

ВПЛИВ ВОДИ ВІД'ЄМНОГО ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ З НАСИЧЕННЯМ ВОДНЕМ НА ФУНКЦІЮ НИРОК У ЩУРІВ**Ю.Є. Роговий, В.Я. Цитрін**

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ключові слова: водний діурез, функція нирок, вода від'ємного окисно-відновного потенціалу, насичення воднем.

Буковинський медичний вісник. 2022. Т. 26, № 1 (101). С. 23-28.

DOI: 10.24061/2413-0737.XXVI.1.101.2022.3

E-mail:
rohovyi.yurii@bsmu.edu.ua

Резюме. Мета роботи – з'ясувати вплив навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем на показники функції нирок порівняно до індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем.

Матеріал і методи. В експериментах на 60 самцях білих-нелінійних щурів масою 0,16-0,18 кг досліджували вплив навантаження звичайною водогінною водою (окисно-відновний потенціал $90,4 \pm 1,45$ мВ), водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем (окисно-відновний потенціал $-304,5 \pm 4,79$ мВ) та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем 1,0 - 1,2 ррт та окисно-відновним потенціалом $-297,3 \pm 5,27$ мВ. Використані експериментальні, фізіологічні, біохімічні, хімічні, фізико-хімічні, статистичні методи дослідження.

Результати. За навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем порівняно з індукованим діурезом від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогидрину встановлено відсутність гальмування клубочкової фільтрації, фільтраційної фракції і проксимальної реабсорбції іонів натрію, зменшення втрат білка з сечею та гальмування окисно-відновного потенціалу сечі. Дані зміни пояснюються відсутністю активації дизрегуляційного механізму базального тону судин кіркової речовини нирок за умов навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем.

Висновок. Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем порівняно з індукованим діурезом від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем викликає відновлення швидкості клубочкової фільтрації, фільтраційної фракції і проксимальної реабсорбції іонів натрію та зниження втрат білка з сечею через відсутність активації механізму базального тону судин кіркової речовини нирок, що пояснюється високою проникністю молекулярного водню та рівномірним постачанням електронів до всіх органів і тканин.

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА С НАСЫЩЕНИЕМ ВОДОРОДОМ НА ФУНКЦИЮ ПОЧЕК У КРЫС**Ю.Е. Роговий, В.Я.Цитрин**

Ключевые слова: водный диурез, функция почек, вода отрицательного окислительно-восстановительного потенциала, насыщение водородом.

Буковинский медицинский вестник. 2022. Т. 26, № 1 (101). С. 23-28.

Резюме. Цель работы – выявить влияние нагрузки водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с насыщением водородом на показатели функции почек по сравнению с индуцированным диурезом водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала без насыщения водородом.

Материал и методы. В экспериментах на 60 самцах белых-нелинейных крыс массой 0,16-0,18 кг исследовали влияние нагрузки обычной водопроводной водой (окислительно-восстановительный потенциал $90,4 \pm 1,45$ мВ), водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала без насыщения водородом (окислительно-восстановительный потенциал $-304,5 \pm 4,79$ мВ) и водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с насыщением водородом 1,0 - 1,2 ррт, окислительно-восстановительным потенциалом $-297,3 \pm 5,27$ мВ. Использованы экспериментальные, физиологические, биохимические, химические, физико-химические, статистические методы исследования.

Результаты. При нагрузке водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с насыщением водородом по сравнению с индуцированным диурезом отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с использованием микрогидрина показано отсутствие торможения

Оригінальні дослідження

клубочковой фильтрации, фильтрационной фракции и проксимальной реабсорбции ионов натрия, уменьшение потерь белка, окислительно-восстановительного потенциала мочи. Данные изменения объясняются отсутствием активации дизрегуляторного механизма базального тонуса сосудов коркового вещества почек при нагрузке водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с насыщением водородом.

Вывод. Нагрузка водой отрицательного окислительно-восстановительного потенциала с насыщением водородом по сравнению с индуцированным диурезом отрицательного окислительно-восстановительного потенциала без насыщения водородом вызывает восстановление скорости клубочковой фильтрации, фильтрационной фракции и проксимальной реабсорбции ионов натрия и снижение потерь белка с мочой из-за отсутствия активации механизма базального тонуса сосудов коркового вещества почек, что объясняется высокой проницаемостью молекулярного водорода и равномерной доставкой электронов ко всем органам и тканям.

INFLUENCE OF WATER OF NEGATIVE OXIDATION-REDUCTION POTENTIAL WITH HYDROGEN SATURATION ON KIDNEY FUNCTION IN RATS

Yu.Ye. Rohovyi, V.Y. Tsitrin

Key words: water diuresis, renal function, water of negative redox potential, hydrogen saturation.

Bukovinian Medical Herald.
2022. T. 26, № 1 (101). С. 23-28.

Resume. Objective. To study the effect of water load of negative redox potential with hydrogen saturation on renal function in comparison with induced diuresis with water of negative redox potential without hydrogen saturation.

Material and methods. In experiments on 60 male white-nonlinear rats weighing 0.16-0.18 kg, the effect of loading with ordinary tap water (redox potential 90.4 ± 1.45 mV), water of negative redox potential without saturation with hydrogen (redox potential -304.5 ± 4.79 mV) and water of negative redox potential with hydrogen saturation 1.0 - 1.2 ppm and redox potential -297.3 ± 5.27 mV. Used: experimental, physiological, biochemical, chemical, physicochemical, statistical research methods.

Results. Under water load of negative redox potential with hydrogen saturation in comparison with induced diuresis of negative redox potential with the use of microhydrin, there was no inhibition of glomerular filtration, filtration fraction and proximal reabsorption of sodium ions, change restorative potential of urine. These changes are explained by the lack of activation of the dysregulatory mechanism of basal vascular tone of the renal cortex under conditions of water load of negative redox potential with hydrogen saturation.

Conclusion. Water loading of negative redox potential with hydrogen saturation in comparison with induced diuresis of negative redox potential without hydrogen saturation causes recovery of glomerular filtration rate, filtration fraction and proximal reabsorption of sodium ions, due to the lack of activation of the mechanism of basal vascular tone of the renal cortical substance, due to the high permeability of molecular hydrogen and uniform delivery of electrons to all organs and tissues.

Вступ. Добре відомо, що гальмування окисно-відновного потенціалу води на кожні 59 мВ призводить до зростання кількості електронів у 10 разів. За гальмування окисно-відновного потенціалу води на 118 мВ, кількість електронів зростає у 100 разів, на 177 мВ – у 1000 разів [6] і т.д. Наростання кількості електронів може сприяти покращанню синтезу макроергів АТФ і, відповідно, позитивно впливати на головний енергозалежний процес нирок – реабсорбцію іонів натрію [8]. Водночас, навантаження організму водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогідрину призводить до активації механізму базального тонусу, транзитної ішемії судин кіркової речовини нирок та гальмування клубочкової фільтрації, фільтраційної фракції, проксимальної реабсорбції іонів натрію, розвитку протеїнурії [5]. Допускається, що дану проблему можна вирішити шляхом використання

води від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем, який може проникати всередину клітин, досягати мітохондрій, легко долати бар'єри організму: гемато-енцефалічний, гемато-тироїдний, гемато-тестикулярний, гемато-кохлеарний, проникати в ділянки ішемії та набряку та виявляти антиоксидантну дію шляхом нейтралізації гідроксильного радикала та пероксинітриду [9, 10, 12]. Водночас до сьогоднішнього дня не з'ясовано питання щодо впливу води від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем на функцію нирок в інтактних тварин.

Мета дослідження. З'ясувати вплив навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем на показники функції нирок порівняно до індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем.

Матеріал і методи. В експериментах на 60 самцях

білих-нелінійних щурів масою 0,16-0,18 кг досліджували вплив навантаження звичайною водогінною водою (окисно-відновний потенціал $90,4 \pm 1,45$ мВ), водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем за використання препарату мікрогідрин (окисно-відновний потенціал $-304,5 \pm 4,79$ мВ) та водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем 1,0 - 1,2 ppm та окисно-відновним потенціалом $-297,3 \pm 5,27$ мВ, яку отримували за допомогою генератора нового покоління Blue Water 900 (Корея), режим 1, що містить удосконалену протонно-обмінну мембрану PEM/SPE, яка одночасно є твердим полімерним електролітом [4].

Функцію нирок вивчали за умов водного індукованого діурезу та навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без та з насиченням воднем, для чого досліджували рідини в кількості 5% від маси тіла за допомогою металевого зонда вводили шурам у шлунок з подальшим збором сечі впродовж 2 год. У сечі та плазмі крові визначали концентрації креатиніну за реакцією з пікриновою кислотою. Концентрації іонів натрію досліджували методом фотометрії полум'я на ФПЛ-1. Концентрацію білка в сечі оцінювали за методом із сульфосаліциловою кислотою. Розраховували екскрецію білка, креатиніну, клубочкову фільтрацію за кліренсом ендogenous креатиніну, фільтраційну фракцію іонів натрію, його проксимальну та дистальну реабсорбцію, відносно реабсорбції води [1, 3]. Окисно-відновний потенціал води та сечі визначали ОВП метром [6, 11].

Статистичну обробку отриманих даних проводили на комп'ютері за допомогою програм "Statgrafics", "Statistica" та "Excel 2003". Всі експерименти проведені з дотриманням Конвенції Ради Європи про охорону хребетних тварин, що використовують в експериментах та інших наукових цілях (від 18.03.1986 р.), «Правил етичних принципів проведення наукових медичних досліджень за участю людини», затверджених Гельсінською декларацією (1964-2013 pp.), ICH GCP (1996 р.), Директиви ЄС №609 (від 24.11.1986 р.), наказів МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р., № 944 від 14.12.2009 р., № 616 від 03.08.2012р.

Результати досліджень та їх обговорення.

Величина окисно-відновного потенціалу сечі склала $89,8 \pm 1,46$ мВ за умов індукованого діурезу, проведеного звичайною водогінною водою з окисно-відновним потенціалом $90,4 \pm 1,45$ мВ. Окисно-відновний потенціал сечі склав $92,9 \pm 1,83$ мВ за індукованого діурезу з від'ємним окисно-відновним потенціалом води без насичення воднем із застосуванням мікрогідрину, який склав $-304,5 \pm 4,79$ мВ. Окисно-відновний потенціал сечі знижувався до $-39,9 \pm 1,28$ мВ ($p < 0,01$) за індукованого діурезу з від'ємним окисно-відновним потенціалом води з насиченням воднем $-297,9 \pm 5,27$ мВ.

За навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом без насичення воднем виявлено зростання величини сечовиділення, відносного діурезу, концентрації креатиніну в плазмі крові, концентрації та екскреції білка із сечею за гальмування швидкості клубочкової фільтрації за

кліренсом креатиніну, фільтраційної фракції іонів натрію, відносної реабсорбції води та проксимального транспорту іонів натрію (табл. 1). За навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом з насиченням воднем виявлено зростання відносної реабсорбції води, фільтраційної фракції іонів натрію та його проксимального транспорту за зниження концентрації та екскреції білка із сечею. Інші показники змін не зазначали (табл. 2).

За навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом з насиченням воднем порівняно до навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом без насичення воднем виявлено зростання швидкості клубочкової фільтрації, відносної реабсорбції води, фільтраційної фракції іонів натрію та його проксимального транспорту за зниження концентрації та екскреції білка із сечею та концентрації креатиніну в плазмі крові. Інші показники змін не зазначали (табл. 3).

Відсутність гальмування окисно-відновного потенціалу сечі за умов індукованого діурезу, проведеного водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем вказує на використання електронів для потреб метаболізму, переважно серцем експериментальних тварин, ймовірно для синтезу АТФ. Встановлені факти гальмування клубочкової фільтрації, фільтраційної фракції іонів натрію пояснюються підвищенням активності дизрегуляційного механізму базального тонусу [2, 5] судин нирок через збільшення скоротливої функції серця та підвищення систолічного об'єму крові.

Зниження проксимальної реабсорбції іонів натрію за даних умов зумовлені зменшенням фільтраційного завантаження на каналцевий відділ нефрону. Зростання концентрації та екскреції білка зумовлене розвитком транзитornoї ішемії проксимального відділу нефрону через зростання базального тонусу судин кіркової ділянки нирок.

Встановлені факти, за навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом з насиченням воднем, зростання відносної реабсорбції води, фільтраційної фракції іонів натрію та його проксимального транспорту за зниження концентрації та екскреції білка із сечею пояснюються відсутністю активації механізму базального тонусу, оскільки за рахунок високої проникності молекулярного водню [7], постачання електронів відбувається ймовірно до всіх органів і тканин, а не тільки до серця (рис. 1).

Крім того, дане припущення підтверджується гальмуванням окисно-відновного потенціалу сечі.

Встановлені факти, за навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем порівняно до навантаження водою з від'ємним окисно-відновним потенціалом без насичення воднем, зростання швидкості клубочкової фільтрації, відносної реабсорбції води, фільтраційної фракції іонів натрію та його проксимального транспорту за зниження концентрації та екскреції білка із сечею та концентрації креатиніну в плазмі крові також пояснюються відсутністю активації механізму базального тонусу за рахунок високої проникності молекулярного водню та рівномірним

Оригінальні дослідження

Таблиця 1

Вплив індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем на функціональний стан нирок у інтактних щурів за використання мікрогидрину ($x \pm Sx$)

Показники	Навантаження водогінною водою - контроль (n=10)	Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогидрину (n=10)
Відносний діурез, %	94,22±0,521	97,98±0,147 (p < 0,01)
Діурез, мл/2 год · 100 г	4,71±0,026	4,89±0,007 (p < 0,01)
Швидкість клубочкової фільтрації, мкл/ хв · 100 г	167,7±1,60	126,9±3,70 (p < 0,01)
Відносна реабсорбція води, RH_2O %	76,57±0,270	68,21±0,900 (p < 0,01)
Проксимальний транспорт іонів натрію, T^pNa^+ мкмоль/ хв · 100 г	17,55±0,190	11,89±0,550 (p < 0,01)
Дистальний транспорт іонів натрію, T^dNa^+ мкмоль/ 2 год · 100 г	5,35±0,050	5,47±0,090
Концентрація креатиніну в плазмі крові, мкмоль/л	38,81±0,490	45,50±0,780 (p < 0,01)
Кліренс креатиніну, мл/2 год · 100 г	20,12±0,190	15,52±0,440 (p < 0,01)
Фільтраційна фракція іонів натрію, мкмоль/хв · 100 г	22,91±0,180	17,38±0,590 (p < 0,01)
Концентрація білка в сечі, мг/мл	0,021±0,0005	0,032±0,0016 (p < 0,01)
Екскреція білка, мг/2 год · 100 г	0,099±0,0030	0,157±0,0080 (p < 0,01)
Екскреція креатиніну, ммоль/2 год · 100 г	0,047±0,0010	0,041±0,0010 (p < 0,05)

p - вірогідність різниць порівняно з навантаженням водогінною водою (непараметричний тест Манна-Уїтні);
n - число спостережень.

Таблиця 2

Вплив індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу на функціональний стан нирок у інтактних щурів за додаткового насичення воднем ($x \pm Sx$)

Показники	Навантаження водогінною водою - контроль (n=10)	Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за додаткового насичення воднем (n=10)
Відносний діурез, %	94,22±0,521	93,83±1,465
Діурез, мл/2 год · 100 г	4,71±0,026	4,69±0,073
Швидкість клубочкової фільтрації, мкл/ хв 100 г	167,7±1,60	174,9±4,60
Відносна реабсорбція води, RH_2O %	76,57±0,270	77,58±0,310 p < 0,01
Проксимальний транспорт іонів натрію, T^pNa^+ мкмоль/ хв · 100 г	17,55±0,190	18,74±0,560 p < 0,05
Дистальний транспорт іонів натрію, T^dNa^+ мкмоль/ 2 год · 100 г	5,35±0,050	5,39±0,090
Концентрація креатиніну в плазмі крові, мкмоль/л	38,81±0,490	37,90±0,550
Кліренс креатиніну, мл/2 год · 100 г	20,12±0,190	20,99±0,550
Фільтраційна фракція іонів натрію, мкмоль/хв · 100 г	22,91±0,180	24,14±0,650 p < 0,01
Концентрація білка в сечі, мг/мл	0,021±0,0005	0,012±0,0010 p < 0,01
Екскреція білка, мг/2 год · 100 г	0,099±0,0030	0,055±0,0040 p < 0,01
Екскреція креатиніну, ммоль/2 год · 100 г	0,047±0,0010	0,048±0,0010

p - вірогідність різниць порівняно з навантаженням водогінною водою (непараметричний тест Манна-Уїтні);
n - число спостережень.

Таблиця 3

Вплив індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогідрину порівняно до індукованого діурезу водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за додаткового насичення воднем на функціональний стан нирок ($\bar{x} \pm Sx$)

Показники	Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогідрину (n=10)	Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за додаткового насичення воднем (n=10)
Відносний діурез, %	97,98±0,147	93,83±1,465
Діурез, мл/2 год · 100 г	4,89±0,007	4,69±0,073
Швидкість клубочкової фільтрації, мкл/хв · 100 г	126,9±3,70	174,9±4,60 p < 0,01
Відносна реабсорбція води, RH ₂ O %	68,21±0,900	77,58±0,310 p < 0,01
Проксимальний транспорт іонів натрію, T ^p Na ⁺ мкмоль/хв · 100 г	11,89±0,550	18,74±0,560 p < 0,01
Дистальний транспорт іонів натрію, T ^d Na ⁺ мкмоль/2 год · 100 г	5,47±0,090	5,39±0,090
Концентрація креатиніну в плазмі крові, мкмоль/л	45,50±0,780	37,90±0,550 p < 0,01
Кліренс креатиніну, мл/2 год · 100 г	15,52±0,440	20,99±0,550 p < 0,01
Фільтраційна фракція іонів натрію, мкмоль/хв · 100 г	17,38±0,590	24,14±0,650 p < 0,01
Концентрація білка в сечі, мг/мл	0,032±0,0016	0,012±0,0010 p < 0,01
Екскреція білка, мг/2 год · 100 г	0,157±0,0080	0,055±0,0040 p < 0,01
Екскреція креатиніну, ммоль/2 год · 100 г	0,041±0,0010	0,048±0,0010

p - вірогідність різниць порівняно з навантаженням водою від'ємного окисно-відновного потенціалу за використання мікрогідрину (непараметричний тест Манна-Уїтні); n - число спостережень.



Рис. 1. Відсутність активації дизрегуляційного механізму базального тону судин кіркової речовини нирок за водного індукованого діурезу від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем порівняно до від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем за використання мікрогідрину

постачанням електронів до всіх органів і тканин, а не тільки до серця.

Висновок. Навантаження водою від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем порівняно з індукованим діурезом від'ємного окисно-відновного потенціалу без насичення воднем викликає відновлення швидкості клубочкової фільтрації,

фільтраційної фракції і проксимальної реабсорбції іонів натрію та зниження втрат білка із сечею через відсутність активації механізму базального тону судин кіркової речовини нирок, що пояснюється високою проникністю молекулярного водню та рівномірним постачанням електронів до всіх органів і тканин.

Перспективи подальших досліджень. Становить інтерес подальше вивчення впливу води від'ємного окисно-відновного потенціалу з насиченням воднем на функціональний стан нирок за гемічної гіпоксії.

Список літератури

1. Бойчук ТМ, Роговий ЮС, Арійчук ОІ. Патолофізіологія нирок за нефролітазу. Чернівці: Буковина друк; 2018. 195 с.
2. Гоженко АІ. Теорія болезни. Одеса: Фенікс; 2018. 236 с.
3. Кришталь МВ, Гоженко АІ, Сірман ВМ. Патолофізіологія нирок. Одеса: Фенікс; 2020. 144 с.
4. Роговий ЮЕ, Цитрин ВЯ, Архіпова ЛГ, Белокий ВВ, Колесник ОВ. Использование молекулярного водорода в коррекции синдрома no-reflow на полиурической стадии сулемовой нефропатии. Georgian Medical News. 2021;2:156-62.
5. Роговий ЮС, Колесник ОВ, Цитрин ВЯ. Дизрегуляційний механізм впливу води від'ємного окисно-відновного потенціалу на функцію нирок. Буковинський медичний вісник. 2020;24(4):93-8. DOI: 10.24061/2413-0737.XXIV.4.96.2020.108.

Оригінальні дослідження

6. Роговий ЮС, Колесник ОВ, Цитрін ВЯ. Патолофізіологія гострого ушкодження нирок за від'ємного окисно-відновного потенціалу. Чернівці: Букрек; 2021. 200 с.

7. Ishibashi T. Therapeutic efficacy of molecular hydrogen: a new mechanistic insight. *Curr Pharm Des.* 2019;25(9):946-55. DOI: 10.2174/1381612825666190506123038.

8. Fedoruk AS, Gozhenko AI, Rogovyi IE. The protective action of alpha-tocopherol on kidney function and lipid peroxidation in acute hemic hypoxia. *Patologicheskaiia fiziologiia i eksperimental'naia terapiia.* 1998;4:35-8.

9. Li Ge, Ming Yang, Na-Na Yang, Xin-Xin Yin, Wen-Gang Song. Molecular hydrogen: a preventive and therapeutic medical gas for various diseases. *Oncotarget.* 2017;8:102653-673. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.21130>.

10. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, Watanabe M, Nishimaki K, Yamagata K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nat Med.* 2007;13(6):688-94. DOI: 10.1038/nm1577.

11. Rohovyi Yu, Kolesnik O. Influence of negative redox potential on functional and biochemical processes of the kidneys at the polyuric stage of sublimite nephropathy. *Journal of Education, Health and Sport.* 2020;10(1):188-200. DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2020.10.01.021>.

12. Rothan HA, Byraredy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J Autoimmun.* 2020;109:102433. DOI: 10.1016/j.jaut.2020.102433.

References

1. Boichuk TM, Rohovyi YuE, Ariichuk OI. Patofiziologiia nyrok za nefrolitiazu [Pathophysiology of the kidneys in nephrolithiasis]. Chernivtsi: Bukovyna druk; 2018. 195 p. (in Ukrainian).

2. Gojenko AI. Teoria bolezni [Disease theory]. Odessa: Feniks, 2018: 236 p. (in Russian).

3. Kryshal' MV, Hozhenko AI, Sirman VM. Patofiziologiia nyrok [Pathophysiology of the kidneys]. Odessa: Feniks; 2020. 144 p. (in Ukrainian).

4. Rogovyy YuE, Tsitryn VYa, Arkhipova LG, Belookiy VV, Kolesnik OV. Ispol'zovanie molekulyarnogo vodoroda v korrektsii sindroma no-reflow na poliuricheskoy stadii

sulemovooy nefropatii [The use of molecular hydrogen in the correction of no-reflow syndrome at the polyuric stage of sublimite nephropathy]. *Georgian Medical News.* 2021;2:156-62. (in Russian).

5. Rohovyi YuE, Kolesnik OV, Tsitryn VIa. Dyzrehuliatsiinyi mekhanizm vplyvu vody vid'iemnoho oksysovidnovnoho potentsialu na funktsiiu nyrok [The dysregulatory mechanism of the effect of water of negative redox potential on renal function]. *Bukovyns'kyi medychnyi visnyk.* 2020;24(4):93-8. DOI: 10.24061/2413-0737. XXIV.4.96.2020.108. (in Ukrainian).

6. Rohovyi YuE, Kolesnik OV, Tsytryn VIa. Patofiziologiia hostroho ushkodzhennia nyrok za vid'iemnoho oksysovidnovnoho potentsialu [Pathophysiology of acute kidney damage with negative redox potential]. Chernivtsi: Bukrek; 2021. 200 p. (in Ukrainian).

7. Ishibashi T. Therapeutic efficacy of molecular hydrogen: a new mechanistic insight. *Curr Pharm Des.* 2019;25(9):946-55. DOI: 10.2174/1381612825666190506123038.

8. Fedoruk AS, Gozhenko AI, Rogovyi IE. The protective action of alpha-tocopherol on kidney function and lipid peroxidation in acute hemic hypoxia. *Patologicheskaiia fiziologiia i eksperimental'naia terapiia.* 1998;4:35-8. (in Russian).

9. Li Ge, Ming Yang, Na-Na Yang, Xin-Xin Yin, Wen-Gang Song. Molecular hydrogen: a preventive and therapeutic medical gas for various diseases. *Oncotarget.* 2017;8:102653-673. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.21130>.

10. Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, Watanabe M, Nishimaki K, Yamagata K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals. *Nat Med.* 2007;13(6):688-94. DOI: 10.1038/nm1577.

11. Rohovyi Yu, Kolesnik O. Influence of negative redox potential on functional and biochemical processes of the kidneys at the polyuric stage of sublimite nephropathy. *Journal of Education, Health and Sport.* 2020;10(1):188-200. DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2020.10.01.021>.

12. Rothan HA, Byraredy SN. The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak. *J Autoimmun.* 2020;109:102433. DOI: 10.1016/j.jaut.2020.102433.

Відомості про авторів

Роговий Юрій Євгенович – д-р мед. наук, професор, завідувач кафедри патологічної фізіології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Цитрін Вольф Якович – аспірант кафедри патологічної фізіології Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

Сведения об авторах

Роговий Юрий Евгеньевич – д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической физиологии Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина.

Цитрин Вольф Якович – аспирант кафедры патологической физиологии Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина.

Information about the authors

Rohovyi Yurii – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Pathological Physiology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

Tsitryn Volf – postgraduate student of the Department of Pathological Physiology, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

*Надійшла до редакції 08.12.21
Рецензент – проф. Плевш І.А.
© Yu. Ye. Rohovyi, V. Y. Tsitryn, 2022*