

ДИНАМІКА ВМІСТУ β_2 -МІКРОГЛОБУЛІНУ КРОВІ ТА СЕЧІ У ХВОРИХ З УРАЖЕННЯМ НИРОК, ЯКІ ПЕРЕНЕСЛИ КОРОНАВІРУСНУ ХВОРОБУ

Л. О. Зуб, Б. В. Горбан

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ключові слова:
хронічна хвороба нирок,
коронавірусна хвороба,
бета-2-мікроглобулін.

Клінічна та
експериментальна
патологія 2023. Т.22,
№3 (85). С. 16-21.

DOI:10.24061/1727-4338.
XXII.3.85.2023.03

E-mail:
love22031996@gmail.com

Мета роботи – вивчити вміст бета-2-мікроглобуліну в крові та сечі хворих з ураженням нирок, що перенесли коронавірусну хворобу, та здійснити інтерпретацію отриманих результатів.

Матеріал та методи. Обстежено 95 хворих з ураженням нирок, що перенесли коронавірусну хворобу. У всіх пацієнтів досліджували вміст бета-2-мікроглобуліну крові та сечі імуноферментним методом.

Результати. Найбільш суттєве зростання вмісту бета-2-мікроглобуліну як у крові, так і в сечі відзначено у пацієнтів, що перехворіли на коронавірусну хворобу на тлі хронічної хвороби нирок (ХХН) III-IV стадії, у тому числі – у пацієнтів, які перебувають на гемодіалізі. У пацієнтів із ХХН I-II стадії з пієлонефритом та гломерулонефритом спостерігалось, в основному, підвищення рівня бета-2-мікроглобуліну тільки в крові. У хворих на ХХН із цукровим діабетом II типу відзначено зростання вмісту бета-2-мікроглобуліну в крові та в сечі за наявності навіть ХХН II стадії.

Висновки. Коронавірусна хвороба має негативний вплив на перебіг хронічної хвороби нирок та прискорює її прогресування внаслідок суттєвого пришвидшення розвитку ниркової (тубулярної) дисфункції. На це вказує зростання вмісту бета-2-мікроглобуліну у крові та сечі хворих, що перенесли коронавірусну хворобу. Хворі на цукровий діабет II типу з ураженням нирок, які перенесли коронавірусну хворобу, є окремою групою ризику швидкого прогресування ХХН. Вказаний метод контролю динаміки вмісту бета-2-мікроглобуліну у крові та сечі може бути використаним для ранньої діагностики прогресування ХХН у хворих, що перенесли коронавірусну хворобу.

Key words:
chronic kidney disease,
coronavirus disease,
beta-2-microglobulin.

DYNAMICS OF β_2 -MICROGLOBULIN CONTENT IN BLOOD AND URINE IN PATIENTS WITH KIDNEY DAMAGE WHO HAD CORONAVIRUS DISEASE

L. O. Zub, B. V. Horban

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Clinical and experimental
pathology 2023. Vol.22,
№ 3 (85). P. 16-21.

The purpose of the work – to study the content of beta-2-microglobulin in the blood and urine of patients with kidney damage who suffered from coronavirus disease, and to interpret the results.

Material and methods. 95 patients with kidney damage who suffered from coronavirus disease were examined. In all patients, the content of beta-2-microglobulin in blood and urine was examined by the immunoenzymatic method.

The results. The most significant increase in the content of beta-2-microglobulin in both blood and urine was noted in patients who contracted the coronavirus disease against the background of chronic kidney disease (CKD) of the III-IV stage, including in patients undergoing hemodialysis. In patients with stage I-II CKD with pyelonephritis and glomerulonephritis, an increase in the level of beta-2-microglobulin only in the blood was observed. In CKD patients with type II diabetes, an increase in the content of beta-2-microglobulin in the blood and urine was noted even in the presence of CKD-II stage.

Conclusions. The coronavirus disease has a negative effect on the course of chronic kidney disease and accelerates its progression due to a significant acceleration of the development of renal (tubular) dysfunction. This is indicated by the increase in the content of beta-2-microglobulin in the blood and urine of patients who have suffered from the coronavirus disease. Patients with type II diabetes with kidney damage who have experienced coronavirus disease are a separate group at risk of rapid progression of CKD. This method of monitoring the dynamics of beta-2-microglobulin content in blood and urine can be used for early diagnosis of the progression of CKD in patients who have suffered from the coronavirus disease.

Вступ

Бета-2-мікроглобулін (β_2 -мкг) – білок, що знаходиться на поверхні клітин і є частиною системи

тканинної сумісності людини, яка відповідає за розпізнавання власних та чужих клітин, тобто є елементом імунної системи людини. Також він

наявний у крові, лімфі, сечі. Його вміст у крові переважно відображає зростання кількості лімфоцитів, на поверхні яких він присутній у значних кількостях. Цей білок кодується геном *B2M*, розташованим у лудей на довгому плечі 15-ї хромосоми [1, 2, 10].

β_2 -мкг є білком із низькою молекулярною масою, його синтез здійснюється в кожній клітині людського організму. У здорової дорослої людини інтенсивність вироблення цього білка в цілому постійна, зростає при дисфункції нирок, при цьому концентрація β_2 -мкг підвищується не тільки в крові, а й у сечі.

Вироблення названого білка може зростати при різних процесах, що супроводжуються активацією імунної системи: запальних, відторгнені при пересадці донорського органа та тканин, аутоімунних захворюваннях, інфекціях, спричинених вірусами. Якщо у пацієнта є злоякісні пухлини, рівень маркера корелюватиме з масою новоутворення, активністю його розвитку [9, 11]. Рівень β_2 -мкг у сечі підвищується через порушення ниркової фільтрації.

Елімінується з крові β_2 -мкг у нирках, він переміщується через мембрану клубочків нирок, потім майже 100% його кількості реабсорбується в ниркових каналцях (їх проксимальному відділі). Період напіврозпаду β_2 -мкг становить приблизно 40 хв. У сечі можуть бути виявлені тільки сліди цього білка [3, 6, 12].

При нирковій недостатності (зниження ниркового кліренсу) може зростати вміст β_2 -мкг у крові. Зниження клубочкової фільтрації призводить до збільшення вмісту цього білка в крові. Порушення функції каналців супроводжується збільшенням виділення β_2 -мкг з сечею. На сьогодні вміст β_2 -мкг сечі уже почали застосовувати як маркер пошкодження проксимальних ниркових каналців [7, 8].

У літературі відзначено високу специфічність тесту на визначення β_2 -мкг в крові та сечі при захворюванні нирок. Як вказано вище, динаміка вмісту β_2 -мкг змінюється також при вірусних захворюваннях [10, 13]. Тому вивчення характеру порушень цього показника у хворих з ураженням нирок, які перенесли коронавірусну хворобу (Cov), а також його діагностичної цінності при цій патології є дуже актуальним завданням сучасної медичної науки.

Мета дослідження

Вивчити вміст бета-2-мікроглобуліну в крові та сечі хворих з ураженням нирок, що перенесли

коронавірусну хворобу, та здійснити інтерпретацію отриманих результатів.

Матеріали та методи дослідження

Після проведених обстежень та відбору 95 пацієнтів у віці 45-67 років з ураженням нирок (ХХН), які перенесли Cov, сформовано групи дослідження: I-ХХН I-II ст. (25 осіб) (контроль – 22 особи); II-ХХН III ст. (22 особи) (контроль – 21 особа); III-ХХН IV ст. діаліз (25 осіб) (контроль – 19 осіб); IV-ХХН IV ст. діаліз (23 осіб) (контроль – 19 осіб). До груп контролю входили пацієнти з відповідною стадією ХХН без Cov в анамнезі. Для створення групи порівняння обстежено 20 здорових осіб. За нефрологічною нозологією дослідження включало: хронічний гломерулонефрит (ХГН) – 35 пацієнтів; хронічний пієлонефрит (ХПН) – 38 хворих; діабетична нефропатія (ДН) на тлі цукрового діабету (ЦД) II типу – 22 пацієнти. Окрім загальноприйнятих методів протокольного дослідження нефрологічних пацієнтів, у хворих досліджено вміст β_2 -мкг у крові та сечі імуноферментним методом [4]. При статистичній обробці матеріалу попередньо перевіряли дані на нормальність розподілу з використанням критерію Уілкі-Шапіро, згідно з яким гіпотеза на нормальність розподілу не повинна відхилятися (при $p=0,05$), у такому разі використовували параметричні методи статистичного аналізу – критерій Стьюдента [5]. Показники наведені у вигляді середніх значень з їх середніми похибками ($M \pm m$). Достовірною вважали різницю при $p < 0,05$.

Дослідження виконане відповідно до етичних норм Гельсинської декларації перегляду 2008 року.

Результати та їх обговорення

З даних табл. 1 видно підвищення вмісту β_2 -мкг крові у всіх хворих груп дослідження ($p < 0,05$). Показники відрізнялися від даних здорових осіб ($p < 0,05$) та при порівнянні з контролем кожної групи ($p < 0,05$), а також спостерігали достовірні відмінності при порівнянні даних III та IV груп з відповідними показниками I та II груп дослідження ($p < 0,05$). Необхідно відзначити, що не прослідковувалися відмінності показників β_2 -мкг крові у пацієнтів, які отримували сеанси гемодіалізу та тих, що їх не отримували без Cov в анамнезі з IV стадією ХХН ($p > 0,05$), а у відповідних хворих, що перенесли Cov показники відрізнялися вірогідно ($p < 0,05$).

Таблиця 1

Вміст β_2 -мікроглобуліну в крові та сечі хворих на хронічну хворобу нирок, що перенесли коронавірусну хворобу ($M \pm m$)

Показник	Здорові (20 осіб)	I група		II група		III група		IV група	
		З Cov (25 осіб)	Без Cov (22 особи)	З Cov (22 особи)	Без Cov (21 особа)	З Cov (25 осіб)	Без Cov (19 осіб)	З Cov (23 особи)	Без Cov (19 осіб)
β_2 -мкг крові (мкг/мл)	1,37±0,02	1,45±0,03*	1,36±0,03^	1,51±0,05*	1,37±0,05^	1,78±0,02**x	1,69±0,02*^x	1,85±0,03**x	1,71±0,02*^x
β_2 -мкг сечі (мкг/мл)	0,19±0,03	0,23±0,02	0,21±0,02	0,32±0,04*	0,27±0,04*^	1,22±0,03**x	1,07±0,03*^x	1,29±0,04**x	1,09±0,03*^x

Примітка: * – $p < 0,05$ порівняно з групою здорових; ^ – $p < 0,05$ порівняно з даними хворих із Cov всередині кожної групи; x – $p < 0,05$ порівняно з даними хворих I групи; ** – $p < 0,05$ порівняно з даними хворих II групи.

Щодо вивчення динаміки показників β_2 -мкг в сечі, як видно з таблиці 1, порівняно з нормою не було відмінностей тільки у I групі хворих ($p > 0,05$). У решті груп дослідження вміст β_2 -мкг у сечі порівняно з даними групи здорових осіб був підвищений ($p < 0,05$). При порівнянні даних у хворих без Cov і з Cov всередині кожної групи, спостерігали також достовірні відмінності ($p < 0,05$) у всіх групах дослідження, окрім I групи. Відзначено достовірні відмінності при порівнянні даних III та IV груп із відповідними показниками I та II груп дослідження ($p < 0,05$). Не відрізнялися між собою показники β_2 -мкг сечі у пацієнтів, які отримували сеанси гемодіалізу без Cov в анамнезі та з перенесеним Cov із IV стадією ХХН ($p > 0,05$).

Отже, зростання вмісту β_2 -мкг у крові усіх досліджуваних пацієнтів, що перенесли Cov, засвідчує, на нашу думку, про суттєві порушення у клубочковому апараті нирок, пошкодження мембран ниркових клубочків як за рахунок наслідків вірусного

ураження, так і через пришвидшення прогресування ХХН. З підвищенням ступеня ниркової недостатності вищевказані зміни посилюються. Відзначені нами зміни показників β_2 -мкг у сечі вказують на швидке прогресування інтерстиціальних порушень у хворих із ХХН після перенесеного Cov. Цікавим є те, що у діалітичних пацієнтів та у хворих із ХХН IV стадії без діалізу при порівнянні відповідних даних рівень β_2 -мкг у сечі вірогідно не відрізнявся.

При дослідженні β_2 -мкг крові та сечі хворих у нозологічних групах нами виявлено певні зміни цих показників, що відрізнялися як у межах нозологій, так і у групах ХХН.

Зокрема, з рис. 1 видно, що вірогідне підвищення показників β_2 -мкг крові у хворих, що перенесли Cov, спостерігалось у III та IV групах дослідження – відповідно $1,85 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$) та $1,92 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$) порівняно з даними здорових осіб.

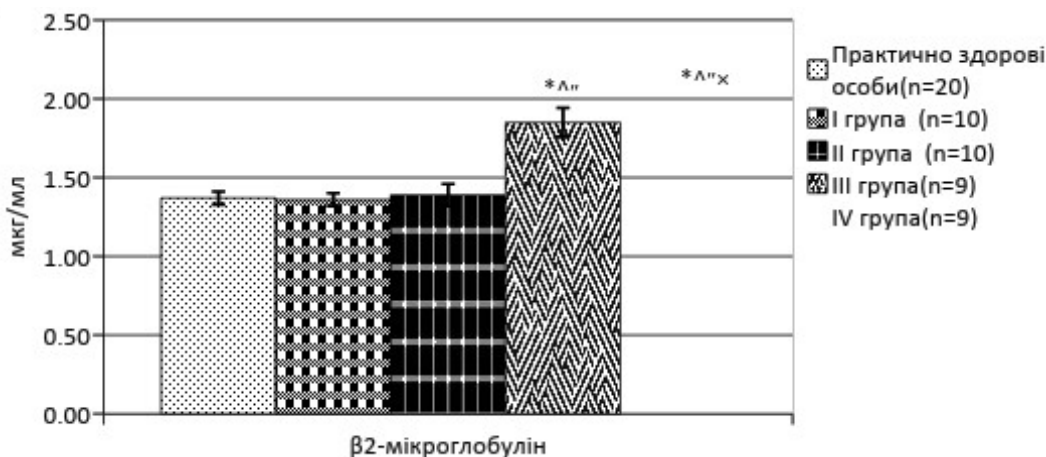


Рис. 1. Вміст β_2 -мкг у крові хворих із хронічним пієлонефритом, що перенесли Cov (мкг/мл).

Примітки: * – $p < 0,05$ порівняно з групою здорових; ^ – $p < 0,05$ порівняно з даними I групи; " – $p < 0,05$ порівняно з даними II групи; X – $p < 0,05$ порівняно з даними III групи.

На рис. 2 показано, що за наявності у хворих ХГН після перенесеного Cov відбулися більш глибокі зміни, що проявилися вірогідним підвищенням

показників β_2 -мкг у крові пацієнтів II, III, IV груп дослідження порівняно з їх нормальними значеннями ($p < 0,05$).

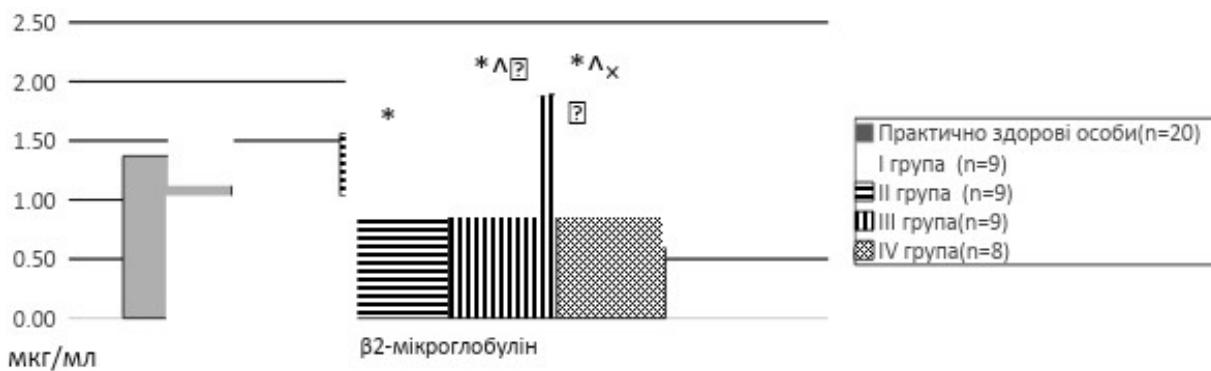


Рис. 2. Вміст β_2 -мкг в крові у хворих із хронічним гломерулонефритом, що перенесли Cov (мкг/мл).

Примітки: * – $p < 0,05$ порівняно з групою здорових; ^ – $p < 0,05$ порівняно з даними I групи; " – $p < 0,05$ порівняно з даними II групи; X – $p < 0,05$ порівняно з даними III групи.

З рис. 3 видно, що у пацієнтів з ХХН та ДН, які перенесли коронавірусну хворобу, показники β_2 -мкг у крові вірогідно підвищені навіть у I групі

дослідження, у наступних групах ступінь підвищення зростає порівняно з нормальними величинами ($p < 0,05$).

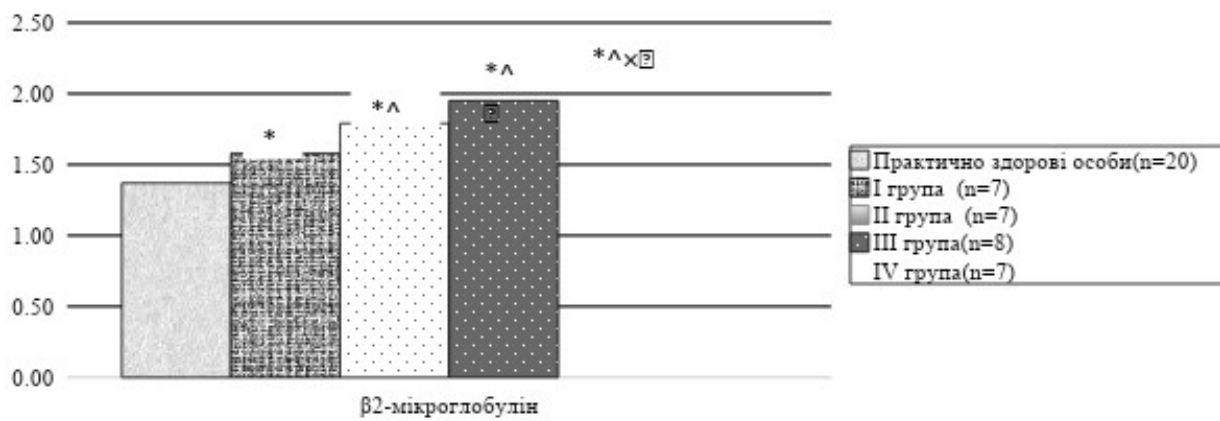


Рис. 3. Вміст β_2 -мкг у крові хворих із діабетичною нефропатією, що перенесли Cov (мкг/мл)

Примітки: * – $p < 0,05$ порівняно з групою здорових; ^ – $p < 0,05$ порівняно з даними I групи; " – $p < 0,05$ порівняно з даними II групи; x – $p < 0,05$ порівняно з даними III групи.

Подібними були зміни рівня β_2 -мкг в сечі у нозологічних групах хворих, які перенесли Cov. Зокрема, показники β_2 -мкг в сечі вірогідно підвищувалися у пацієнтів усіх нозологічних форм захворювання з наявністю ХХН. Однак були і відмінності. Якщо у хворих на ХПН вірогідні зміни цього показника виникали за наявності ХХН-III ст ($0,30 \pm 0,02$ мкг/мл) проти норми ($0,19 \pm 0,03$ мкг/мл) ($p < 0,05$), то у пацієнтів з ХГН та ДН вірогідні зміни вмісту β_2 -мкг фіксувалися вже у I групі хворих, тобто у пацієнтів із ХХН-I-II ст і відповідно становили: ХГН – $0,29 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$) та при ДН – $0,31 \pm 0,02$ мкг/мл ($p < 0,05$).

У решти груп хворих на ХГН, що перенесли Cov, показники β_2 -мкг в сечі мали такі значення:

II група – $0,95 \pm 0,04$ мкг/мл, ($p < 0,05$), III група – $1,25 \pm 0,02$ мкг/мл ($p < 0,05$), IV група – $1,29 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$). Необхідно відзначити, що показники III та IV груп між собою достовірно не відрізнялися ($p > 0,05$).

Найсуттєвішим підвищення вмісту β_2 -мкг в сечі було у групі хворих із ДН. Наприклад, відносно груп хворих із ХХН: I група – $0,31 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$), II група – $0,99 \pm 0,02$ мкг/мл ($p < 0,05$), III група – $1,32 \pm 0,04$ мкг/мл ($p < 0,05$), V група – $1,38 \pm 0,03$ мкг/мл ($p < 0,05$) (рис. 4). Як бачимо, показники III та IV груп у цій нозології (ДН) знову ж між собою не відрізнялися ($p > 0,05$). На нашу думку, це може бути обумовлене тим, що сучасні гемодіалізні апарати з новітніми мембранами, наближеними до біологічних, практично не спричиняють додаткового пошкодження ниркових структур.

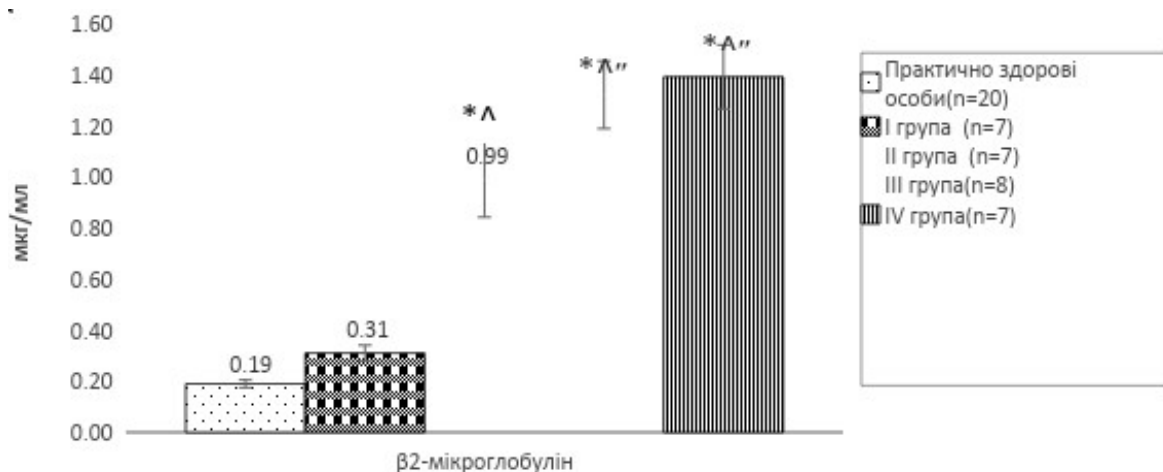


Рис. 4. Вміст β_2 -мкг в сечі у хворих із діабетичною нефропатією, що перенесли Cov (мкг/мл).

Примітки: * – $p < 0,05$ порівняно з групою здорових; ^ – $p < 0,05$ порівняно з даними I групи; " – $p < 0,05$ порівняно з даними II групи; x – $p < 0,05$ порівняно з даними III групи.

Отже, проведені нами дослідження наслідків перенесеного Cov щодо прогресування ХХН продемонстрували виражений негативний вплив вірусу на швидкість наростання ниркової недостатності у пацієнтів із ХХН. Вміст β_2 -мкг у крові та сечі зазнає значних змін при прогресуванні ХХН, найбільш вагомими вони є у хворих із ХХН III-IV стадії. За умов наявності ДН ці зміни проявляються найбільше, що засвідчує про суттєве пошкодження Клінічна та експериментальна патологія. 2023. Т.22, № 3 (85)

ниркової тканини як клубочків, так і інтерстицію нирок.

Висновки

1. Прогресування ХХН у хворих усіх груп спостереження, які перенесли коронавірусну хворобу, супроводжується зростанням вмісту у крові β_2 -мкг ($p < 0,05$), найбільш вагомим у хворих III та IV груп, особливо за наявності ДН.

2. Виявлено відмінності вмісту β_2 -мкг у сечі у пацієнтів із ХХН різних нозологічних груп, які перенесли коронавірусну хворобу. Найвагомніше підвищення рівня β_2 -мкг у сечі спостерігалася у пацієнтів з ДН, що було вірогідним порівняно з нормою вже у I групі дослідження ($p < 0,05$).

3. Хворі на цукровий діабет II типу з ураженням нирок, які перенесли коронавірусну хворобу, є окремою групою ризику швидкого прогресування ХХН.

4. Вміст β_2 -мкг у крові та сечі може бути використаний як маркер прогресування ХХН у хворих, які перенесли коронавірусну хворобу.

Перспективи подальших досліджень

Нами заплановано в подальшому дослідити вміст β_2 -мкг у пацієнтів із ХХН та ДН, а також здійснити порівняльну характеристику показників при різних формах ЦД.

Список літератури

- Борисов СО, Колосов АМ, Борисов ОВ, Костев ФІ. Дослідження вмісту бета-2 мікроглобуліну в плазмі крові та сечі при гострому пієлонефриті та супутньому цукровому діабеті в експерименті за умови медикаментозного впливу. Урологія. 2020;24(1):20-5. doi: 10.26641/2307-5279.24.1.2020.199492
- Кришталь МВ, Гоженко АІ, Сірман ВМ. Патологія нирок. Одеса: Фенікс; 2020. 144 с.
- Лавренчук ОВ, Багдасарова ІВ. Функціональний стан ниркових каналців у дітей з хронічним пієлонефритом. Український журнал нефрології та діалізу. 2017;3:58-9.
- Остапченко ЛІ, Компанець ІВ, Скопенко ОВ, Синельник ТБ, Кравченко ОО, Береговий СМ. Біохімія. Київ; 2018. 295 с.
- Рижов ОА, Пенкін ЮМ. Статистичні методи опрацювання результатів медично-біологічних досліджень. Львів: Магнолія 2006; 2022. 160 с.
- Cheung CL, Lam KSL, Cheung BMY. Serum β -2 microglobulin predicts mortality in people with diabetes. Eur J Endocrinol. 2013;169(1):1-7. doi: 10.1530/EJE-13-0003
- Foster MC, Inker LA, Levey AS, Selvin E, Eckfeldt J, Juraschek SP, et al. Novel filtration markers as predictors of all-cause and cardiovascular mortality in US adults. Am J Kidney Dis. 2013;62(1):42-51. doi: 10.1053/j.ajkd.2013.01.016
- Goodchild SC, Sheynis T, Thompson R, Tipping KW, Xue WF, Ranson NA, et al. Beta2-Microglobulin Amyloid Fibril-Induced Membrane Disruption Is Enhanced by Endosomal Lipids and Acidic pH. PLoS One [Internet]. 2014[cited 2023 Aug 17];9(8): e104492. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4123989/pdf/pone.0104492.pdf> doi: 10.1371/journal.pone.0104492
- Hibi Y, Uemura O, Nagai T, Yamakawa S, Yamasaki Y, Yamamoto M, et al. The ratios of urinary β 2-microglobulin and NAG to creatinine vary by age in children. Pediatr Int. 2015;57(1):79-84. doi: 10.1111/ped.12470
- Ix JH, Shlipak MG. The Promise of Tubule Biomarkers in Kidney Disease: A Review. Am J Kidney Dis. 2021;78(5):719-27. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.03.026
- Javadi S, Asri-Rezaei S, Allahverdizadeh M. Interrelationship of beta-2 microglobulin, blood urea nitrogen and creatinine in streptozotocin-induced diabetes mellitus in rabbits. Vet Res Forum. 2014;5(1):7-11.
- Mangione PP, Esposito G, Relini A, Raimondi S, Porcari R, Giorgetti S, et al. Structure, folding dynamics, and amyloidogenesis of D76N β 2-microglobulin: roles of shear flow, hydrophobic surfaces, and a-crystallin. J Biol Chem. 2013;288(43):30917-30. doi: 10.1074/jbc.M113.498857
- Mizdrak M, Kumrić M, Kurir TT, Božić J. Emerging Biomarkers for Early Detection of Chronic Kidney Disease. J Pers Med [Internet]. 2022[cited 2023 Aug 18];12(4):548. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9025702/pdf/jpm-12-00548.pdf> doi: 10.3390/jpm12040548
- Borisov SA, Kolosov AN, Borisov AV, Kostev FI. Doslidzhennia vmistu beta-2 mikrohlobulinu v plazmi krovi ta sechi pry hostromu pielonefryti ta suputn'omu tsukrovomu diabeti v eksperymenti za umovy medykamentoznoho vplyvu [The study of the content of β -2-microglobulin in blood plasma and urine in modeling acute pyelonephritis and concomitant diabetes mellitus under conditions of drug exposure in the experiment]. Urologiya. 2020;24(1):20-5. doi: 10.26641/2307-5279.24.1.2020.199492 (in Ukrainian)
- Kryshchal' MV, Hozhenko AI, Sirman VM. Patofiziologiya nyrrok [Kidney pathophysiology]. Odesa: Feniks; 2020. 144 p. (in Ukrainian)
- Lavrenchuk OV, Bahdasarova IV. Funktsional'nyi stan nyrkovykh kanal'tsiv u ditei z khronichnym pielonefrytom [Functional state of renal tubules in children with chronic pyelonephritis]. Ukrainian Journal of Nephrology and Dialysis. 2017;3:58-9. (in Ukrainian)
- Ostapchenko LI, Kompanets' IV, Skopenko OV, Synel'nyk TB, Kravchenko OO, Berehovyi SM. Biokhimiia [Biochemistry]. Kyiv; 2018. 295 p. (in Ukrainian)
- Ryzhov OA, Penkin Yu M. Statystychni metody opratsiuvannia rezul'tativ medychno-biologichnykh doslidzhen' [Statistical methods of processing the results of medical and biological research]. L'viv: Mahnoliia Ryzhov OA, Penkin Yu M. Statystychni metody opratsiuvannia rezul'tativ medychno-biologichnykh doslidzhen' []. L'viv: Mahnoliia 2006; 2022. 160 p. (in Ukrainian)
- Cheung CL, Lam KSL, Cheung BMY. Serum β -2 microglobulin predicts mortality in people with diabetes. Eur J Endocrinol. 2013;169(1):1-7. doi: 10.1530/EJE-13-0003
- Foster MC, Inker LA, Levey AS, Selvin E, Eckfeldt J, Juraschek SP, et al. Novel filtration markers as predictors of all-cause and cardiovascular mortality in US adults. Am J Kidney Dis. 2013;62(1):42-51. doi: 10.1053/j.ajkd.2013.01.016
- Goodchild SC, Sheynis T, Thompson R, Tipping KW, Xue WF, Ranson NA, et al. Beta2-Microglobulin Amyloid Fibril-Induced Membrane Disruption Is Enhanced by Endosomal Lipids and Acidic pH. PLoS One [Internet]. 2014[cited 2023 Aug 17];9(8): e104492. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4123989/pdf/pone.0104492.pdf> doi: 10.1371/journal.pone.0104492
- Hibi Y, Uemura O, Nagai T, Yamakawa S, Yamasaki Y, Yamamoto M, et al. The ratios of urinary β 2-microglobulin and NAG to creatinine vary by age in children. Pediatr Int. 2015;57(1):79-84. doi: 10.1111/ped.12470
- Ix JH, Shlipak MG. The Promise of Tubule Biomarkers in Kidney Disease: A Review. Am J Kidney Dis. 2021;78(5):719-27. doi: 10.1053/j.ajkd.2021.03.026
- Javadi S, Asri-Rezaei S, Allahverdizadeh M. Interrelationship of beta-2 microglobulin, blood urea nitrogen and creatinine in streptozotocin-induced diabetes mellitus in rabbits. Vet Res Forum. 2014;5(1):7-11.
- Mangione PP, Esposito G, Relini A, Raimondi S, Porcari R, Giorgetti S, et al. Structure, folding dynamics, and amyloidogenesis of D76N β 2-microglobulin: roles of shear flow, hydrophobic surfaces, and a-crystallin. J Biol Chem. 2013;288(43):30917-30. doi: 10.1074/jbc.M113.498857
- Mizdrak M, Kumrić M, Kurir TT, Božić J. Emerging Biomarkers for Early Detection of Chronic Kidney Disease. J Pers Med [Internet]. 2022[cited 2023 Aug 18];12(4):548. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9025702/pdf/jpm-12-00548.pdf> doi: 10.3390/jpm12040548

References

Інформація про авторів:

Зуб Л. О. – д.мед.н., професор кафедри внутрішньої медицини, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна.

E-mail: zubliliya7@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5832-9568>

Горбан Б. В. – аспірант кафедри внутрішньої медицини Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: love22031996@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9620-3600>

Information about authors:

Zub L. O. – Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Internal Medicine, Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: zubliliya7@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5832-9568>

Horban B. V. – postgraduate student of the Department of Internal Medicine of the Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: love22031996@gmail.com

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9620-3600>

Стаття надійшла до редакції 16.08.2023

© Л. О. Зуб, Б. В. Горбан

