

PECULIARITIES OF THE MORPHOLOGICAL RECONSTRUCTION OF THE STRUCTURAL COMPONENTS OF THE KIDNEYS OF WHITE RATS AT DIFFERENT DEGREES OF GENERAL DEHYDRATION**I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ministry of Health of Ukraine
(Ternopil, Ukraine)**herasymyuk@ukr.net

An important component of homeostasis is the water-electrolyte balance. Disturbances in this balance can lead to a disruption of homeostasis with potentially fatal outcomes. The aim of this study was to identify the structural changes in the components of the renal parenchyma and the renal vasculature of white rats under varying degrees of total dehydration. Experiments were conducted on 36 adult male white rats, divided into two groups: a control group and an experimental group subjected to total dehydration by feeding them dry oats without access to water for 3, 6, and 10 days. For histological examination, kidney fragments were fixed in 10% neutral formalin solution and 96° alcohol. Paraffin sections 5-8 microns thick were stained with hematoxylin and eosin. The reactions of renal vessels during dehydration affect the structural organization of the kidney parenchyma. The intensity of these changes is directly dependent on the degree of total dehydration. Mild and moderate dehydration leads to increased wall tension and narrowing of the lumen in extra- and intra-organ segmental and arcuate arteries. Conversely, segmental arteries and arterioles tend to exhibit dilation reactions. As dehydration progresses, constriction reactions intensify in extra-organ and segmental arteries. In arcuate arteries, the functional state of smooth muscle layers inversely changes from constrictive to dilatory reactions. This further reduction in smooth muscle tone in segmental arteries and arterioles results in impaired renal corpuscle function due to decreased blood filling in their capillary glomeruli and dystrophic changes in renal tubule epithelium.

Key words: kidneys, dehydration, glomeruli, capsules, arteries.

Connection of the publication with planned research works.

This study was conducted as part of the research work of the Department of Human Anatomy at I. Ya. Horbachevsky Ternopil National Medical University under the Ministry of Health of Ukraine, titled «Structural Reorganization of Blood Vessels in Abdominal Organs and Retroperitoneal Space Under Different Circulation Regimes,» state registration number 0124U00006.

Introduction.

Homeostasis is the ability of biological systems to maintain a relatively constant composition and properties of the internal environment and the stability of the main physiological functions of the organism [1]. An important component of homeostasis is the water-electrolyte balance, with water being a unique substance underlying this balance. Therefore, any disruption in the water-electrolyte balance results in a general homeostasis disruption, leading to organ dysfunction, multi-organ failure, and eventually, possible death [2, 3].

The mechanism of these processes is primarily due to hemodynamic disorders arising from hypovolemia, which invariably develops during dehydration [4].

The aim of the study.

To determine the structural changes in the components of the renal parenchyma and renal vasculature of white rats under varying degrees of total dehydration.

Object and research methods.

The experiments were conducted on 36 adult male laboratory rats weighing 160-180 g, divided into two groups: 12 animals formed the control group, and the remaining 24 rats (experimental group) were subjected to total dehydration by feeding them dry oats without

access to water for 3, 6, and 10 days (representing mild, moderate, and severe dehydration, respectively). This model is widely used in experiments [5, 6].

The animals were euthanized by rapid decapitation under ketamine anesthesia. All experimental studies were conducted in accordance with the «Rules for Conducting Work Using Experimental Animals» approved by the Ministry of Health of Ukraine order No. 755 dated August 12, 1997, «On Measures for Further Improvement of the Organization of Work Using Experimental Animals,» and the «General Ethical Principles of Animal Experiments» adopted by the First National Congress on Bioethics, as well as the provisions of the «European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes» (Strasbourg, 1986), the «General Ethical Principles of Animal Experiments» adopted by the First National Congress on Bioethics (Kyiv, 2001), and the Helsinki Declaration of the General Assembly of the World Medical Association (2000).

For a comprehensive assessment of the nature and dynamics of morphological changes, the renal parenchyma and vasculature were studied at the organ, tissue, and cellular levels. Kidney tissue fragments were fixed in 10% neutral formalin solution and 96° alcohol. Paraffin sections 5-8 microns thick were stained with hematoxylin and eosin, as well as Weigert's and Van Gieson's stains.

Research results and their discussion.

After just one day on a water-free diet, certain changes in the structural organization of kidney tissue components were observed. Primarily, this affected the vasculature, with increased blood filling noted in both

arteries and veins. The walls of arterioles often exhibited increased tone. Regarding the renal corpuscles and tubules, no significant changes were observed. The glomerular capsules were round with smooth contours, and the capillary glomeruli were evenly stained with clearly defined endothelial cell nuclei. The urinary spaces were of normal width (fig. 1).

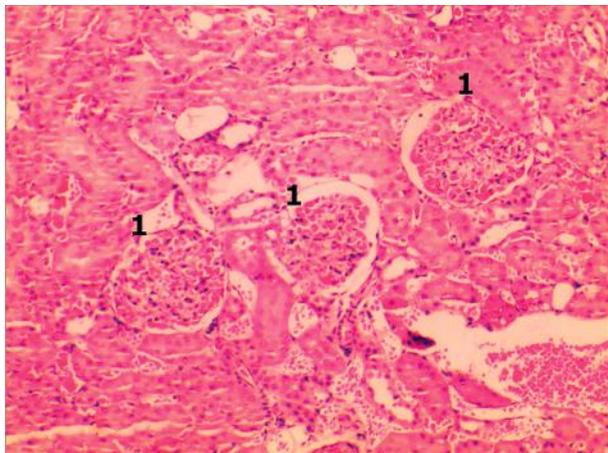


Figure 1 – Histological section of a rat kidney after 1 day on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 140. Designation: 1 – renal corpuscles.

More pronounced signs of morphofunctional reorganization of the structural components of the kidneys of white rats were observed after 3 days from the start of the experiment, indicating a mild degree of total dehydration.

Within the intra-organ blood vessels, an increased tone in the walls of the segmental and arcuate arteries was notable, accompanied by increased convolutions in the contours of their inner linings. The lumen of these vessels was filled with formed blood elements (fig. 2).

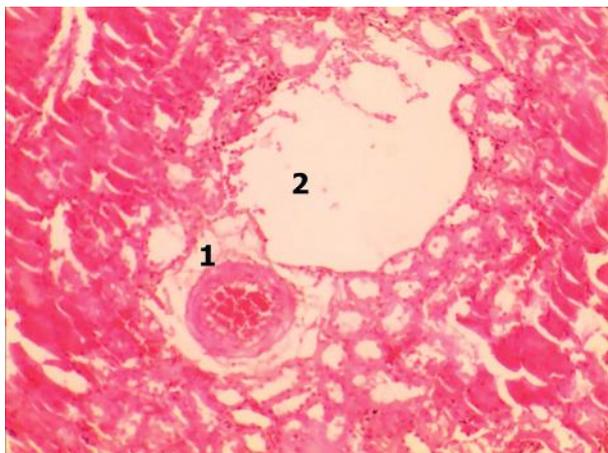


Figure 2 – Histological section of a rat kidney after 3 days on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 140. Designations: 1 – segmental artery, 2 – lumen of the segmental vein.

The perivascular spaces remained unchanged. Meanwhile, the lumen of the renal veins typically contained only small clusters of erythrocytes.

Regarding the segmental arteries and especially the arterioles, their lumens appeared somewhat dilated and contained significantly fewer formed elements compared to the branches of previous generations. The endothelium of their inner lining appeared swollen, which

was confirmed by the noticeable bulging of endothelial cell nuclei into the vessel lumen, resembling a “palisade”.

These features of hemodynamic reorganization of the renal vessels impacted the morphofunctional state of the renal corpuscles. Unlike the control animals and the rats from the previous observation group, the renal corpuscles of animals with a 3-day water restriction lost the geometric regularity of their component contours. The sizes of both the corpuscles and their capillary glomeruli decreased. Due to reduced blood filling, the contours of the capillary glomeruli became uneven, with indentations and entire gaps forming between the loops, and the urinary spaces noticeably widened (fig. 3).

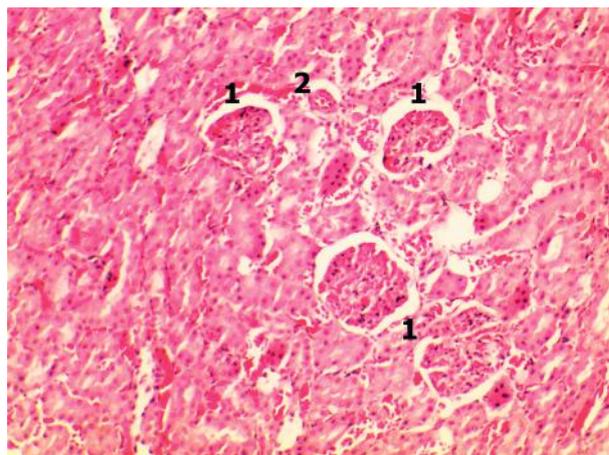


Figure 3 – Histological section of a rat kidney after 3 days on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 140. Designations: 1 – urinary spaces of renal corpuscles, 2 – arteriole.

In the epithelium of the renal tubules, dystrophic changes were noted, which included cytoplasmic clearing and areas with karyolysis. Structures in a state of apoptosis were more frequently observed.

At a moderate degree of total dehydration, which corresponds to 6 days of the experimental animals being on a water-free diet, macroscopic examination of the kidneys revealed pallor of the cortical substance and intensification of the coloration towards the cherry-colored medullary substance of the kidneys. The vascular reactions observed at the previous time point continued to develop further. The tone of the vessel walls continued to increase, leading to narrowing of the lumen and reduced permeability, especially in extra-organ and intra-organ arteries at the segmental level. Their lumens were densely filled with formed blood elements. The constriction reactions in the arcuate arteries slightly decreased.

Regarding the segmental arteries and arterioles, they also contained significant accumulations of erythrocytes, which caused their lumens to appear significantly dilated compared to the arteries of the previous branching levels, and their walls to appear thinner. This indicated a decrease in the tone of their smooth muscle layers. The adjacent veins also appeared quite dilated (fig. 4).

When examining other structural components of the parenchyma, the clearing of the cytoplasm of the epithelial cells of the renal tubules and the blurring of the contours of their nuclei were noticeable. The nephrons themselves, due to the instability of blood supply, were

in various functional states: from blood-filled, expanded glomeruli with maximally narrowed urinary spaces to collapsed renal corpuscles with noticeably expanded spaces under the Bowman's capsule.

Foci of parenchyma with capillary stasis were observed. Capillary stasis was particularly noticeable along the renal tubules. In the epithelium of the renal tubules, located between capillaries filled with erythrocytes, the dystrophic changes in the epithelial cells were most pronounced, as evidenced by significant karyolysis of renal parenchymal cells.

In severe dehydration, which occurs after 10 days of a water-free diet, the structural and functional changes in the kidney parenchyma reached their peak, developing against the background of and due to significant organ hemodynamic disorders.

Regarding vascular reactions, constriction reactions continued to increase at the level of the segmental arteries. Their walls thickened significantly, and the lumen narrowed. At the same time, significant accumulations of erythrocytes were always found in the lumen of these vessels. In the lumen of the adjacent expanded veins, significant accumulations of formed elements were also visualized as blood clots with signs of homogenization and the development of initial stages of thrombotic formations, evidenced by the clearing of their parts that were turned into the vein lumen.

In contrast, arteries of the next branching levels (arcuate and segmental), as well as arterioles, had expanded lumens, thinned walls, and sometimes contained only minor accumulations of erythrocytes. Thus, dilatation reactions were characteristic for them, and the intensity of such reactions increased with decreasing vessel caliber (fig. 5).

The inner lining of small arteries and arterioles was represented by flattened endothelial cells. As for the adjacent veins, despite the noticeable expansion of their lumens, they were predominantly blood-deficient.

Against the background of these vascular reactions, most renal corpuscles showed a reduction in both their overall area and the area of their capillary glomeruli. The reduction in the area of the capillary glomeruli was more intense than that of the Bowman's capsules, resulting in noticeably expanded urinary spaces (fig. 6).

In certain areas, peridiapedesis hemorrhages were observed, particularly in places where capillary stasis and dystrophic changes in the epithelium of the renal tubules were noted.

Thus, the specific vascular reactions in the kidneys observed during the development of dehydration have corresponding effects on the structural organization of the morphological components of the renal parenchyma in experimental animals. The degree of these changes is directly related to the level of overall dehydration. Regarding vascular reactions, in mild and moderate dehydration, there is an increase in wall tone, narrowing of the lumen, and corresponding reduction in the permeability of extra-organ and intra-organ arteries at the segmental and arcuate levels. Conversely, segmental arteries and arterioles tend to exhibit dilatatory reactions. As dehydration progresses, constriction reactions in extra-organ and segmental arteries intensify, further reducing their permeability. At the arcuate artery level, there is an inversion of the functional state of the smooth muscle layers, with constriction reactions

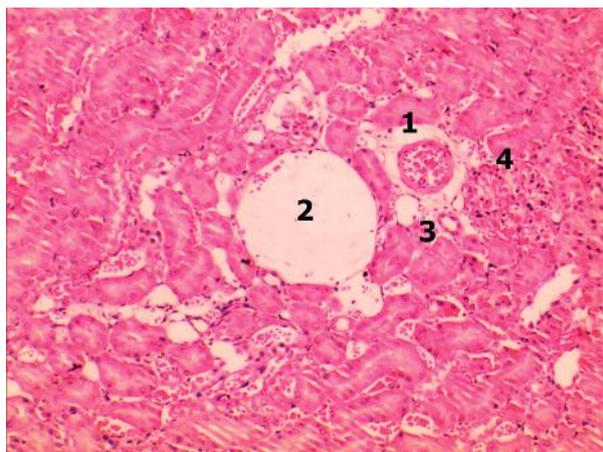


Figure 4 – Histological section of a rat kidney after 6 days on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 140. Designations: 1 – segmental artery, 2 – lumen of the vein, 3 – arteriole and venule, 4 – renal corpuscles and tubules.

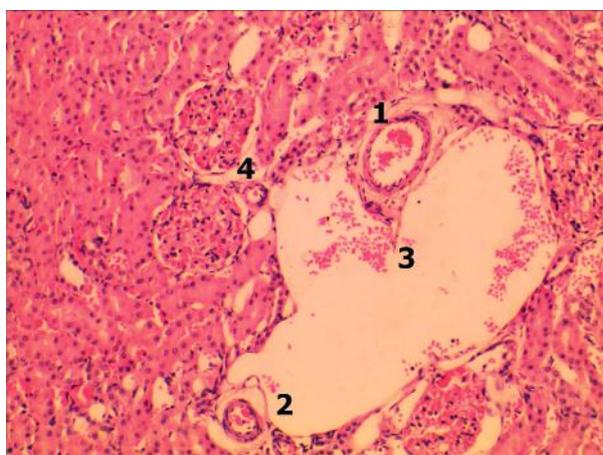


Figure 5 – Histological section of a rat kidney after 10 days on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 100. Designations: 1 – segmental artery, 2 – arterioles, 3 – lumen of the vein, 4 – renal corpuscles and arterioles.

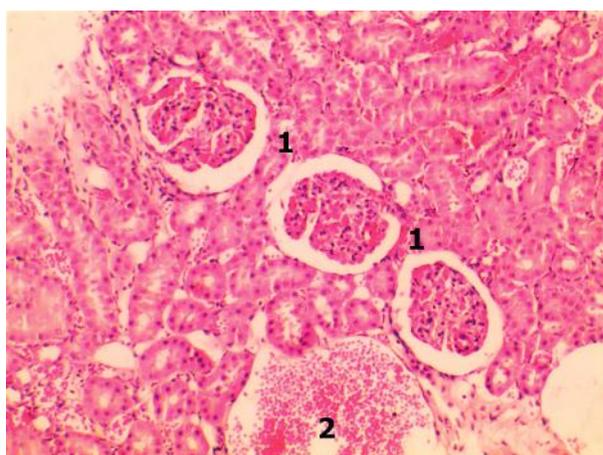


Figure 6 – Histological section of a rat kidney after 10 days on a water-free diet. Staining with hematoxylin and eosin. Magnification: x 140. Designations: 1 – renal corpuscles, 2 – lumen of the vein. gradually replaced by dilatatory ones. In segmental arteries and arterioles, the tone of their smooth muscle layers continues to decrease, leading to lumen expansion and increased permeability. However, such reactions in small-caliber vessels are insufficient to compensate for the blood supply to the structural components of the renal parenchyma, leading to impaired renal corpuscle function due to reduced blood filling of their capillary

glomeruli, as well as dystrophic changes in the epithelium of the renal tubules, ultimately potentially resulting in the development of oliguria and renal failure [7].

Our findings also align with contemporary understanding of dehydration as a primary cause of hypovolemia, characterized by vascular reactions aimed at centralizing circulation and increasing central arterial pressure. However, this redistribution of blood threatens hypoperfusion of internal organs, particularly the kidneys [4].

Moreover, the extreme degree of hypovolemia is known to be hypovolemic shock, a condition characterized by critical reduction in tissue perfusion caused by acute deficit of circulating blood, decreased venous return to the heart, and secondary reduction in cardiac output [8]. This condition can logically and inevitably lead to structural changes described as «shock kidney.» The structural and functional changes we observed, characterized by opposite vascular reactions at different branching levels of intra-organ arteries, are typical for the «shock kidney» condition, with cortical layer ischemia and medullary hyperemia, confirmed by varying intensity of staining in these layers during macroscopic examination and capillary glomerular hypoperfusion

and dystrophic changes in the tubule epithelium under light microscopy [9].

Conclusions.

1. General dehydration causes specific morphofunctional changes in the renal vessels of white rats, the intensity and nature of which are directly related to the degree of overall dehydration.

2. As the degree of dehydration increases, progressive constrictor reactions develop in extra-organ and segmental arteries. At the level of the arcuate arteries, there is an inversion of the smooth muscle layer reactions from initial constrictor to dilatatory, particularly in severe dehydration. For segmental arteries and arterioles, a decrease in the tone of their smooth muscle layers is characteristic at all degrees of dehydration.

3. The observed vascular reactions lead to impaired renal corpuscle function due to reduced blood filling of their capillary glomeruli, as well as dystrophic changes in the epithelium of the renal tubules, which ultimately can cause oliguria and renal failure.

Prospects for further research.

Further studies will allow the development of effective rehydration methods after severe dehydration.

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-264-272

УДК 616.61-091:616.395]-092.9

Герасимюк І. Є., Вахновська Х. І.

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕБУДОВИ СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НИРОК БІЛИХ ЩУРІВ ЗА РІЗНИХ СТУПЕНІВ ЗАГАЛЬНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ

Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України
(м. Тернопіль, Україна)

herasymyuk@ukr.net

Важливою компонентою гомеостазу є водно-електролітний баланс. Наслідком розладів цього балансу може бути порушення гомеостазу із летальним завершенням. Метою дослідження було встановлення особливостей структурних змін у компонентах ниркової паренхіми та у кровоносному руслі нирок білих щурів за різних ступенів загального зневоднення. Експерименти проведені на 36 білих статевозрілих щурах-самцях, які були розділені на 2 групи: контрольну і експериментальну для якої загальну дегідратацію моделювали шляхом годування сухим вівсом без доступу до води протягом 3, 6 і 10 діб. Для гістологічного дослідження забирали фрагменти нирок і фіксували їх в 10 %-му розчині нейтрального формаліну, а також у 96° спирті. Парафінові зрізи товщиною 5-8 мкм фарбували гематоксиліном і еозином. Реакції ниркових судин, які виникають у процесі розвитку дегідратації, впливають на стан структурної організації паренхіми нирок. Інтенсивність таких змін перебуває у прямій залежності від ступеня загального зневоднення. При легкому і середньому ступені зневоднення вони полягають у підвищенні тонуусу стінок і звуженні просвіту екстраорганних, а також внутрішньоорганних часткових і дугових артерій. При цьому часточкові артерії і артеріоли, навпаки, проявляють схильність до дилатаційних реакцій. По мірі наростання ступеня зневоднення в екстраорганних і часткових артеріях продовжують посилюватися констрикторні реакції. Щодо дугових артерій, то у них спостерігається інверсія функціонального стану гладком'язових оболонок: констрикторні реакції поступово змінюються дилатаційними. При цьому в часточкових артеріях і артеріолах продовжується подальше зниження тонуусу їх гладком'язових оболонок. Це супроводжується порушенням функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також дистрофічними змінами в епітелії ниркових канальців. Таким чином, при загальній дегідратації в артеріях розвиваються різнонаправлені реакції. Це приводить до порушення функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також до дистрофічних змін в епітелії ниркових канальців.

Ключові слова: нирки, дегідратація, клубочки, капсули, артерії.

Зв'язок публікації з плановими науково-дослідними роботами.

Дослідження виконане в рамках наукової роботи кафедри анатомії людини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України «Особливості структурної перебудови кровоносних русел органів черевної порожнини та заочеревинного простору за умов моделювання різних режимів кровообігу», № державної реєстрації: 0124U000061.

черевського МОЗ України «Особливості структурної перебудови кровоносних русел органів черевної порожнини та заочеревинного простору за умов моделювання різних режимів кровообігу», № державної реєстрації: 0124U000061.

Вступ.

Як відомо гомеостаз – це здатність біологічних систем підтримувати відносно постійний склад і властивості внутрішнього середовища та сталість основних фізіологічних функцій організму [1]. Важливою компонентою гомеостазу є водно-електролітний баланс. Основу цього співвідношення складає унікальна речовина – вода. Тому наслідком порушення водно-електролітного балансу буде порушення гомеостазу в цілому, що приведе до дисфункції органів, поліорганної недостатності й у кінцевому результаті може стати причиною загибелі організму [2, 3].

Основу механізму цих процесів складають розлади гемодинаміки, що виникають внаслідок гіповолемії, яка закономірно розвивається при дегідратації організму [4].

Мета дослідження.

Встановити особливості структурних змін у компонентах ниркової паренхіми та у кровоносному руслі нирок білих щурів за різних ступенів загального зневоднення.

Об'єкт і методи дослідження.

Експерименти проведені на 36 білих лабораторних статевозрілих щурах-самцях з масою тіла 160-180 г, які були розділені на 2 групи: 12 тварин склали контрольну групу ще 24 щурам (2 група) загальною дегідратацію моделювали шляхом годування сухим вівсом без доступу до води протягом 3, 6 і 10 діб (загальне зневоднення легкого, середнього та важкого ступеня відповідно). Така модель широко застосовується в експерименті [5, 6].

З експерименту тварин виводили методом швидкої декапітації під кетаміновим знеболенням. Усі експериментальні дослідження проводилися з дотриманням «Правил проведення робіт з використанням експериментальних тварин», затвердженим наказом МОЗ України № 755 від 12 серпня 1997 року. «Про заходи щодо подальшого вдосконалення організації форм роботи з використанням експериментальних тварин» та положенням «Загальні етичні принципи експериментів на тваринах», ухвалених Першим національним конгресом з біоетики, а також з дотриманням положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986), «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених на Першому національному конгресі з біоетики (Київ, 2001), Гельсінської декларації Генеральної асамблеї Всесвітньої медичної асоціації (2000).

Для комплексної оцінки характеру та динаміки морфологічних змін паренхіми і судинне русло нирок досліджували на органному, тканинному та клітинному рівнях. Для гістологічного дослідження забирали фрагменти тканини нирок і фіксували їх в 10%-му розчині нейтрального формаліну, а також у 96° спирті. Парафінові зрізи товщиною 5-8 мкм фарбували гематоксиліном і еозином, а також за Вейгертом і Ван Гізон.

Результати дослідження та їх обговорення.

Вже через 1 добу перебування тварин на безводній дієті можна було спостерігати певні зміни в структурній організації тканинних компонентів нирок. У першу чергу це стосувалося їх кровоносного русла. Звертало на себе увагу дещо посилене кровонапов-

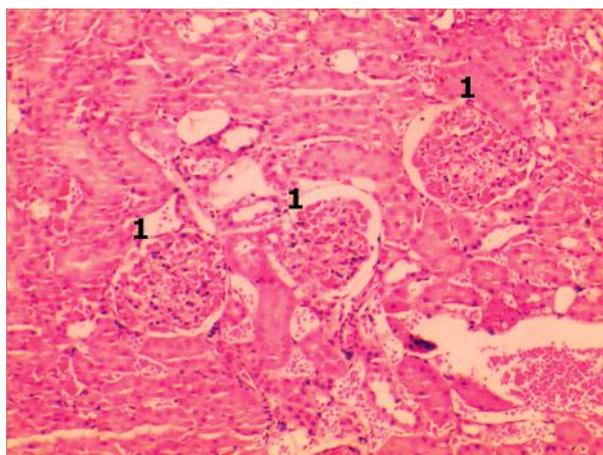


Рисунок 1 – Гістологічний зріз нирки щура через 1 добу перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: x 140. Позначення: 1 – ниркові тільця.

нення як артерій, так і вен. При цьому стінки артеріол нерідко перебували у підвищеному тонусі.

Що стосується ниркових тілець і каналців, то з їх сторони особливих змін не спостерігалось. Капсули клубочків були округлої форми з рівними контурами. Самі капілярні клубочки були рівномірно забарвленими з чіткими контурами ядер ендотеліоцитів. Сечові простори були звичайної ширини (рис. 1).

Більш вираженими були ознаки морфофункціональної перебудови структурних компонентів нирок білих щурів через 3 доби від початку експерименту, тобто при легкому ступені загального зневоднення.

Зі сторони внутрішньоорганного кровоносного русла звертало на себе увагу підвищення тону стінок часткових і дугових артерій з посиленням звивистості контурів їх внутрішніх оболонок. Просвіт таких судин був заповнений форменими елементами крові (рис. 2).

Периваскулярні простори при цьому не були змінені. Водночас просвіт ниркових вен зазвичай містив лише невеликі скупчення еритроцитів.

Щодо часточкових артерій і особливо артеріол, то їх просвіт навпаки, виглядав дещо розширеним і містив значно менше формених елементів на відміну від галузень попередніх генерацій. При цьому ендотелій їх внутрішньої оболонки виглядав набряклим,

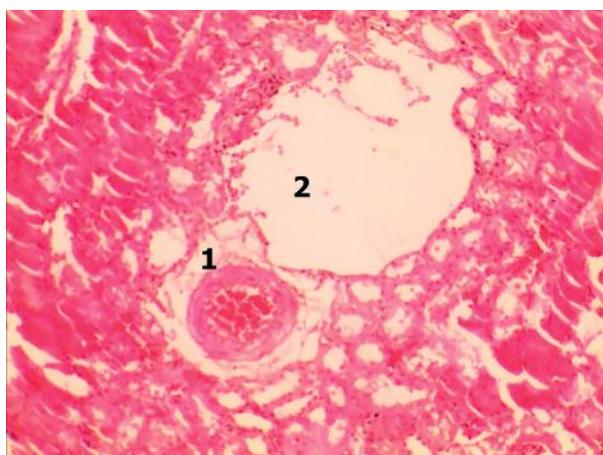


Рисунок 2 – Гістологічний зріз нирки щура через 3 доби перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: x 140. Позначення: 1 – часткова артерія, 2 – просвіт часткової вени.

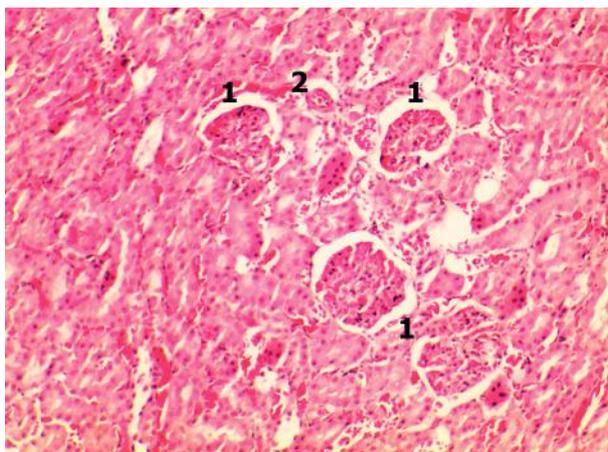


Рисунок 3 – Гістологічний зріз нирки щура через 3 доби перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: x 140. Позначення: 1 – сечові простори ниркових тілець, 2 – артеріола.

що підтверджувалося помітним випинанням ядер ендотеліоцитів у просвіт судин у вигляді «частоколу».

Такі особливості гемодинамічної перебудови ниркових судин відображалися на морфофункціональному стані ниркових тілець. На відміну від контрольних тварин і щурів з попередньої групи спостереження ниркові тілця тварин з 3-х денним обмеженням у воді втрачали геометричну правильність контурів своїх складових частин. Зменшувалися розміри як самих тілець, так і їх капілярних клубочків. У результаті зниження кровонаповнення контури капілярних клубочків ставали нерівними, між петлями утворювалися заглиблення і цілі щілини, сечові простори помітно розширювалися (рис. 3).

В епітелії ниркових канальців відмічалися дистрофічні зміни, які полягали у просвітленні цитоплазми місцями з каріолізом. Порівняно частіше виявлялися структури в стані апоптозу.

При середньому ступені загального зневоднення, тобто через 6 діб перебування експериментальних тварин на безводній дієті при макроскопічному огляді нирок на розрізі звертало на себе увагу блідість коркової речовини і посилення забарвлення у напрямку до вишневого мозкової речовини нирок. При цьому виявлені у попередній термін спостереження, судинні реакції набували свого подальшого розвитку. Продовжував підвищуватися тонус стінок із звуженням просвіту і зниженням пропускної здатності особливо екстраорганних і внутрішньоорганних артерій часткового рівня. Їх просвіт був щільно заповнений форменими елементами крові. Дещо знижувалися констрикторні реакції у дугових артеріях.

Щодо часточкових артерій і артеріол, то вони також містили значні скупчення еритроцитів через що їх просвіт на відміну від артерій попередніх рівнів галуження виглядав значно розширеним, а стінки потоншими. Це свідчило про зниження тонузу їх гладком'язових оболонок. Досить розширеними виглядали також розташовані поруч вени (рис. 4).

При вивченні інших структурних компонентів паренхіми звертало на себе увагу просвітлення цитоплазми епітеліоцитів ниркових канальців і розмитість контурів їх ядер. Самі нефрони внаслідок нестабільності кровопостачання перебували у різному функціональному стані: від повнокровних розширених клубочків із максимальним звуженням сечових про-

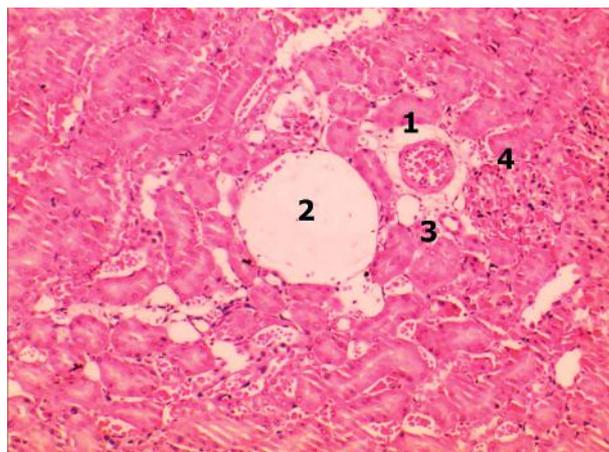


Рисунок 4 – Гістологічний зріз нирки щура через 6 діб перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: x 140. Позначення: 1 – часточкова артерія, 2 – просвіт вени, 3 – артеріола і венула, 4 – ниркові тілця і канальці.

сторів до колабованих ниркових тілець із помітно розширеними просторами під капсулами Шумлянського-Боумена.

Зустрічалися вогнища паренхіми з капіляростазами. Особливо помітними були капіляростазиди вздовж ниркових канальців. Саме в епітелії ниркових канальців, які розміщувалися між капілярами, що були заповнені еритроцитами, найбільш вираженими були дистрофічні зміни в епітеліоцитах, які підтверджувалися вираженим каріолізом клітин паренхіми нирок.

При зневодненні важкого ступеня, яке виникає через 10 діб перебування тварин на безводній дієті найбільшого свого рівня набували структурно-функціональні зміни у паренхімі нирок, які розвивалися на тлі і внаслідок виражених розладів органної гемодинаміки.

Щодо судинних реакцій, то продовжували наростати констрикторні реакції на рівні часточкових артерій. Їх стінки значно потовщувалися, а просвіт звужувався. Водночас у просвіті таких судин завжди виявлялися значні скупчення еритроцитів. У просвіті поряд розташованих розширених вен також візуалізувалися досить значні скупчення формених елементів у вигляді згустків крові з ознаками гомогенізації і розвитком початкових стадій організації тромботичних утворень про що свідчило просвітлення їх частин, що були повернуті у просвіт вен.

На відміну від цього артерії наступних рівнів галуження (дугові і часточкові), а також артеріоли мали розширений просвіт, потоншені стінки і містили іноді лиш незначні скупчення еритроцитів. Тобто для них були характерними дилатаційні реакції. Причому інтенсивність таких реакцій наростала по мірі зменшення калібру судин (рис. 5).

Внутрішня оболонка дрібних артерій і артеріол була представлена ендотеліоцитами сплющеної форми. Щодо поряд розташованих вен, то не дивлячись на помітне розширення їх просвіту вони у переважній більшості були малокровними.

На тлі таких судинних реакцій більшість ниркових тілець відрізнялися зменшенням як загальної площі, так і площі капілярних клубочків. Причому зменшення площі капілярних клубочків було інтенсивнішим, ніж капсул Шумлянського-Боумена внаслідок чого помітно розширювалися сечові простори (рис. 6).

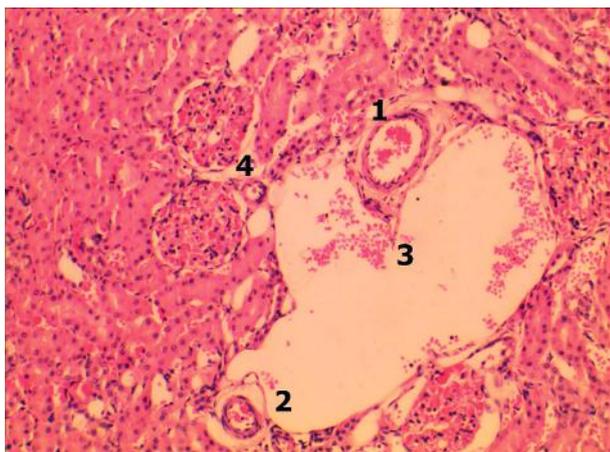


Рисунок 5 – Гістологічний зріз нирки щура через 10 діб перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: $\times 100$. Позначення: 1 – часточкова артерія, 2 – артеріоли, 3 – просвіт вени, 4 – ниркові тільця і артеріола.

В окремих місцях можна було спостерігати пердіapedезні крововиливи, особливо у тих місцях, де виявлялися капіляростазис і дистрофічні зміни зі сторони епітелію ниркових канальців.

Таким чином, встановлені нами певні реакції ниркових судин, які виникають у процесі розвитку дегідратації організму, мають своїм наслідком відповідний вплив на стан структурної організації морфологічних компонентів паренхіми нирок експериментальних тварин. Ступінь таких змін перебуває у прямій залежності від рівня загального зневоднення. Щодо судинних реакцій, то при легкому і середньому ступені зневоднення вони полягають у підвищенні тонуусу стінок, звуженні просвіту з відповідним зниженням пропускної здатності екстраорганных, а також внутрішньоорганных артерій на рівні часткових і дугових судин. При цьому часточкові артерії і артеріоли, навпаки, проявляють схильність до дилатаційних реакцій. По мірі наростання ступеня зневоднення в екстраорганных і часткових артеріях продовжують посилюватися констрикторні реакції із подальшим зниженням їх пропускної здатності. Щодо дугових артерій, то на їх рівні спостерігається інверсія функціонального стану гладком'язових оболонок, тобто констрикторні реакції поступово змінюються дилатаційними. При цьому в часточкових артеріях і артеріолах продовжується зниження тонуусу їх гладком'язових оболонок із розширенням просвіту і збільшенням пропускної здатності. Однак, таких реакцій судин дрібного калібру недостатньо для компенсаторного забезпечення кров'ю структурних компонентів паренхіми нирок, що приводить до порушення функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також до дистрофічних змін в епітелії ниркових канальців, що в кінцевому результаті може привести до розвитку олігурії і ниркової недостатності [7].

Отримані нами дані також цілком узгоджуються з сучасними уявленнями про дегідратацію як одну із основних причин розвитку гіповолемії, для якої якраз і характерні судинні реакції, що спрямовані на централізацію кровообігу і підвищення центрального артеріального тиску. Разом з цим такий перерозподіл крові загрожуює гіперперфузією внутрішніх органів, зокрема нирок [4].

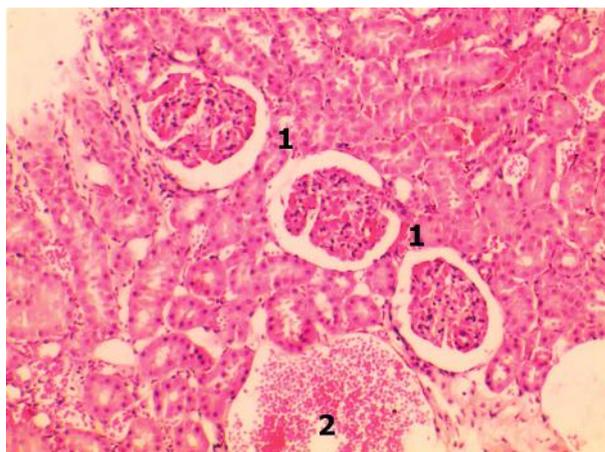


Рисунок 6 – Гістологічний зріз нирки щура через 10 діб перебування на безводній дієті. Забарвлення гематоксиліном і еозином. Збільшення: $\times 140$. Позначення: 1 – ниркові тільця, 2 – просвіт вени.

Крім того, як відомо крайнім ступенем гіповолемії є гіповолемічний шок. Це стан, який характеризується критичним зменшенням тканинної перфузії, викликаний гострим дефіцитом циркулюючої крові, зменшенням венозного притоку до серця і вторинним зниженням серцевого викиду [8]. Він закономірно і логічно може привести до розвитку структурних змін, який характеризується терміном «шокова нирка». Якраз виявлені нами структурно-функціональні зміни у вигляді протилежних судинних реакцій на різних рівнях галуження внутрішньоорганных артерій і є характерними для стану «шокової нирки» з ішемією кіркового шару органа і повнокров'ям мозкового, що підтверджується різною інтенсивністю забарвлення цих шарів при макроскопічному огляді та гіперперфузією капілярів клубочків і розвитком дистрофічності змін в епітелії канальців при світлооптичній мікроскопії [9].

Висновки.

1. При загальній дегідратації відбуваються певні морфофункціональні зміни в судинах нирок білих щурів інтенсивність і характер яких перебуває у прямій залежності від ступеня загального зневоднення.

2. По мірі наростання ступеня зневоднення в екстраорганных і часткових артеріях прогресивно розвиваються констрикторні реакції. На рівні дугових артерій спостерігається інверсія реакцій гладком'язових оболонок з початкових констрикторних на дилатаційні, зокрема при важкому ступені зневоднення. Для часточкових артерій і артеріол є характерним зниження тонуусу їх гладком'язових оболонок при усіх ступенях зневоднення.

3. Виявлені судинні реакції приводять до порушення функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також до дистрофічних змін в епітелії ниркових канальців, що в кінцевому результаті може стати причиною олігурії і ниркової недостатності.

Перспективи подальших досліджень.

Подальші дослідження дозволять розробити ефективні методи регідратації після важкого ступеня зневоднення.

References / Література

1. Hrodzynskiy DM, Suimenko Yel. Homeostaz. Entsyklopediia Suchasnoi Ukrainy. 2006. Dostupno: <https://esu.com.ua/article-30736>. [in Ukrainian].
2. Netiukhailo LH, Filatova VL, Filatova OV. Vodno-solovoyi obmin. Visnyk problem biologii ta medytsyny. 2012;1(91):28-33. [in Ukrainian].
3. Hryntsova NB, Khodorova I, Romaniuk AM. Morfolohichni perebudovy adenohipofizu shchuriv za umov zahalnoho znevodnennia orhanizmu u vikovomu aspekti. Ekolohichni nauky. 2020;2(29):7-10. [in Ukrainian].
4. Kursov SV, Lyzohub KI. Ekstrena otsinka stanu obiemnoho peryferiinoho krovoobihu ta stanu volemii za rezultaty fotopletyzmografichnoho doslidzhennia. Zdobutky klinichnoi i eksperymentalnoi medytsyny. 2015;1:149-150. [in Ukrainian].
5. Bumeister VI. Elektronnomikroskopichna kartyna reheneratu velykohomilkovoi kistky shchuriv za dii pozaklytynnoho znevodnennia. Klinichna ta eksperymentalna patolohiia. 2009;8(2):10-13. [in Ukrainian].
6. Huseinova ST. Morfolohycheskye yzmeneniya v ymunnykh obrazovaniakh tonkoi kyshky pry dehydratsyyi y korrektsyyi fyzrastvorom. Vestnyk novykh medytsynskykh tekhnolohiy. 2009;16(2):199-200. [in Ukrainian].
7. Horovyi VI, Slepova IH, Mysak AI, Kapshuk OM. Hostra nyrkova nedostatnist: etiopatohenez, kryterii diahnozyky ta pryntsyпы likuvannia. Medychni aspekty zdorov'ia cholovika. 2018;4(31):53-66. [in Ukrainian].
8. Roshchin HH, Kryliuk VO. Hipovolemichnyi shok u postrazhdalykh – patofiziolohiia, diahnozyka, likuvannia. Hostrы ta nevidkladni stany u praktytsi likaria. 2012;1(30). Dostupno: <https://urgent.com.ua/ua/archive/2012/1%2830%29/article-412/qipovolemichniy-shok-u-postrazhdalih-patofiziologiya-diaagnostika-likuvannya>. [in Ukrainian].
9. Pechinka AM. Infektsiino-toksychnyi (septychnyi) shok. Klinichna imunolohiia, Alerholohiia, Infektolohiia. 2009;2. Dostupno: . [in Ukrainian].

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕБУДОВИ СТРУКТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НИРОК БІЛИХ ЩУРІВ ЗА РІЗНИХ СТУПЕНІВ ЗАГАЛЬНОГО ЗНЕВОДНЕННЯ

Герасимюк І. Є., Вахновська Х. І.

Резюме. Як відомо гомеостаз – це здатність біологічних систем підтримувати відносно постійний склад і властивості внутрішнього середовища та сталість основних фізіологічних функцій організму. Важливою компонентою гомеостазу є водно-електролітний баланс. Основу цього співвідношення складає унікальна речовина – вода. Тому наслідком порушення водно-електролітного балансу буде порушення гомеостазу в цілому, що приведе до дисфункції органів, поліорганної недостатності й у кінцевому результаті може стати причиною загибелі організму.

Основу механізму цих процесів складають розлади гемодинаміки, що виникають внаслідок гіповолемії, яка закономірно розвивається при дегідратації організму.

Мета дослідження. Встановити особливості структурних змін у компонентах ниркової паренхіми та у кровоносному руслі нирок білих щурів за різних ступенів загального зневоднення.

Об'єкт і методи дослідження. Експерименти проведені на 36 білих статевозрілих щурах-самцях, які були розділені на 2 групи: контрольну і експериментальну для якої загальну дегідратацію моделювали шляхом годування сухим вівсом без доступу до води протягом 3, 6 і 10 діб.

Для гістологічного дослідження забирали фрагменти нирок і фіксували їх в 10%-му розчині нейтрального формаліну, а також у 96° спирті. Парафінові зрізи товщиною 5-8 мкм фарбували гематоксином і еозином, а також за Вейгертом і Ван Гізом.

Результати. Реакції ниркових судин, які виникають у процесі розвитку дегідратації, впливають на стан структурної організації паренхіми нирок. Інтенсивність таких змін перебуває у прямій залежності від ступеня загального зневоднення. При легкому і середньому ступені зневоднення вони полягають у підвищенні тону-су стінок і звуженні просвіту екстраорганичних, а також внутрішньоорганичних часткових і дугових артерій. При цьому часточкові артерії і артеріоли, навпаки, проявляють схильність до дилатаційних реакцій. По мірі наростання ступеня зневоднення в екстраорганичних і часткових артеріях продовжують посилюватися констрикторні реакції. Щодо дугових артерій, то у них спостерігається інверсія функціонального стану гладком'язових оболонок: констрикторні реакції поступово змінюються дилатаційними. При цьому в часточкових артеріях і артеріолах продовжується подальше зниження тону-су їх гладком'язових оболонок. Це супроводжується порушенням функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також дистрофічними змінами в епітелії ниркових каналців.

Висновки. При загальній дегідратації в екстраорганичних і часткових артеріях прогресивно розвиваються констрикторні реакції. На рівні дугових артерій спостерігається інверсія реакцій гладком'язових оболонок з початкових констрикторних на дилатаційні. Для часточкових артерій і артеріол є характерним зниження тону-су їх гладком'язових оболонок при усіх ступенях зневоднення. Це приводить до порушення функції ниркових тілець внаслідок зниження кровонаповнення їх капілярних клубочків, а також до дистрофічних змін в епітелії ниркових каналців.

Ключові слова: нирки, дегідратація, клубочки, капсули, артерії.

PECULIARITIES OF THE MORPHOLOGICAL RECONSTRUCTION OF THE STRUCTURAL COMPONENTS OF THE KIDNEYS OF WHITE RATS AT DIFFERENT DEGREES OF GENERAL DEHYDRATION

Herasymiuk I. Ye., Vakhnovska Kh. I.

Abstract. As you know, homeostasis is the ability of biological systems to maintain a relatively constant composition and properties of the internal environment and stability of the main physiological functions of the body. An important component of homeostasis is the water-electrolyte balance. The basis of this ratio is a unique substance – water. Therefore, the consequence of a violation of the water-electrolyte balance will be a violation of homeostasis in general, which will lead to organ dysfunction, multiple organ failure, and in the end may cause the death of the organism.

The basis of the mechanism of these processes are hemodynamic disorders arising as a result of hypovolemia, which naturally develops when the body is dehydrated.

The aim of the study. To determine the features of structural changes in the components of the renal parenchyma and in the blood stream of the kidneys of white rats at different degrees of general dehydration.

Object and research methods. The experiments were carried out on 36 white, sexually mature male rats, which were divided into 2 groups: control and experimental, for which general dehydration was simulated by feeding dry oats without access to water for 3, 6 and 10 days.

Kidney fragments were taken for histological examination and fixed in a 10% neutral formalin solution, as well as in 96° alcohol. Paraffin sections with a thickness of 5-8 µm were stained with hematoxylin and eosin, as well as according to Weigert and Van Gieson.

Results. The reactions of the renal vessels that occur during the development of dehydration affect the state of the structural organization of the kidney parenchyma. The intensity of such changes is directly dependent on the degree of general dehydration. With a mild and moderate degree of dehydration, they consist in an increase in the tone of the walls and a narrowing of the lumen of extra-organ, as well as intra-organ partial and arched arteries. At the same time, lobular arteries and arterioles, on the contrary, show a tendency to dilatation reactions. As the degree of dehydration increases in extra-organ and partial arteries, constrictor reactions continue to intensify. As for the arcuate arteries, they have an inversion of the functional state of smooth muscle membranes: constrictor reactions are gradually replaced by dilatation ones. At the same time, a further decrease in the tone of their smooth muscle membranes continues in the lobular arteries and arterioles. This is accompanied by a violation of the function of the renal corpuscles due to a decrease in blood filling of their capillary glomeruli, as well as dystrophic changes in the epithelium of the renal tubules.

Conclusions. With general dehydration, constrictor reactions progressively develop in extra-organ and partial arteries. At the level of the arcuate arteries, there is an inversion of the reactions of the smooth muscle membranes from initial constrictor to dilatation. Lobular arteries and arterioles are characterized by a decrease in the tone of their smooth muscle membranes at all degrees of dehydration. This leads to a violation of the function of the renal corpuscles due to a decrease in the blood filling of their capillary glomeruli, as well as to dystrophic changes in the epithelium of the renal tubules.

Key words: kidneys, dehydration, glomeruli, capsules, arteries.

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

Herasymiuk I. Ye.: <https://orcid.org/0000-0001-7848-332X>^{EF}

Vakhnovska Kh. I.: <https://orcid.org/0009-0002-0656-0749>^{ABD}

Conflict of interest / Конфлікт інтересів:

The authors of the article confirm that they have no conflict of interest. / Автори статті підтверджують відсутність конфлікту інтересів.

Corresponding author / Адреса для кореспонденції

Herasymiuk Iliya Yevhenovych / Герасимюк Ілля Євгенович

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, Ministry of Health of Ukraine / Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України

Ukraine, 46001, Ternopil, 12 Ruska str. / Адреса: Україна, 46001, м. Тернопіль, вул. Руська 12

Tel.: +380637156401 / Тел.: +380637156401

E-mail: herasymyuk@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 20.03.2024 / Стаття надійшла 20.03.2024 року
Accepted 26.08.2024 / Стаття прийнята до друку 26.08.2024 року

DOI 10.29254/2077-4214-2024-3-174-272-280

UDC 616.36-089.87-06.616-91]-092.9

Hnatyuk M. S., Cholach S. Yu., Tatarchuk L. V., Stets N. Ya.

QUANTITATIVE MORPHOLOGICAL ASPECTS OF THE STUDY OF AGE CHARACTERISTICS OF REMODELING OF ARTERIES OF THE HEART VENTRICLES OF EXPERIMENTAL ANIMALS AT COBALT CHLORIDE INTOXICATION

I. Horbachevsky Ternopil National Medical University (Ternopil, Ukraine)

hnatjuk@tdmu.edu.ua

Lesions of the heart muscle and its vessels are frequently encountered in clinical practice and are currently an important medical and social problem. In recent decades, significant progress has been made in the diagnosis, correction, and prevention of cardiovascular disease, but morphologists and clinicians continue to study the structure and function of the myocardium.

The quantitative morphological parameters of small-calibre arteries of the left and right ventricles of 60 outbred sexually mature white male shrews were studied, which were divided into four groups. The first group consisted