

ГІСТОМОРФОМЕТРИЧНА ОЦІНКА ЗМІН ПАРЕНХІМИ ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ ГІПЕРОСМОЛЯРНОЇ ДЕГІДРАТАЦІЇ

В.Ю. Ковчун, В.З. Сікора, М.С. Ліндін, В.В. Сікора

Сумський державний університет, Медичний інститут, м.Суми, Україна

Ключові слова:

підшлункова залоза,
гіперосмолярна
дегідратація, мікроскопія.

Буковинський медичний
вісник. Т.24, № 2 (94).
С. 52-56.

DOI:

10.24061/2413-0737.
XXIV.2.94.2020.43

E-mail: vu.kovchun@ukr.net

Мета роботи – вивчити особливості гістоморфометричних змін підшлункової залози щурів за умов гіперосмолярної дегідратації.

Матеріал і методи. Експеримент проведений на 40 білих щурах-самцях зрілого віку. Контрольну серію тварин склали 10 щурів, експериментальна серія розділена залежно від ступеня зневоднення на три групи по 10 щурів у кожній.

Результати. За умов клітинної дегідратації нами виявлено такі статистично значущі зміни. Збільшення площі ацинусів при легкому ступені зневоднення на 39,9%; площі островців Лангерганса – при середньому та тяжкому ступені на 51,6 % та 45,9%; площа екзокринних панкреатоцитів зменшується при середньому та тяжкому ступені на 29,6 % та 35,9%, з одночасним збільшенням площі їх ядер на 46,2%, за умов вираженої дегідратації.

Висновки. Зміни паренхіми підшлункової залози та мікроциркуляторного русла прогресують прямо пропорційно зростанню тяжкості дегідратації.

Ключевые слова:

поджелудочная железа,
гиперосмолярная
дегидратация,
микроскопия.

Буковинский медицинский
вестник. Т.24, № 2
(94). С. 52-56.

ГИСТОМОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПАРЕНХИМЫ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ГИПЕРОСМОЛЯРНОЙ ДЕГИДРАТАЦИИ

В.Ю. Ковчун, В.З. Сікора, Н.С. Лындин, В.В. Сікора

Цель работы - изучить особенности гистоморфометрических изменений поджелудочной железы крыс в условиях гиперосмолярной дегидратации.

Материал и методы. Эксперимент проведен на 40 белых крысах-самцах зрелого возраста. Контрольную серию животных составили 10 крыс, экспериментальная серия разделена в зависимости от степени обезвоживания на три группы по 10 крыс в каждой.

Результаты. В условиях гиперосмолярной дегидратации нами обнаружены следующие статистически значимые изменения. Увеличение площади ацинусов наблюдалось при легкой степени обезвоживания и составило 39,9%; островков Лангерганса - при средней и тяжелой степени на 51,6% и 45,9%. Площадь экзокринных панкреатоцитов уменьшилась при средней и тяжелой степени на 29,6% и 35,9%, с увеличением площади их ядер на 46,2% в условиях тяжелой дегидратации.

Выводы. Изменения паренхимы поджелудочной железы и микроциркуляторного русла прогрессируют прямо пропорционально росту тяжести дегидратации.

Key words: the
pancreas, hyperosmolar
dehydration, microscopy.

Bukovinian Medical
Herald. V.24, № 2 (94).
P. 52-56.

HISTOMORPHOMETRIC ASSESSMENT OF CHANGES IN THE PARENCHYMA OF THE PANCREAS UNDER THE INFLUENCE OF HYPEROSMOLAR DEHYDRATION

V.Yu. Kovchun, V.Z. Sikora, N.S. Lyndin, V.V. Sikora

The purpose of the work is to study the features of histomorphometric changes in the pancreas of rats under conditions of hyperosmolar dehydration.

Material and methods. The experiment was conducted on 40 adult white male

rats. The control series of animals was 10 rats, the experimental series was divided depending on the degree of dehydration into 3 groups of 10 rats each.

Results. *Under conditions of hyperosmolar dehydration, we found the following statistically significant changes. An increase in acinus area was observed with mild dehydration and amounted to 39.9%; pancreatic islets – with moderate and severe degrees of 51,6 % and 45.9 %. The area of exocrine pancreatocytes decreased with moderate and severe degrees by 29,6 % and 35,9 %, with an increase in the area of their nuclei by 46,2 % under conditions of severe dehydration.*

Conclusions. *Changes in the parenchyma of the pancreas and microvasculature progress in direct proportion to the increase in the severity of dehydration.*

Вступ. Вода – основа внутрішнього середовища організму, що забезпечує його гомеостаз. За даними ВООЗ, близько 1,5 млн. людей у світі щорічно помирають від зневоднення [1, 2, 3]. Гіперосмолярна дегідратація характеризується загальною недостатністю рідини внаслідок переважної втрати води, яка перевищує втрату осмотично-активних електrolітів [4, 5]. За умов даного виду зневоднення відбувається зменшення кількості рідини із протоплазми клітин, що призводить до гіперосмії плазми крові [4]. Збільшення проміжків між зневодненими клітинами сприяє підвищенню проникності судинної стінки – виходу білків та формених елементів крові безпосередньо у тканини [6, 7]. Причиною гіперосмолярної дегідратації можуть бути різноманітні патологічні стани – цукровий діабет, порушена корекція дефіциту води гіперосмолярними розчинами та ін. [8, 9, 10].

Ендокринна система забезпечує низку важливих функцій у системі контролю обміну води, оптимізує об'єм рідини в організмі. Більше того, серед усіх ендокринних органів саме розлади підшлункової залози (ПЗ) мають патогенетичні ланки впливу на осмолярність крові [11]. Незважаючи на високу зацікавленість у вивченні патогенезу змін підшлункової залози, у літературі не трапляються систематизованих даних щодо анатомічно-фізіологічних особливостей будови даного органа за умов гіперосмолярної дегідратації.

Мета дослідження. Вивчити особливості гістоморфометричних змін підшлункової залози щурів за умов гіперосмолярної дегідратації з подальшим встановленням кореляційних зв'язків між досліджуваними параметрами.

Матеріал і методи. Дослідження проведено на 40 статевозрілих білих щурах-самцях, які перебували в стаціонарних умовах віварію Медичного інституту СумДУ. Тварин утримували відповідно до правил, ухвалених Європейською конвенцією із захисту хребетних тварин, яких використовують для експерименту і наукових завдань (Страсбург, 1986), принципів Гельсінкської декларації, ухваленої Генеральною асамблеєю Всесвітньої медичної асоціації (1964-2000), «Загальних етичних правил експериментів над тваринами», затверджених I Національним конгресом з біоетики (Київ, 2001).

Контрольну серію тварин склали 10 щурів, які вживали звичайну питну воду. Експериментальна серія була розділена залежно від ступеня зневоднення на три групи по 10 щурів у кожній. Піддослідних тварин експериментальної серії випоювали 1,2 % гіпертонічним розчином хлориду натрію упродовж 10 діб з метою досягнення легкого, 20 діб – серед-

нього та 30 діб – тяжкого ступеня дегідратації. Як їжу щури отримували гранульований комбікорм.

Для гістологічного дослідження виділяли ПЗ шляхом серединної лапаротомії та фіксували її в 10% розчині нейтрального формаліну впродовж 24 годин. Проводку і виготовлення парафінових блоків здійснювали за загальноприйнятою методикою.

Для визначення структурних компонентів залози парафінові зрізи товщиною 5-7 мкм забарвлювали гематоксиліном та еозином за Ван-Гізона. Отримані препарати досліджували і фотографували за допомогою цифрової системи виводу зображення «SEO Scan Lab 2.0» (Україна) [12]. Оцінювалися площа острівців Лангерганса (ПОЛ) та площа ацинусів (ПА), площа панкреатоцитів (ПП) та площа ядер панкреатоцитів (ПЯП). За допомогою статистичної програми IBM SPSS Statistic 21 обробляли результати морфометричних вимірювань. З метою перевірки нормальності розподілу використовували тест Колмогорова – Смірнова. Середні значення представлені у вигляді $M \pm m$. Визначення вірогідності відмінностей між середніми значеннями більше двох незалежних вибірок непараметричних показників застосовували критерій Крускала-Уоллеса. Для порівняння показників у дослідній та контрольній групах застосовували критерій Манна-Уїтні. Усі тести були двобічними, значення $p < 0,05$ вважали статистично значущими. Як коефіцієнт кореляції між значеннями інтервальної шкали використовували коефіцієнт кореляції Пірсона з визначенням статистичної значущості ($p < 0,005$).

Результати дослідження та їх обговорення. У тварин контрольної серії мікроскопічно встановлено, що представлена ПЗ екзокринною паренхімою – ацинусами, апікальні частини яких повернені в секреторний каналець. Від останнього беруть початок вставні відділи протоки залози. Середні розміри ПА склали $983,4 \pm 63,5$ мкм²; ПП – $149,5 \pm 3,7$ мкм², ПЯП – $10,7 \pm 1,01$ мкм². Серед ацинусів траплялися ендокриноцити – острівці Лангерганса, які були різні за формою та розмірами, чітко відділені тонким шаром сполучної тканини від екзокринних клітин. У центрі острівців локалізовані клітини, які щільно прилягають одна до одної – ендокриноцити В. На периферії острівця в незначній кількості менші за розмірами – ендокриноцити А та Д. Середні розміри ПОЛ склали $13934,1 \pm 688,3$ мкм².

За умов гіперосмолярної дегідратації в паренхімі ПЗ щурів відбувались структурні зміни в усіх експериментальних групах, що були статистично значущими ($p < 0,001$). Детально результати

Оригінальні дослідження

відображено в таблиці.

Гістоморфометричне дослідження ПЗ показало, що на 10-ту добу дослідження екзокринна частина ПЗ зберігає свою часточкову будову. Острівці Лангерганса звичайної округлої форми, у центрі острівця чітко візуалізуються ендокриноцити А і В. Також чітко визначаються артеріоли, венули та капіляри помірного кровонаповнення без ознак гемореологічних порушень. Навколо судин подекуди з'являється пухка сполучна тканина (рис. 1)

На 10-ту добу виявлено збільшення ПА на 39,9%, ПОЛ – на 0,63%, ПП – на 10,9%, ПЯП – на 10,1% відносно контролю (рис. 2).

На 20-ту добу експерименту навколо судин визначаються розростання сполучнотканинних волокон та поодинокі інфільтрати. Гемокапіляри помітно розширені, венули дилатовані, просвіт артеріол нерівномірний, подекуди візуалізуються явища ангіогенезу. Вивідні протоки з поодинокими лейкоцитарними інфільтратами та неоднорідністю секрету в їх просвіті (рис. 3).

На 20-ту добу дослідження ПА, порівняно з контролем, збільшилася на 2,2% та зменшилася на 38,6% відносно 10-ї доби. На 20-ту добу дослідження ПОЛ відносно групи контролю збільшилася на 51,6% та на 51,4% – відносно 10-ї доби. На 20-ту добу дослідження ПП відносно групи контролю зменшилася на 29,6% та на 37,3% – відносно 10-ї доби. На 20-ту добу дослідження ПЯП відносно контролю збільшилася на 34,3% та на 26,9% – відносно 10-ї доби (рис. 4).

На 30-ту добу дослідження виявлені найбільш виражені структурні зміни екзо- та ендокринної частини паренхіми ПЗ. Більшість ацинусів втрачають чіткі контури за рахунок набряку сполучної тканини. Спостерігаються виражені фіброзні зміни навколо вивідних проток та десквамація епітелію. Подекуди виявлено ділянки розширених гемокапілярів зі сплюсненням ендотеліоцитів, навколо останніх наявні лейкоцитарні інфільтрати. Визначається перичелюлярний набряк острівців Лангерганса, їх деформація та зменшення кількості локалізованих у центрі ендокриноцитів В (рис. 5).

Таблиця

Гістоморфометричні зміни підшлункової залози щурів за умов гіперосмолярної дегідратації

Досліджуваний параметр (мкм2)	Група			
	Контрольна група	Легкий ст. зневоднення	Середній ст. зневоднення	Тяжкий ст. зневоднення
ПОЛ	13934,1±636,9	14023,1±804,7	28838,1±1935,1	25774,2±1316,3
	$\chi^2= 19,93; p1<0,001; p2=0,821; p3<0,001; p4<0,001$			
ПА	983,4±67,1	1637,5±118,8	1004,8±100,0	800,8±57,2
	$\chi^2= 17,422; p1<0,001; p2=0,001; p3=0,650; p4=0,034$			
ПП	149,5±3,1	167,8±1,3	105,2±1,6	95,7±1,2
	$\chi^2=23,91; p1<0,001; p2=0,001; p3<0,001; p4<0,001$			
ПЯП	10,7±0,4	11,9±0,96	16,3±0,75	19,9±1,2
	$\chi^2=16,64; p1<0,001; p2=0,650; p3=0,001; p4<0,001$			

Примітки:

1. χ^2 – Хі-квадрат критерію Краскела-Уоллеса.
2. p1 – вірогідність відмінностей показника у трьох досліджуваних групах.
3. p2 – вірогідність відмінностей показника з легким ступенем зневоднення та групою контролю.
4. p3 – вірогідність відмінностей показника із середнім ступенем зневоднення та групою контролю.
5. p4 – вірогідність відмінностей показника з тяжким ступенем зневоднення та групою контролю.

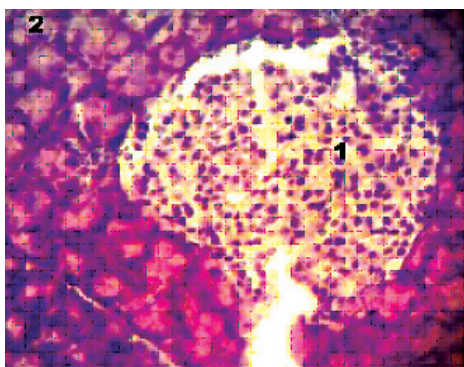


Рис. 1. Підшлункова залоза щура на 10-ту добу клітинної дегідратації. Нормальна часточкова структура залози. Забарвлення гематоксиліном та еозином. Збільшення x400: 1 – острівець Лангерганса, 2 – ацинуси

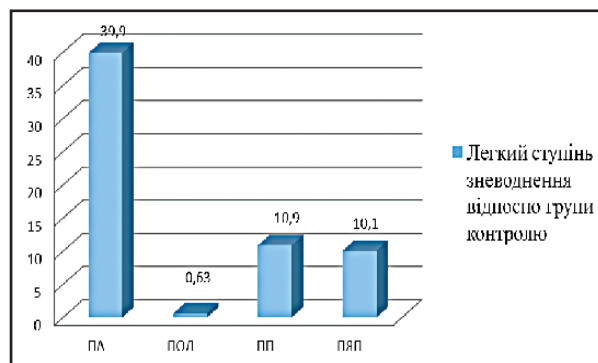


Рис. 2. Зміни морфометричних показників підшлункової залози за умов середнього ступеня клітинної дегідратації

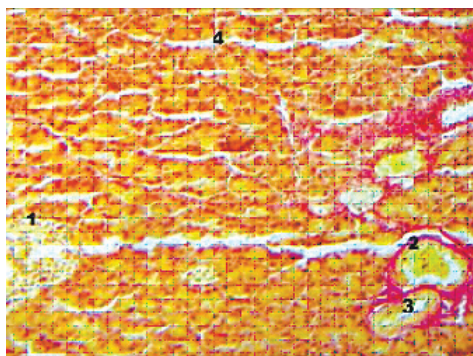


Рис. 3. Підшлункова залоза щура на 20-ту добу клітинної дегідратації. Нормальна часточкова структура залози. Забарвлення гематоксиліном та еозинном. Збільшення $\times 400$: 1 – острівець Лангерганса, 2 – артеріола, 3 – венула, 4 – ацинус

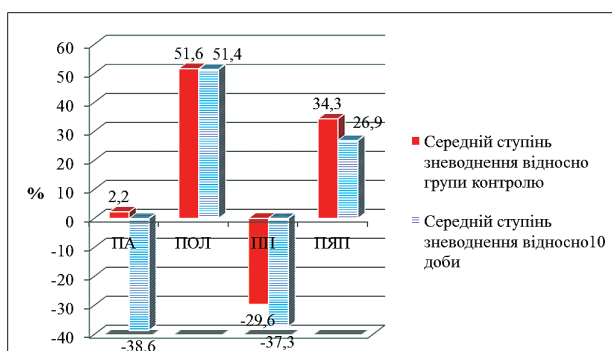


Рис. 4. Зміни морфометричних показників підшлункової залози за умов середнього ступеня клітинної дегідратації

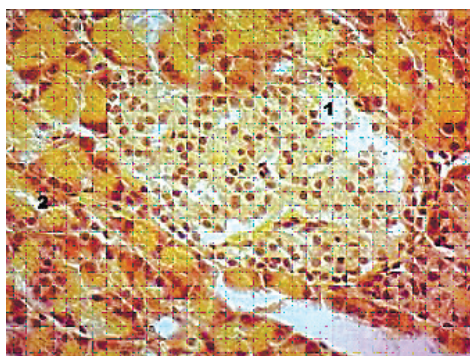


Рис. 5. Підшлункова залоза щура на 30-ту добу клітинної дегідратації. Екзокриноцити

На 30-ту добу дослідження ПА зменшилася відносно контролю на 18,5 %, відносно 10-ї доби – на 51,1 %, відносно 20-ї доби – на 20,3 %. ПОЛ збільшилася відносно контролю на 45,9 %, відносно 10-ї доби – на 45,5 %, але відносно 20-ї доби зменшилася на 10,6 %. ПП зменшилася відносно контролю на 35,9 %, відносно 10-ї доби – на 42,9 %, відносно 20-ї доби – на 9,1 %. ПЯП збільшилася відносно контролю на 46,2 %, відносно 10-ї доби – на 40,2 %, відносно 20-ї доби – на 18,0 % (рис. 6).

Аналізуючи результати встановлено, що при прогресуванні клітинної дегідратації відбувається наростання змін

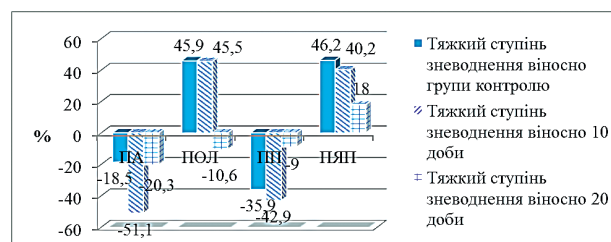


Рис. 6. Зміни морфометричних показників підшлункової залози за умов важкого ступеня клітинної дегідратації

у показниках ПОЛ ($r=0,73$, $p<0,001$), ПЯП ($r=0,75$, $p<0,001$), ПА ($r=-0,3$, $p=0,056$) та ПП ($r=-0,81$, $p<0,001$). Виявлено сильний кореляційний зв'язок між варіабельністю ПОЛ та ПЯП ($r=0,66$, $p<0,001$). Привертає увагу наявність сильного негативного кореляційного зв'язку між ПА та ПОЛ ($r=-0,49$, $p<0,001$), між ПП та ПОЛ ($r=-0,77$, $p<0,001$), між ПП та ПА ($r=-0,56$, $p<0,001$), між ПП та ПЯП ($r=-0,69$, $p<0,001$). З іншого боку, виявлено слабкий негативний кореляційний зв'язок між параметрами ПЯП та ПА ($r=-0,66$, $p=0,028$).

Висновки

1. Гістоструктура підшлункової залози зазнає виражених змін за умов клітинної дегідратації незалежно від термінів спостереження. Деструктивні зміни екзо- та ендокринної частини паренхіми, мікроциркуляторного русла прогресують прямо пропорційно зростанню тяжкості дегідратації.

2. Упродовж наростання гіперосмолярної клітинної дегідратації спостерігається поступове збільшення площі ацинусів при легкому ступені зневоднення, площі острівців Лангерганса – при середньому та важкому ступені, площа екзокринних панкреатоцитів зменшується при середньому та важкому ступені з одночасним збільшенням площі їх ядер за умов вираженої дегідратації.

3. При порівнянні результатів площі острівців Лангерганса та ядер ендокриноцитів за умов легкого ступеня та площі ацинусів, за умов середнього та важкого ступеня зневоднення, відносно контролю, достовірних відмінностей не виявлено.

Перспективи подальших досліджень. У майбутньому передбачається вивчення ендо- та екзокринної частини підшлункової залози за умов позаклітинного зневоднення.

Список літератури

1. Гончарук ВВ. Вода – всевітний буфер планети та її імунна система. Вода: гігієна та екологія. 2013;1(1):20-24.
2. Мокієнко АВ, Гоженко АІ, Петренко НФ. Хлорування води: знезараження або адаптивність, інактивація чи стимуляція? Вісник Національної академії наук України. 2012;11:32-40.
3. Gandy J. Water intake: validity of population assessment and recommendations. Eur J Nutr. 2015;54(2):11-6.
4. Кіптенко ЛІ. Морфологічні зміни внутрішніх органів щурів в умовах клітинної дегідратації на тлі посттравматичної регенерації великомілкової кістки. Світ медицини та біології. 2013;2:41-43.
5. Mahon E, Hackett AF, Stott T, George K, Davies I. An assessment of the hydration status of recreational endurance athletes during mountain marathon events. American Journal of Sports Science. 2014;2(4):77-86. DOI: 10.11648/j.ajss.20140204.12.
6. Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної медичної допомоги та медичної реабілітації. Хронічний панкреатит. Наказ МОЗ України № 638 від 10.09.2014 р. Київ; 3-34.
7. WHO recommendations on the management of diarrhea and

Оригінальні дослідження

pneumonia in children. Geneva, Switzerland: World Health Organisation; 2010. 60p [Internet] [cited 2014]. Available from:

https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/9789241548083/en/.

8. Нетюхайло ЛГ, Філатова ВЛ, Філатова ОВ. Водно – сольовий обмін (огляд літератури). Вісник проблем біології і медицини. 2012;91(1):28-33.

9. Nortje CJ. Endocrine mechanism texty in the developing rat chronically exposed to dietary lead. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2001;56(11):502-14.

10. Шлапак ІП, Голубовська ОА, Галушко ОА. Дегідратаційний синдром. Гострі та невідкладні стани в практиці лікаря. 2015;6:37.

11. Зербіно ДД, Багрії ММ, Боднар ЯЯ, Діброва ВА, редактор. Патоморфологія та гістологія: атлас. Вінниця: Нова книга; 2016. 800 с.

12. Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. Руководство для врачей и лаборантов. Москва: Медицина; 1996. 542 с.

References

1. Honcharuk VV. Voda – vsesvitnii bufer planety ta yii imunna systema [Water is the planet's global buffer and its immune system]. *Voda: hihiiena ta ekolohiia*. 2013;1(1):20-4. (in Ukrainian).

2. Mokiienko AV, Hozhenko AI, Petrenko NF. Khloruvannia vody: znezarazhennia abo adaptivnist, inaktivatsiia chy stymulatsiia? [Chlorination of water: disinfection or adaptability, inactivation or stimulation?]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2012;11:32-40. (in Ukrainian).

3. Gandy J. Water intake: validity of population assessment and recommendations. *Eur J Nutr*. 2015;54(2):11-6. DOI: 10.1007/s00394-015-0944-8.

4. Kiptenko LI, Vas'ko LV, Hortyn'ska OM. Morfolohichni zminy vnutrishnikh orhaniv schuriv v umovakh klitynoi dehidratsii na tli posttravmatychnoi reheratsii velykohomilkovoi kistky [Morphological changes of internal organs of rats in the conditions of cellular dehydration

against the background of post-traumatic regeneration of the tibia]. *Svit medytsyny ta biolohii*. *Svit medytsyny ta biolohii*. 2013;2:41-3. (in Ukrainian).

5. Mahon E, Hackett T, Stott T. An assessment of the hydration status of recreational endurance athletes during mountain marathon events. *American Journal of Sports Science*. 2014;2(4):77-86. DOI: 10.11648/j.ajss.20140204.12.

6. Unifikovannyi klinichnyi protokol pervynnoi, vtorynnoi medychnoi dopomohy ta medychnoi reabilitatsii. Khronichnyi pankreatyt. Nakaz MOZ Ukrainy № 638 vid 10.09.2014 r. Kyiv; 3-34 [Unified clinical protocol of primary, secondary medical care and medical rehabilitation. Chronic pancreatitis. Order of the Ministry of Health of Ukraine № 638 dated September 10, 2014, Kyiv; 3-34]. (in Ukrainian).

7. WHO recommendations on the management of diarrhea and pneumonia in children. Geneva, Switzerland: World Health Organisation; 2010. 60p [Internet]; [cited 2014]. Available from:

https://www.who.int/maternal_child_adolescent/documents/9789241548083/en/.

8. Netiukhailo LH, Filatova VL, Filatova OV. Vodno – sol'ovyi obmin (ohliad literatury) [Water - salt metabolism (literature review)]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny*. 2012;91(1):28-33. (in Ukrainian).

9. Nortje CJ. Endocrine mechanism texty in the developing rat chronically exposed to dietary lead. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2001; 56(11):502-14.

10. Shlapak IP, Holubov'ska OA, Halushko OA. Dehidratsiynyi syndrome [Dehydration syndrome]. *Hostri ta nevidkladni stany v praktytsi likaria*. 2015;6:37. (in Ukrainian).

11. Zerbino DD, Bahrii MM, Bodnar YaYa, Dibrova VA, editors. Patomorfolohiia ta histolohiia: atlas [Pathomorphology and histology: atlas]. Vinnytsia: Nova knyha; 2016. 800 p. (in Ukrainian).

12. Lilli R. Patogistologicheskaya tekhnika i prakticheskaya gistokhimiya. Rukovodstvo dlya vrachei i laborantov [Pathological technique and practical histochemistry. A guide for doctors and laboratory assistants. Moscow: Medicine; 1996. 542 p. (in Russian).

Відомості про авторів

Ковчун В. Ю. – аспірант кафедри морфології Медичного інституту Сумського державного університету, м. Суми, Україна.

Сікора В. З. – д.мед.н., професор кафедри морфології Медичного інституту Сумського державного університету, м. Суми, Україна.

Линдін М. С. – к.мед.н., асистент кафедри патологічної анатомії Медичного інституту Сумського державного університету, м. Суми, Україна.

Сікора В. В. – к.мед.н., асистент кафедри патологічної анатомії Медичного інституту Сумського державного університету, м. Суми, Україна.

Сведения об авторах

Ковчун В. Ю. – аспирант кафедры морфологии Медицинского института Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина.

Сикора В. З. – д.м.н., профессор кафедры морфологии Медицинского института Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина.

Лындин Н. С. – к.м.н., ассистент кафедры патологической анатомии Медицинского института Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина.

Сикора В. В. – к.м.н., ассистент кафедры патологической анатомии Медицинского института Сумского государственного университета, г. Сумы, Украина.

Information about the authors

Kovchun V. Yu. – PhD student of the Morphology Department, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Sikora V. Z. – PhD, DSci, professor of the Morphology Department, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Lyndin N. S. – PhD, assistant professor of the Pathological Anatomy Department, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Sikora V. V. – PhD, assistant professor of the Pathological Anatomy Department, Sumy State University, Sumy, Ukraine.

Надійшла до редакції 18.05.2020

Рецензент — проф. Цигикало О.В.

© В.Ю. Ковчун, В.З. Сікора, М.С. Линдін, В.В. Сікора, 2020