaving the experiment. Under general anesthesia (intraperitoneal administration of sodium thiopental – 5 mg/kg of body weight, a median laparotomy was performed and material from one kidney was taken).

Variational statistical processing of the study results was performed using the program «STATISTICA 10» Enterprise Portable (2011, ENG) with the determination of the main variational indicators: mean value (M), standard error (m) and standard deviation (σ). The reliability of the obtained results was determined using the Student’s test. The odds ratio (OR), standard error and 95% confidence interval (CI) were calculated using the MedCalc calculator.

Research results and their discussion.

As a result of the study on the first day in experimental rats, we observed the appearance of renal corpuscles with a more pronouncedly expanded vascular glomerulus, which occupies a larger plane relative to the capsule (**fig. 2**). On the seventh day of the experiment, we observed a characteristic histological feature in the components of the renal corpuscle – fragmentation of the vascular glomerulus loops (**fig. 3 A, B**).

On the fourteenth day after the impact of the blast wave, deformed renal corpuscles were observed,

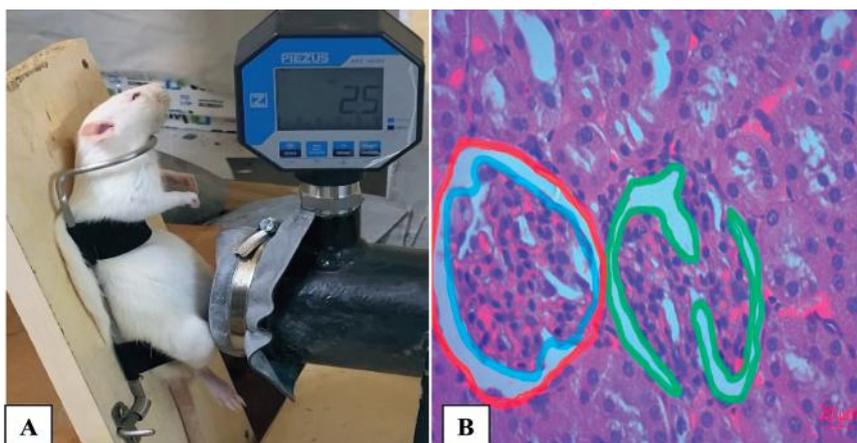


Figure 1 – A – Device for fixing and studying the effect of the explosion shock wave on the kidneys after the impact of the shock wave; B – An indicative scheme for measuring morphometric indicators of rat kidneys, where blue color is the border of the vascular glomerulus, red color is the border of the Shumlyansky-Bowman capsule and green color is the border of the cavities.

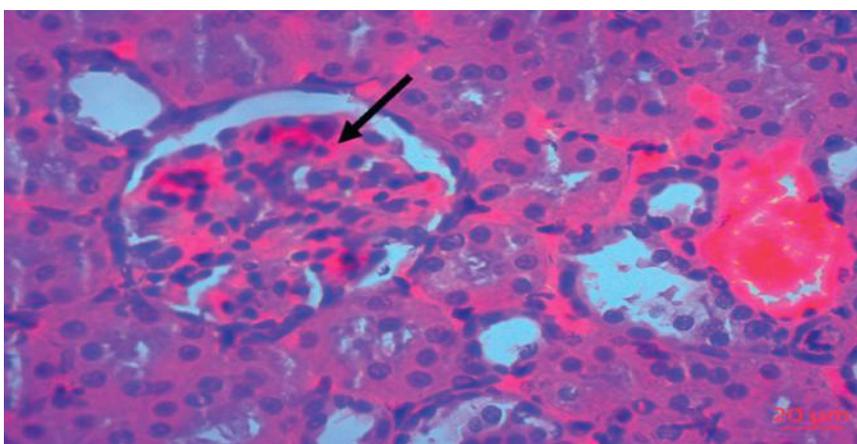


Figure 2 – Histological frontal section of the kidney of a sexually mature rat on the first day after exposure. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: okh×10; obh×40. Designation: arrow – renal corpuscle.

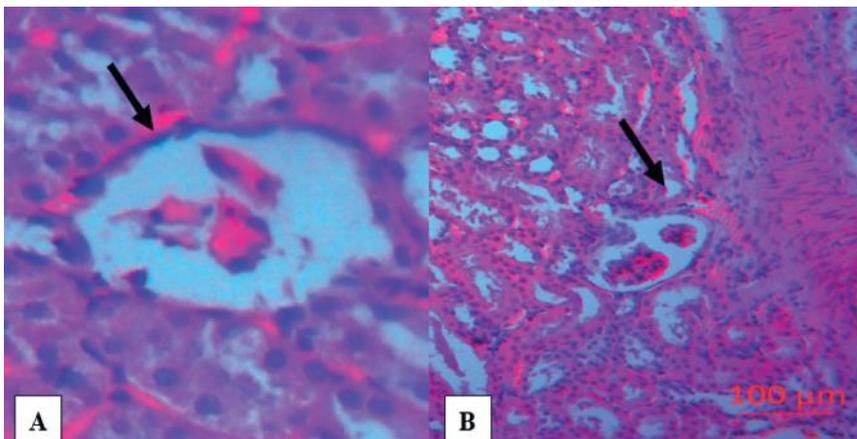


Figure 3 – Microscopic structure of renal corpuscles on the seventh day of the experiment. Hematoxylin-eosin staining. Magnification: A –okh×10; obh×40; B – okh×4; obh×10. Designations: arrow – fragmentation of the loops of the capillary glomeruli of the renal corpuscles.

in which the glomerular capsule is not completely separated and a special feature is the fusion of the corpuscles with the surrounding substance, i.e., the complete absence of the boundary between the capsule and the cells of the capillary glomerulus, flattening of individual loops of the capillary glomerulus (**fig. 4**) was observed. All these histological changes had manifestations and consequences in relation to the morphometric indicators, the dynamics of which we

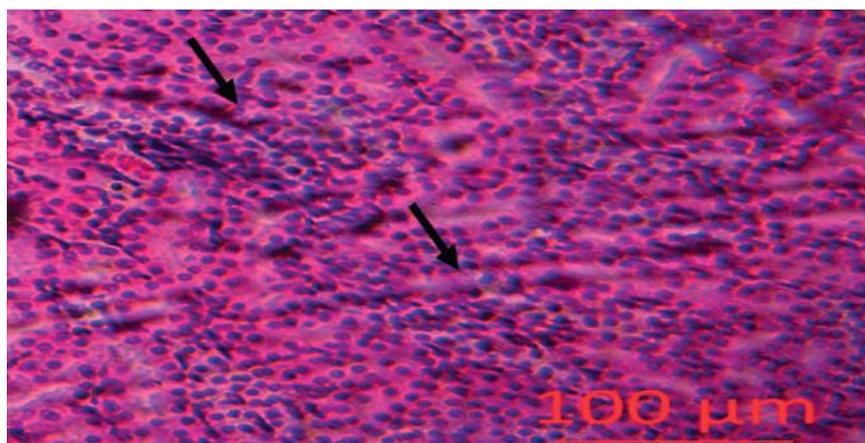


Figure 4 – Microscopic structure of the rat kidney on the fourteenth day after exposure to a blast wave. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: okh x4; obh x40. Designation: arrow – renal corpuscles in a pathological state (complete absence of the boundary between the capsule and the cells of the capillary glomerulus).

Table – Dynamics of morphometric indicators of rat renal corpuscles after shock wave exposure (N=25)

Indicator	Control (M±SD)	Acute period (1 day)	Early period (7 days)	Late period (14 days)	Value p (p-value)
Diameter of renal corpuscle, μm	78,0±2,0	85,8±2,2	82,0±2,1	80,0±2,0	0,003
Diameter of glomerulus, μm	71,0±1,5	83,1±1,7	78,5±1,6	74,6±1,5	0,001
Area of renal corpuscle, μm ²	4776,5±150,0	5780,5±165,0	5281,0±157,5	5026,5±152,0	0,002
Area of glomerulus, μm ²	3959,2±120,0	5423,7±156,0	4839,8±80,0	4370,5±95,0	0,001
Area of cavity, μm ²	817,3±50,0	356,8±45,0	441,2±65,0	656,0±60,0	0,005

traced. Thus, the morphometric indicators of the kidneys and nephron structures of the control and experimental groups have characteristic differences.

As a result of the analysis of morphometric indicators, it was found that in the acute period there is a significant increase in the diameters of the renal corpuscle and glomerulus. Thus, the diameter of the renal corpuscle increased by 10% compared to the control (from 78.0 μm to 85.8 μm), and the diameter of the glomerulus – by 17% (from 71.0 μm to 83.1 μm). This indicates the development of edema, as a result of the reaction of the microscopic structure of the kidneys to blast injury, and the glomerular area increased by 1.37 times (by 37%)

increased by 22% compared to the control (from 3959.2 μm² to 4839.8 μm²). At the same time, the cavity area increased 1.24 times (by 24%) compared to the first day (from 356.8 μm² to 441.2 μm²), but remained reduced by 46% compared to the control (from 817.3 μm² to 441.2 μm²), which indicated the progression of destructive processes at the microscopic level of renal corpuscles. On the fourteenth day of the experiment, we found that destructive processes progressed, but some indicators partially recovered compared to the seventh day (fig. 5 A, B).

The diameter of the renal corpuscle remained increased by 2.6% compared with the control (from 78.0 μm to 80.0 μm), but compared with the first day it decreased by 6.8% (from 85.8 μm to 80.0 μm), and compared with the seventh day – by 2.4% (from 82.0 μm to 80.0 μm). Similar changes were observed for the glomerular diameter: it increased by 5.1% compared to the control (from 71.0 μm to 74.6 μm), but compared to the first day it decreased by 10.2% (from 83.1 μm to 74.6 μm), and compared to the seventh day – by 5% (from 78.5 μm to 74.6 μm). The glomerular area decreased by 1.24 times (by 19%) compared to the first day (from 5423.7

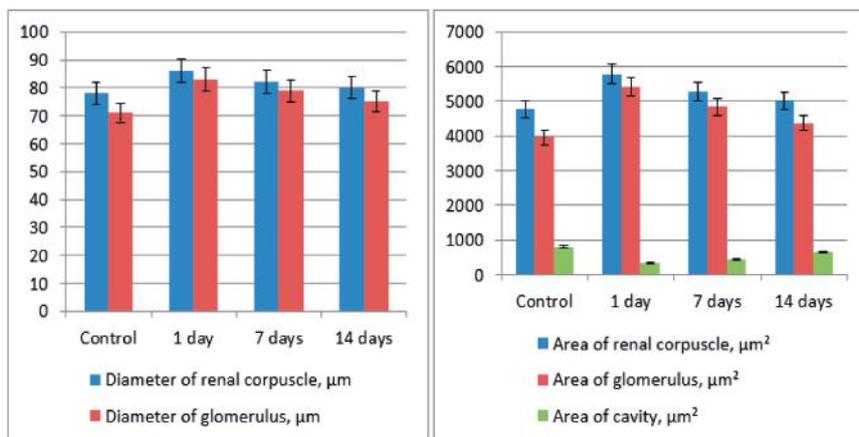


Figure 5 – Dynamics of morphometric indicators of renal corpuscles of rat kidneys on the first, seventh, fourteenth day of the experiment compared with the control group (μm).

Note: p<0.05.

μm^2 to $4370.5 \mu\text{m}^2$), but remained increased by 10.4% compared to the control (from $3959.2 \mu\text{m}^2$ to $4370.5 \mu\text{m}^2$). At the same time, the cavity area increased 1.48 times (by 48%) compared to the first day (from $356.8 \mu\text{m}^2$ to $656.0 \mu\text{m}^2$), but remained reduced by 19.7% compared to the control (from $817.3 \mu\text{m}^2$ to $656.0 \mu\text{m}^2$). This indicates a partial restoration of the structure, but the preservation of pathological changes.

Conclusions.

Thus, the conditions of the simulated shock wave explosion in the three experimental groups were reflected in the morphometric indicators of the renal corpuscles of the rats' kidneys in the experiment. The morphometric data of the renal corpuscles at different stages of the experimental impact had significant features in relation to the term of impact. We established that on the first, seventh and fourteenth days, changes in the morphometric indicators of the renal corpuscle occur, which reflect the pathological processes caused by the impact of the blast wave. At the histological level in the constituent structures of the nephron, especially in the glomerulus and capsule, these changes were characterized by violations of the boundary between the capillaries and the wall of the renal corpuscle capsule, expansion of the glomerulus capillaries on the first day

and its specific fragmentation – on the seventh day and dystrophic changes in the deformation of the renal corpuscles in the late period under the experimental conditions.

These processes are reflected in the morphometric changes that occur at the nephron level under experimental conditions. Our studies have shown that under experimental conditions, significant morphometric changes are observed in the renal corpuscle and glomerulus. In the acute period, edema predominates, which leads to an increase in the diameters and area of the glomerulus. In the early period, the condition worsens due to tissue destruction, which is expressed in a decrease in the area of the glomerulus and an expansion of the space between the glomerulus and the capsule. In the late period, destructive processes progressed, but some indicators partially recovered, remaining higher than normal. These indicators are consistent with the morphological changes in the structure of the nephron components that were considered in our work.

Prospects for further research.

In the future, it is planned to conduct a comparative analysis of all changes that are characteristic of blast-induced injury to the renal parenchyma.

DOI 10.29254/2077-4214-2025-1-176-436-443

УДК 612.46:616-001.31-007.23-092.9:534.222.2

Кошарний В. В., Каграманян А. К.

ДИНАМІКА МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НИРКИ ЩУРА ПІСЛЯ ВИБУХОВОІНДУКОВАНОЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТРАВМИ
Дніпровський державний медичний університет (м. Дніпро, Україна)

kosha.v@ukr.net

Вибухова травма – одна з найпоширеніших і найнебезпечніших форм механічних ушкоджень, які можуть виникнути під час бойових дій, терористичних актів, промислових аварій чи інших надзвичайних ситуацій. Нирки, як один з ключових органів системи гомеостазу, відіграють вирішальну роль у підтримці фізіологічного балансу організму, а їх пошкодження може призвести до серйозних порушень, таких як гостра ниркова недостатність, електролітний дисбаланс та інтоксикація. Таким чином, дослідження впливу вибухової травми на нирки є надзвичайно актуальним, оскільки спрямоване на поглиблення розуміння патогенезу пошкоджень, розробку нових методів діагностики та лікування, а також зниження ризику розвитку тяжких ускладнень, що загрожують життю пацієнтів. Метою дослідження було визначення особливостей динаміки морфометричних показників ниркового тільця нирки після впливу ударної хвилі в гострому, ранньому та пізньому періодах порівняно з контрольною групою. У наших дослідженнях встановлено, що за умов експериментального впливу спостерігаються значні морфометричні зміни ниркового тільця та клубочків. У гострому періоді переважає набряк, що призводить до збільшення діаметрів і площі клубочків. У ранньому періоді стан погіршується за рахунок деструкції тканин, що виражається в зменшенні площі клубочка і розширенні простору між клубочком і капсулою. У пізньому періоді деструктивні процеси прогресували, але деякі показники частково відновлювалися, залишаючись вищими за норму. Ці показники узгоджуються з морфологічними змінами в структурі компонентів нефрона, які були розглянуті в нашій роботі.

Ключові слова: нирки, щури, нефрон, ниркове тільце, судиний клубочок, капсула ниркового тільця, вибухова хвиля, експеримент, травма, морфометрія.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

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

Вступ.

На сьогодні, виникає надзвичайно складна проблема посттравматичних ушкоджень після впливу вибухової хвилі на органи сечової системи [1]. Розвиток посттравматичних ушкоджень залежить від факторів, які мають суттєвий вплив на морфологічні особливості нирок та морфометричні показники ниркових тілець [2, 3]. Тому потрібно подальше вивчення не тільки

ки морфологічної особливості будови нирок щурів та її зміни після впливу вибухової хвилі, а і проаналізувати морфометричні дослідження ниркових тілець та прослідити динаміку в умовах вибуховоіндукованої травми [4, 5]. Розуміння характеру морфологічних змін та можливих адаптаційних реакцій нирок при впливах вибухової хвилі дасть можливість вирішувати питання підвищення резистентності та змогу вдосконалити заходи при вибухових травмах нирок та поліпшити невідкладну допомогу постраждалим [6, 3]. В доступній нам літературі є експериментальні дослідження по впливу різних речовин на морфологію нирок у щурів, але немає комплексного вивчення наслідків вибухової хвилі на паренхіму нирок, їх характер, послідовність формування та детальні морфометричні показники цих змін у різні терміни в умовах експериментальної травми [7, 8]. Отже, враховуючи недостатню кількість даних про морфометричні особливості ниркових тілець, які виникають після впливу ударно – хвильового впливу та їх порівняльну характеристику, ця тема є актуальною та потребує більш глибокого вивчення.

Мета дослідження.

Дослідити особливості динаміки морфометричних показників ниркових тілець нирки після впливу ударної хвилі у гострій, ранній та пізній періоди у зрівнянні з контрольною групою.

Об'єкт і методи дослідження.

Об'єкт дослідження – нирки 100 лабораторних щурів. Щури були розподілені на три експериментальні групи, відносно часу, який пройшов після вибуху – перша, сьома та чотирнадцята доба та контрольну групу. Спочатку, за допомогою засобу для загальної анестезії, який чинить анальгезуючу і міорелаксуючу дію і є фторованим жидким інгаляційним анестетиком (який використовується для анестезії в акушерстві з 1950 року) – галотан – C₂HBrClF₃, ми підготували щурів до впливу вибухової хвилі. Вплив галотану коливався в межах 0,025-0,4 МАК (МАК – мінімальна альвеолярна анестетична концентрація – це концентрація, при якій 50% обстежених не реагують на болючі подразники). Щура поміщали у колбу із галотаном, після якого за хвилину він діяв, після чого щура фіксували і призводили вплив ударної хвилі, що займало не більше 5 хвилин, після чого, щурів виводили з експерименту. Вплив ударної хвилі на нирки тварин проводили за допомогою

сту хребетних тварин, які використовуються в експериментальних та інших наукових цілях» (Страсбург, 1987) [9]. Світлооптичне дослідження мікропрепаратів проводили під мікроскопом « Leica DM 1000 LED». Отримані цифрові дані обробляли з використанням непараметричних методів (критерій Kruskal-wallis і тест Mann-whitnew) [10]. При дослідженні нирок проводили наступні морфометричні вимірювання: діаметр ниркових тілець, діаметр судинних клубочків (середнє арифметичне значення двох взаємно перпендикулярних ліній, які проходять через центр судинного клубочку), площа ниркових тілець, площа судинних клубочків, площа порожнин (рис. 1Б). За час проведення роботи внаслідок впливу вибухової хвилі, ні одна експериментальна тварина не вмерла. Після чого щурів оперували на першу, сьому та чотирнадцяту добу після виходу з експерименту. Під загальним знеболенням (внутрішньоперитональне введення тіопенталу натрію – 5 мг/кг маси тіла, проводилася серединну лапаротомію та забір матеріалу однієї нирки).

Варіаційно-статистичне оброблення результатів дослідження було виконане за допомогою програми «STATISTICA 10» Enterprise Portable (2011, ENG) з визначенням основних варіаційних показників: середня величина (M), середня похибка (m) та середнє квадратичне відхилення (σ). Достовірність отриманих результатів визначали за допомогою критерію Стьюдента. Відношення шансів (ВШ), стандартну похибку та 95% довірчий інтервал (ДІ) розраховували за допомогою калькулятора MedCalc.

Результати дослідження та їх обговорення.

У результаті дослідження на першу добу у експериментальних щурів ми спостерігали появу ниркових тілець з більш виражено розширеним судинним клубочком, який займає більш площину відносно капсули (рис. 2). На сьому добу експерименту ми спостерігали характерну гістологічну рису у складових ниркового тільця – фрагментацією петель судинного клубочка (рис. 3 А, Б).

На чотирнадцяту добу після впливу вибухової хвилі спостерігали деформовані ниркові тільця, в яких не відокремлюється зовсім капсула клубочка та особливою ознакою є злиття тілець з навколишньої розташованої речовиною, тобто спостерігали зовсім відсутність межі між капсулою та клітинами капи-

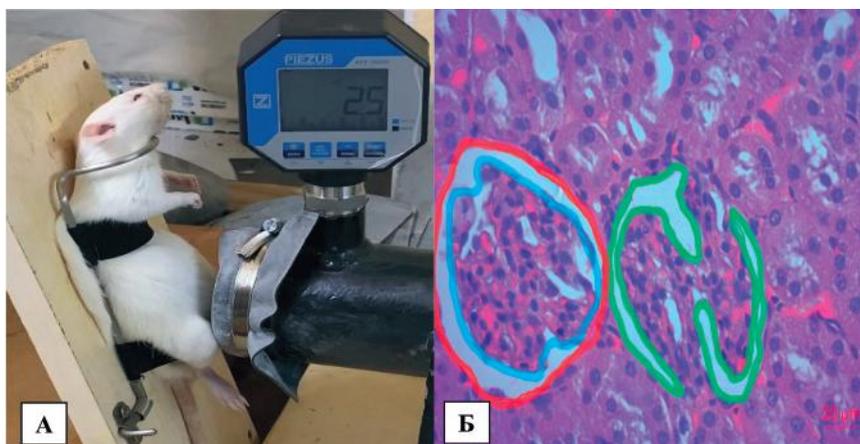


Рисунок 1 – А – Пристрій для фіксації та дослідження дії на нирки ударної хвилі вибуху після впливу ударної хвилі; Б – Показова схема вимірювання морфометричних показників нирок щурів, де блакитний колір – межа судинного клубочка, червоний колір – межі капсули Шумлянського-Боумана та. Зелений колір – межі порожнин.

лярного клубочка, сплющення окремих петель капілярного клубочка (рис. 4). Всі ці гістологічні зміни мали прояви і наслідки відносно морфологічних показників, динаміку яких ми прослідкували. Так морфометричні показники нирок та структур нефрону контрольної та експериментальних груп мають характерні відмінності.

У результаті аналізу морфометричних показників було виявлено, що в гострому періоді спостерігається значне збільшення діаметрів ниркового тіла та клубочка. Так, діаметр ниркового тіла збільшився на 10% порівняно з контролем (з 78,0 мкм до 85,8 мкм), а діаметр клубочка – на 17% (з 71,0 мкм до 83,1 мкм). Це свідчить про розвиток набряку, внаслідок реакції мікроскопічної будови ниркових на вибухову травму, а площа клубочка збільшувалась у 1,37 рази (на 37%) порівняно з контролем (з 3959,2 мкм² до 5423,7 мкм²), що підтверджує гіпертрофію клубочка. Одночасно площа порожнини між клубочком і капсулою зменшувалась у 2,29 рази (на 56%) порівняно з контролем (з 817,3 мкм² до 356,8 мкм²), що вказує на звуження простору завдяки набряку. На сьому добу експерименту було виявлено погіршення стану ниркового тіла та клубочка порівняно з першою добою після експерименту (табл.).

Діаметр ниркового тіла залишався збільшеним на 5% порівняно з контролем (з 78,0 мкм до 82,0 мкм), але порівняно з першою добою він зменшився на 4,4% (з 85,8 мкм до 82,0 мкм). Аналогічні зміни спостерігалися для діаметра клубочка: він збільшився на 10,6% порівняно з контролем (з 71,0 мкм до 78,5 мкм), але порівняно з першою добою зменшився на 5,5% (з 83,1 мкм до 78,5 мкм). Варто відзначити, що площа клубочка зменшувалась у 1,22 рази (на 18%) порівняно з першою добою (з 5423,7 мкм² до 4839,8 мкм²), але залишилась збільшеною на 22% порівняно з контролем (з 3959,2 мкм² до 4839,8 мкм²). Одночасно площа порожнини збільшилась у 1,24 рази (на 24%) порівняно з першою добою (з 356,8 мкм² до 441,2 мкм²), але залишалась зменшеною на 46% порівняно з контролем (з 817,3 мкм² до 441,2 мкм²), що свідчило про прогресування де-

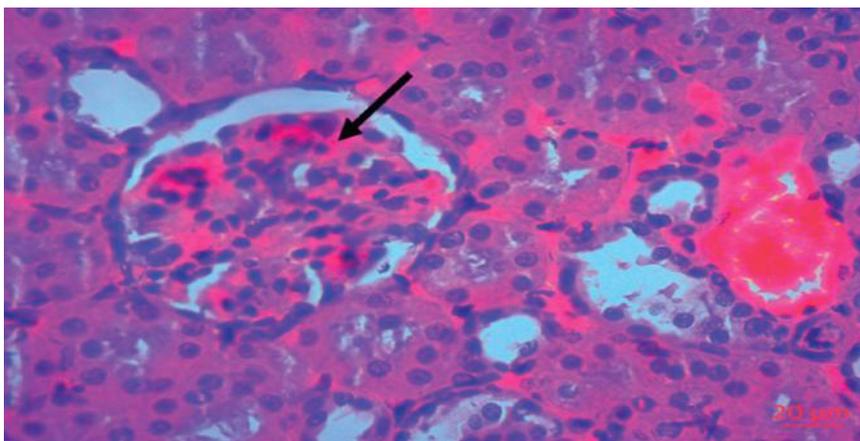


Рисунок 2 – Гістологічний фронтальний зріз нирки статевозрілого щура на першу добу після впливу. Забарвлення гематоксилин – еозин. Збільшення: ок х10; об х40. Позначення: стрілка – ниркове тільце.

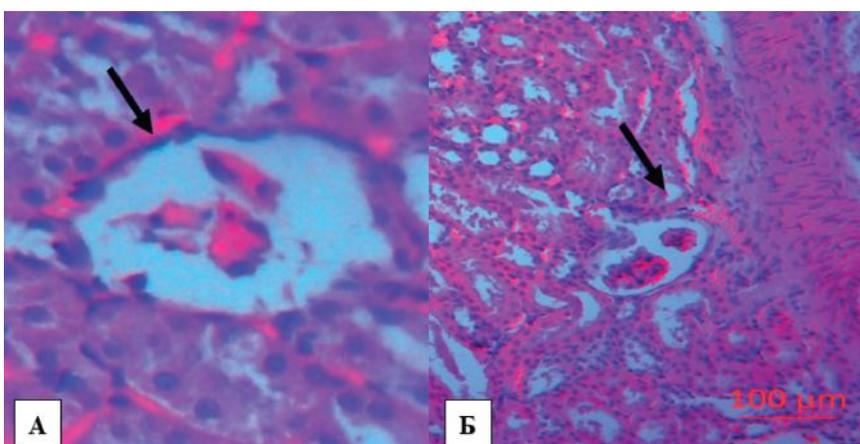


Рисунок 3 – Мікроскопічна будова ниркових тілець на сьому добу експерименту. Забарвлення гематоксилин – еозин. Збільшення: А – ок х10; об х40; Б – ок х4; об х10. Позначення: стрілка – фрагментація петель капілярних клубочків ниркових тілець.

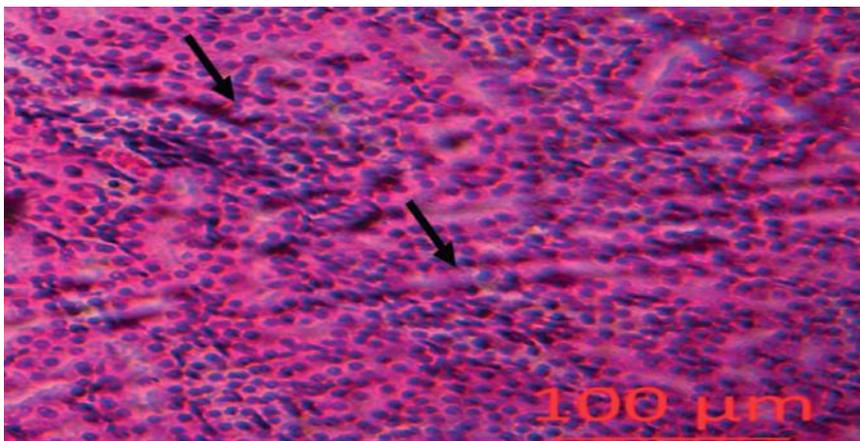


Рисунок 4 – Мікроскопічна будова нирки щура на чотирнадцяту добу після впливу вибухової хвилі. Забарвлення гематоксилин – еозин. Збільшення: ок х4; об х40. Позначення: стрілка – ниркові тільця у патологічному стані (зовсім відсутність межі між капсулою та клітинами капілярного клубочка).

структивних процесів на мікроскопічному рівні ниркових тілець. На чотирнадцяту добу експерименту ми встановили, що деструктивні процеси прогресували, але деякі показники частково відновилися порівняно з сьомою добою (рис. 5 А, Б).

Діаметр ниркового тіла залишався збільшеним на 2,6% порівняно з контролем (з 78,0 мкм до 80,0 мкм), але порівняно з першою добою він зменшився на 6,8% (з 85,8 мкм до 80,0 мкм), а порівняно з сьо-

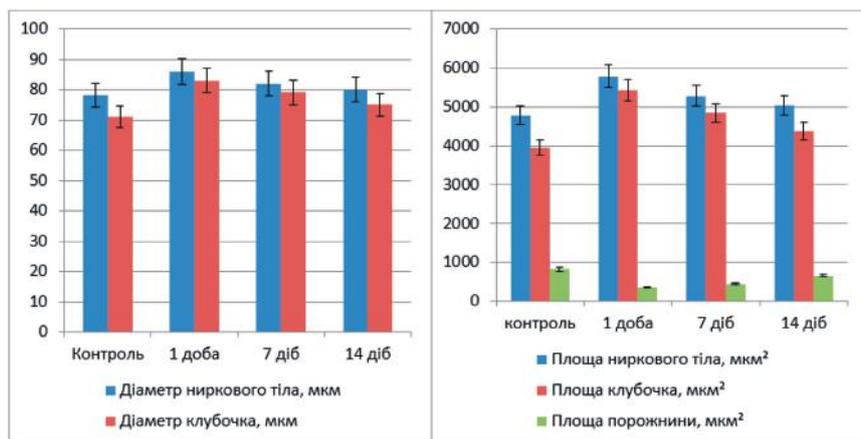


Рисунок 5 – Динаміка морфометричних показників ниркових тілець нирок щурів на першу, сьому, чотирнадцяту добу експерименту у порівнянні з контрольною групою (мкм).

Примітка: $p < 0,05$.

Таблиця – Динаміка морфометричних показників ниркових тілець щура після дії ударної хвилі (N=25)

Показник	Контроль (M±SD)	Гострий період (1 доба)	Ранній період (7 доба)	Пізній період (14 доба)	Значення p (p-value)
Діаметр ниркового тіла, мкм	78,0±2,0	85,8±2,2	82,0±2,1	80,0±2,0	0,003
Діаметр клубочка, мкм	71,0±1,5	83,1±1,7	78,5±1,6	74,6±1,5	0,001
Площа ниркового тіла, мкм ²	4776,5±150,0	5780,5±165,0	5281,0±157,5	5026,5±152,0	0,002
Площа клубочка, мкм ²	3959,2±120,0	5423,7±156,0	4839,8±80,0	4370,5±95,0	0,001
Площа порожнини, мкм ²	817,3±50,0	356,8±45,0	441,2±65,0	656,0±60,0	0,005

мою добою – на 2,4% (з 82,0 мкм до 80,0 мкм). Аналогічні зміни спостерігалися для діаметра клубочка: він збільшився на 5,1% порівняно з контролем (з 71,0 мкм до 74,6 мкм), але порівняно з першою добою зменшився на 10,2% (з 83,1 мкм до 74,6 мкм), а порівняно з сьомою добою – на 5% (з 78,5 мкм до 74,6 мкм). Площа клубочка зменшилася у 1,24 рази (на 19%) порівняно з першою добою (з 5423,7 мкм² до 4370,5 мкм²), але залишалася збільшеною на 10,4% порівняно з контролем (з 3959,2 мкм² до 4370,5 мкм²). Одночасно площа порожнини збільшилася у 1,48 рази (на 48%) порівняно з першою добою (з 356,8 мкм² до 656,0 мкм²), але залишалася зменшеною на 19,7% порівняно з контролем (з 817,3 мкм² до 656,0 мкм²). Це свідчить про часткове відновлення структури, але збереження патологічних змін.

Відображенням цих процесів є морфометричні зміни, які відбуваються на рівні нефрону в умовах експерименту. У наших дослідженнях було встановлено, що в умовах експериментального впливу спостерігаються суттєві морфометричні зміни ниркового тіла та клубочка. У гострий період переважає набряк, що призводить до збільшення діаметрів і площі клубочка. У ранній період стан погіршується через деструкцію тканин, що виражається у зменшенні площі клубочка та розширенні простору між клубочком і капсулою. У пізній період деструктивні процеси прогресували, але деякі показники частково відновилися, залишаючись вищими за норму. Ці показники узгоджуються з морфологічними змінами у будові складових нефрону, які були розглянуті у нашій роботі.

Перспективи подальших досліджень.

У подальшому планується провести порівняльний аналіз усіх змін, які є характерними для вибухової травми на паренхіму нирок.

References / Література

1. Parcer GA, Picut CAeditors. Atlas of Histology of the Juvenile Rat. Hillsborough: Academic Press; 2016. Chapter 13, Urinary System; p. 395-421.
2. Kozlova YuV, Kosharnij AV, Korzachenko MA, Kytova IV. Retrospective analysis and current state of experimental models of blast-induced trauma. Ukr J Med Biol Sport. 2020;5(6):66-71.
3. Wood-Bradley RJ, Barrand S, Giot A, Armitage JA. Understanding the role of maternal diet on kidney development; an opportunity to improve cardiovascular and renal health for future generations. Nutrients. 2015;7(3):1881-905. DOI: [10.3390/nu7031881](https://doi.org/10.3390/nu7031881).
4. Schreuder MF. Safety in glomerular numbers. Pediatr Nephrol. 2012;27(10):1881-7. DOI: [10.1007/s00467-012-2169-x](https://doi.org/10.1007/s00467-012-2169-x).
5. Kriz W, Lehir M. Pathways to nephron loss starting from glomerular diseases – Insights from animal models. Kidney Int. 2005;67(2):404-19. DOI: [10.1111/j.1523-1755.2005.00097.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2005.00097.x).
6. Esposito P, Garibotto G, Picciotto D, Costigliolo F, Viazzi F, Conti NE. Nutritional Challenges in Pregnant Women with Renal Diseases: Relevance to Fetal Outcomes. Nutrients. 2020;12(3):873. DOI: [10.3390/nu12030873](https://doi.org/10.3390/nu12030873).
7. Kornijenko VI, Samura BA. Doslidzhennja vplyvu benfuramu na vodno-elektrolytnyj balans ta fil'tracijnju funkciju nyrok u shhuriv v umovah spontanogo diurezu. Bukovyn Med Visn. 2012;16(3):144-6. [in Ukrainian].
8. Stefanov OV, redactor. Doklinichni doslidzhennja likarskykh zasobiv. Kyiv: Avitsena; 2001. 528 s. [in Ukrainian].
9. Chadajev VE. Etychni pryntsyipy pry roboti z laboratornymu tvarynamy. Ukr J Med Biol Sport. 2012;2(1):113-5. [in Ukrainian].
10. Lapach SN, Chubenko AV. Statisticheskie metody v mediko-biologicheskikh issledovaniyah s ispolzovaniem EXCEL. Kyiv: Morion; 2000. 320 s.

ДИНАМІКА МОРФОМЕТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НИРКИ ЩУРА ПІСЛЯ ВИБУХОВОІНДУКОВАНОЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ТРАВМИ

Кошарний В. В., Каграманян А. К.

Резюме. Вивчення дії вибухової травми на нирки є актуальним через зростання кількості бойових дій та надзвичайних ситуацій, де такі травми стають частими. Це дозволяє розробити ефективніші методи діагностики та лікування уражень нирок, що може врятувати життя постраждалих. За умови змодельованої вибуховоіндукованої експериментальної травми і трьох експериментальних моделей нами було здійснено вплив вибухової хвилі на паренхіму нирок та структур нефрону за допомогою запатентованого пристрою (пат. 146858 Україна, МПК G09B23/28) та проаналізовано мікроскопічні зміни та морфометричні показники, які є специфічними для нирок щурів у різні періоди впливу. На основі всіх проведених досліджень можна констатувати, що за умови вибухової хвилі на першу, сьому та чотирнадцяту добу по різному, але відбуваються порушення ниркових тілець нефронів нирок щурів. У результаті нашої роботи були з'ясовані порівняльні характеристики змін у морфології органу та його морфометричними показниками. Після впливу ударної хвилі у першу, сьому та чотирнадцяту доби експерименту відбуваються мікроскопічні зміни, які мають відображення на динаміці змін морфометричних показників ниркових тілець. У наших дослідженнях було встановлено, що в умовах експериментального впливу спостерігаються суттєві морфометричні зміни ниркового тіла та клубочка. Угострий період переважає набряк, що призводить до збільшення діаметрів і площі клубочка. У ранній період стан погіршується через деструкцію тканин, що має відображення у зменшенні площі клубочка та розширенні простору між клубочком і капсулою. У пізній період деструктивні процеси прогресували, але деякі показники частково відновилися, залишаючись вищими за норму. Ці показники узгоджуються з морфологічними змінами у будові складових нефрону, які були розглянуті у нашої роботі.

Ключові слова: нирки, щури, нефрон, ниркове тільце, судиний клубочок, капсула ниркового тільця, вибухова хвиля, експеримент, травма, морфометрія.

DYNAMICS OF MORPHOMETRIC INDICATORS OF THE RAT KIDNEY AFTER EXPLOSION-INDUCED EXPERIMENTAL INJURY

Kosharnyi V. V., Kahramanyan A. K.

Abstract. The study of the effects of blast injury on the kidneys is relevant due to the increasing number of combat situations and emergencies where such injuries are common. It helps develop more effective methods for diagnosing and treating kidney damage, which can save the lives of affected individuals. Under the conditions of simulated explosive-induced experimental trauma and three experimental models, we carried out the impact of a blast wave on the kidney parenchyma and nephron structures using a patented device (pat. 146858 Ukraine, MPK G09B23/28) and analyzed microscopic changes and morphometric indicators that are specific for rat kidneys at different periods of exposure. Based on all the studies conducted, it can be stated that under the condition of a blast wave, on the first, seventh and fourteenth days, different but different disorders of the renal corpuscles of the nephrons of the kidneys of rats occur. As a result of our work, comparative characteristics of changes in the morphology of the organ and its morphometric indicators were clarified. After the impact of a shock wave on the first, seventh and fourteenth days of the experiment, microscopic changes occur, which are reflected in the dynamics of changes in the morphometric indicators of the renal corpuscles. In our studies, it was found that under conditions of experimental exposure, significant morphometric changes in the renal corpuscle and glomerulus are observed. In the acute period, edema predominates, which leads to an increase in the diameters and area of the glomerulus. In the early period, the condition worsens due to tissue destruction, which is reflected in a decrease in the area of the glomerulus and an expansion of the space between the glomerulus and the capsule. In the late period, destructive processes progressed, but some indicators partially recovered, remaining higher than normal. These indicators are consistent with the morphological changes in the structure of the nephron components, which were considered in our work.

Key words: kidneys, rats, nephron, renal corpuscle, glomerulus, renal corpuscle capsule, blast wave, experiment, trauma, morphometry.

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

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

Kahramanyan A. K.: <https://orcid.org/0009-0005-2040-3477>^{BCDF}

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 статичний аналіз, **D** – написання статті, **E** – критичний огляд, **F** – остаточне затвердження статті.

Received 05.10.2024 / Стаття надійшла 05.10.2024 року

Accepted 06.03.2025 / Стаття прийнята до друку 06.03.2025 року