

Є.В.Кузенко
А.М.Романюк
Г.Ю.Бутко
О.В.Логвінова

Медичний інститут Сумського державного університету, Суми

Ключові слова: іони хрому, біохімічні зміни крові, шури.

Надійшла: 12.09.2013
Прийнята: 27.09.2013

УДК: 616.152:577.118:612.017.4

БІОХІМІЧНІ ЗМІНИ КРОВІ ПІД ВПЛИВОМ Cr⁶⁺

Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи «Морфогенез загальнопатологічних процесів» (номер державної реєстрації 013U003315).

Реферат. Для виготовлення зубних протезів застосовуються різні сплави, у яких міститься хром. При взаємодії із ротовою рідиною, органічними кислотами та продуктами харчування утворюються іони Cr³⁺, Cr⁶⁺, загальний вплив яких на організм досліджений недостатньо. Мета – провести аналіз біохімічних змін у плазмі крові під впливом іонів Cr⁶⁺. 15 тварин дослідної групи отримували питну воду із додаванням біхромату калію в дозі 0,2 моль/л. Шурам контрольної групи (5 тварин) давали звичайну питну воду. Тварин виводили з експерименту через 20, 40 і 60 діб після початку вживання біхромату калію. Встановлено, що на початку експерименту біохімічні показники крові шурів контрольної та першої дослідної груп відрізнялися за складом. Підвищення сечовини призвело до підозри про порушення клубочкової фільтрації, ушкодження паренхіми нирок або гострого руйнування тканини. На 20 та 40 добу експерименту виявлялися ознаки ацидозу та підвищення концентрації іонів K⁺ плазми. Постійне та динамічне підвищення креатинфосфокінази спостерігалось упродовж 60 діб експерименту. Біохімічні зміни у крові під впливом іонів Cr⁶⁺ свідчать про його токсичну дію на організм. Особливу занепокоєність викликають зміни іонного складу крові та підвищення індексу атерогенності на 40 добу дослідження. Значне підвищення рівня креатинфосфокінази вказує на загальносоматичний вплив іонів хрому.

Morphologia. – 2013. – Т. VII, № 3. – С. 78-82.

© Є.В.Кузенко, А.М.Романюк, Г.Ю.Бутко, О.В.Логвінова, 2013
✉ kuzenko_yevhen@rambler.ru; med.info-analit.te@mail.ru

Kuzenko E.V., Romaniuk A.M., Butko H.Yu., Logvinova H.V. Biochemical changes in blood under Cr⁶⁺.

ABSTRACT. Background. For the manufacture of dentures many different alloys containing chromium are used. Interaction with oral fluid, organic acids and food, results in formation of Cr³⁺, Cr⁶⁺ ions, but their influence on the whole organism is poorly investigated. **Objective.** To analyze the biochemical changes in blood plasma during the influence of Cr⁶⁺ ions. **Methods.** 15 animals of experimental group were receiving drinking water with potassium dichromate in a dose of 0,2 mol/l. Rats of control group (5 individuals) drank usual drinking water. Animals were led out of experiment on the 20th, 40th and 60th days after the beginning of introduction of potassium dichromate. **Results.** It was established that at the beginning of experiment the blood biochemical indicators of control and the 1st experimental groups differed by its content. Increase of urea concentration led to suspicion about violation of a glomerular filtration, damage of a kidney parenchyma and tissue disintegration. On the 20th and 40th days of experiment the symptoms of acidosis and increase of potassium ions concentration in blood plasma were defined. Continuous and dynamic increase of creatin-phosphokinase was observed during 60 days of experiment. **Conclusion.** Biochemical changes in blood under the influence of Cr⁶⁺ ions evidence their toxic action on an organism. Especial concern is caused by changes of ionic composition and increase of the atherogenic index of blood plasma on the 40th day of experiment. Substantial increase of the creatin-phosphokinase level indicates general somatic influence of chromium ions.

Keywords: chromium ions, biochemical changes of blood, rat.

Citation:

Kuzenko EV, Romaniuk AM, Budko HYu, Logvinova HV. [Biochemical changes in blood under Cr⁶⁺]. Morphologia. 2013; 7(3):78-82. Ukrainian.

Вступ

Хром – широко розповсюджений у природі метал із змінною валентністю. Залежно від валентного стану цей елемент по-різному впливає на живі організми. У трьохвалентній формі хром – необхідний компонент системи регуляції функціональної активності рецепторів та ферментів [1]. Шестивалентний хром несприятливо впливає

на більшість життєвих процесів в організмі людини і тварин, пошкоджує функціональну активність різних систем [2].

Для виготовлення зубних протезів застосовуються різні сплави, у яких міститься хром та дві марки нержавіючої сталі – 20X18N9T і 25X18N102C [3]. Хром зубних протезів взаємодіє з ротовою рідиною та органічними кислота-

ми, продуктами харчування, утворюючи іони Cr^{3+} , Cr^{6+} .

На відміну від іонів Cr^{3+} іони Cr^{6+} дуже нестабільні і легко мобілізуються шляхом адсорбції у разі збільшення рН. Органічні речовини підвищують відновлення Cr^{6+} до Cr^{3+} [4]. Проте, знаходимо повідомлення, що іони Cr^{6+} призводять до раку у тварин [5]. Є дані про пошкодження хромосом різних клітин тканин під дією Cr^{6+} [6]. Показано, що іони Cr^{6+} посилюють перекисне окислення ліпідів у гепатоцитах щурів [7]. У зв'язку з цим на організм піддослідних тварин скеровані наші дослідження.

Метою дослідження є вивчення біохімічних змін в організмі під впливом Cr^{6+} у питній воді.

Матеріали та методи

Експеримент проводили на білих лабораторних щурах масою 160-180 г, яких утримували на стандартному раціоні за умов віварію. Тваринам дослідної групи (Д), що налічувала 15 особин у питну воду додавали біхромат калію в дозі 0,2 моль/л впродовж 60 діб. Щурам контрольної групи (К, 5 тварин) давали звичайну питну воду. По п'ять тварин з дослідної групи забивали через 20, 40 і 60 діб після початку експерименту.

Матеріалом досліджень була змішана периферична кров, яку отримували під час забою тварин контрольної і дослідної груп. Кров збирали з аорти у пробірки VACUTAINER фірми «BD Franklin Lakes NJ» USA. У плазмі крові визначали наступні показники: білок загальний (г/л), альбуміни (г/л), сечовина (ммоль/л), креатинин (ммоль/л), холестерин (ммоль/л), тригліцериди (ммоль/л), ЛПВЩ (ммоль/л), ЛПНЩ (ммоль/л), білірубін загальний (мкмоль/л), білірубін непрямий (мкмоль/л), K^+ (ммоль/л), Na^+ (ммоль/л), Mg^{2+} (ммоль/л), Ca^{2+} (ммоль/л), АлАт (МЕ), АсАт (МЕ), ЛДГ (Е/л), КФК (мкМ). Визначення проводилось за допомогою автоматичного біохімічного аналізатора BioChem FC-360.

Статистична обробка проводилась у програмі «Статистика 8.0» Достовірність результатів оцінювалась за критерієм Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Встановлено, що на початку експерименту біохімічні показники крові щурів контрольної та першої дослідної груп відрізнялися за складом. У щурів першої дослідної групи вміст загального білку становив $96,26 \pm 5,14$ г/л, що вище на 25,36 г/л, ніж у контрольних тварин. Це на наш погляд, пов'язано з компенсаторною реакцією організму до умов надлишкового надходження іонів Cr^{6+} . Загальний білок у піддослідних тварин другої та третьої груп мав тенденцію до нормалізації та склав $85,24 \pm 1,50$ г/л і $71,38 \pm 2,57$ г/л, що менше на 11,02 г/л та 24,88 г/л в порівнянні з першою дослідною групою. Загальний білок у другій дослідній групі був більший на 14,34 г/л. Гіперпротеїнемія, як правило, пов'язана з гіперальбумінемією. При визначенні концентрації альбуміну

крові у тварин експериментальних груп було виявлено його зростання, однак у щурів другої групи цей показник підвищений найменше ($39,70 \pm 1,83$ г/л), що більше у порівнянні з контролем $12,78$ г/л. Перша та третя групи зберігали високий рівень альбуміну $42,96 \pm 3,20$ г/л та $45,68 \pm 1,12$ г/л – це більше по відношенню до контролю на $16,04$ г/л та $18,76$ г/л. Збільшення концентрації загального білку та альбумінів носить відносний характер, це вірогідніше за все пов'язано з утриманням колоїдно-осмотичного та онкотичного тиску та рівню катіонів крові, які змінюються під впливом хрому.

У зразках крові піддослідних тварин значно підвищилась сечовина. Піддослідні групи мали незначну різницю рівня сечовини між собою: так у першій групі рівень сечовини склав $9,74 \pm 1,44$ ммоль/л; у другій – $8,30 \pm 1,28$ ммоль/л; у третій – $9,44 \pm 1,03$ ммоль/л, але різниця між групами недостовірна. В порівнянні з нормою рівень сечовини був значно підвищений в 2,64; 2,25; 2,56 разів по групах. Все це свідчить про вплив іонів Cr^{6+} на гломерулярний апарат нирки або прискорення руйнування білків.

Підвищення сечовини призвело до підозри на порушення клубочкової фільтрації, ушкодження паренхіми нирок або гострого руйнування м'язової тканини, тому нами перевірявся рівень креатиніну. Найбільше підвищення креатиніну спостерігалось у тварин другої групи та дорівнювало $116,50 \pm 9,40$ мкмоль/л. У тварин першої та третьої груп також спостерігались критичне значення креатиніну $102,8 \pm 8,8$ мкмоль/л та $93,54 \pm 2,66$ мкмоль/л відповідно. Збільшення креатиніну склало по відношенню до контролю в 2,06; 2,33; 1,87 рази у дослідженні

Різниця між показниками холестерину піддослідних груп становила межі норми, лише друга група мала підвищення холестерину в 1,72 рази ($p < 0,05$) та мала наступні значення: контроль – $2,59 \pm 0,11$ ммоль/л; перша група – $2,62 \pm 0,34$ ммоль/л; друга група – $4,46 \pm 0,96$ ммоль/л; третя група – $2,22 \pm 0,13$ ммоль/л.

Кількість тригліцеридів на початку експерименту (20 діб) у першій групі становить $1,64 \pm 0,21$ ммоль/л, що більше норми у 2,10 рази. Показники у тварин другої групи не відрізнялися від першої та дорівнювали $1,66 \pm 0,26$ ммоль/л., що більше у 2,13 відносно контролю. Тригліцериди у тварин третьої групи зменшувалися до $0,59 \pm 0,09$ ммоль/л та мали менші значення відносно контролю. Кількість тригліцеридів у контрольних щурів знаходилась у межах $0,78 \pm 0,16$ ммоль/л.

В експериментальних тварин найбільший показник ЛПВЩ спостерігався на 20 добу досліду та склав $1,45 \pm 0,46$ ммоль/л, це більше на 0,57 ммоль/л в порівнянні з контролем. Подалі спостерігалось зниження ЛПВЩ впродовж наступних 40 діб. У другій групі рівень ЛПВЩ знижу-

вався до $1,01 \pm 0,17$ ммоль/л. Показник ЛПВЩ практично нормалізувався ($0,91 \pm 0,05$ ммоль/л) у

тварин третьої групи. Кількість ЛПВЩ у контрольних щурів дорівнювала $0,87 \pm 0,09$ ммоль/л.

Таблиця 1

Біохімічні показники плазми крові експериментальних тварин

| Показники | Контроль | Перша група | Друга група | Третя група |
|-------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Білок загальний, г/л | $70,9 \pm 1,70$ | $96,26 \pm 5,14$ * | $85,24 \pm 1,50$ * | $71,38 \pm 2,57$ |
| Альбуміни, г/л | $26,92 \pm 2,49$ | $42,96 \pm 3,20$ ** | $39,70 \pm 1,83$ ** | $45,68 \pm 1,12$ * |
| Сечовина, ммоль/л | $3,68 \pm 0,23$ | $9,74 \pm 1,44$ ** | $8,30 \pm 1,28$ ** | $9,44 \pm 1,03$ * |
| Креатинин, кмоль/л | $49,82 \pm 2,89$ | $102,8 \pm 8,8$ * | $116,50 \pm 9,40$ * | $93,54 \pm 2,66$ * |
| Холестерин, ммоль/л | $2,59 \pm 0,11$ | $2,62 \pm 0,34$ | $4,46 \pm 0,96$ **** | $2,22 \pm 0,13$ **** |
| Тригліцериди, ммоль/л | $0,78 \pm 0,16$ | $1,64 \pm 0,21$ ** | $1,66 \pm 0,26$ *** | $0,59 \pm 0,09$ |
| ЛПВЩ, ммоль/л | $0,87 \pm 0,09$ | $1,45 \pm 0,46$ | $1,01 \pm 0,17$ | $0,91 \pm 0,05$ |
| ЛПНЩ, ммоль/л | $0,30 \pm 0,07$ | $0,64 \pm 0,09$ ** | $1,39 \pm 0,23$ * | $0,22 \pm 0,01$ |
| Білірубін загальний, мкмоль/л | $5,34 \pm 0,57$ | $6,04 \pm 0,91$ | $5,16 \pm 1,36$ | $18,58 \pm 5,19$ *** |
| Білірубін непрямий, мкмоль/л | $5,34 \pm 0,57$ | $5,06 \pm 2,18$ ** | $5,16 \pm 1,36$ | $5,16 \pm 1,42$ |
| K^+ , ммоль/л | $5,84 \pm 0,14$ | $11,32 \pm 1,17$ * | $12,06 \pm 0,48$ * | $5,48 \pm 0,05$ **** |
| Na^+ , ммоль/л | $162,22 \pm 3,68$ | $157,3 \pm 3,98$ | $185,00 \pm 3,22$ * | $165,40 \pm 1,12$ |
| Mg^{2+} , ммоль/л | $1,38 \pm 0,048$ | $2,28 \pm 0,16$ * | $3,14 \pm 0,40$ ** | $1,98 \pm 0,20$ **** |
| Ca^{2+} , ммоль/л | $3,82 \pm 0,066$ | $3,40 \pm 0,19$ P<0,01 | $5,98 \pm 0,59$ P<0,01 | $2,56 \pm 0,08$ P<0,001 |
| АлАт, МЕ | $69,44 \pm 1,17$ | $87,32 \pm 10,24$ | $270,46 \pm 33,35$ * | $153,76 \pm 7,32$ * |
| АсАт, МЕ | $69,16 \pm 1,22$ | $147,38 \pm 14,9$ P<0,001 | $251,12 \pm 30,36$ * | $216,08 \pm 32,52$ * |
| ЛДГ, Е/л | $764,14 \pm 94,53$ | $701,9 \pm 165,72$ * | $713,8 \pm 29,10$ * | $467,56 \pm 116,16$ **** |
| КФК, мкМ | $1021,08 \pm 1,37$ | $2421,6 \pm 178,95$ * | $4577,0 \pm 174,37$ * | $1409,2 \pm 195,20$ * |

Примітки: * – P<0,001, ** – P<0,01, *** – P<0,02, **** – P<0,05.

ЛПНЩ продовж експерименту (60 діб споживання Cr^{6+}) змінювались у порівнянні з інтактними тваринами. Значне підвищення ЛПНЩ до $1,08$ ммоль/л виявлено у другій дослідній групі, так у першій групі – $0,64 \pm 0,09$ ммоль/л, другій групі – $1,39 \pm 0,23$ ммоль/л, третьої групі – $0,22 \pm 0,01$ ммоль/л.

Визначення тригліцеридів крові, у комплексі з холестерином ЛПВШ та ЛПНШ дозволяє оцінити порушення ліпідного обміну. Рівень холестерину крові є важливим, але все ж недостатньо інформативним показником, для судження про порушення ліпідного обміну та оцінки ризику раннього розвитку атеросклерозу.

Для достовірної діагностики порушень ліпідного обміну доцільно визначити індекс атерогенності у тварин піддослідних груп, який визначається за формулою: холестерин загальний – ЛПВЩ/ЛПНЩ.

Індекс дозволяє судити про порушення, які визначають подальший прогноз розвитку атеросклерозу. Індекс атерогенності повинен бути не більше 3 (у контрольних щурів він склав $1,59$). Тварин першої групи дорівнював $1,62$; другої групи – $3,46$; третьої групи – $2,0$. Спостерігались незначні ліпідні порушення на 40 добу експерименту, у нашому випадку підвищення незначне, але існує ризик розвитку атеросклерозу.

Вміст загального білірубину (ЗБ) у сироватці крові був підвищений на 60 добу експерименту та становив $18,58 \pm 5,19$ кмоль/л, що свідчить про загальногепатотоксичний ефект іонів Cr^{6+} ; у той же самий час непрямий білірубін (НБ) практично не змінився та склав $5,16 \pm 1,42$ кмоль/л. Нормальні показники загального та непрямого білірубину спостерігались на 20 та 40 добу експерименту: (перша та друга група) ЗБ– $6,04 \pm 0,91$ кмоль/л, НБ $5,06 \pm 2,18$ кмоль/л; ЗБ $5,16 \pm 1,36$ кмоль/л; НБ $5,16 \pm 1,36$ кмоль/л відповідно.

Зміни рівня іонів K^+ у бік підвищення у тварин першої та другої групи носить рівномірний характер з наступною нормалізацією рівня іонів K^+ на 60 добу експерименту.

У тварин першої та другої груп концентрація іонів K^+ в плазмі збільшувалася до $11,32 \pm 1,17$ і $12,06 \pm 0,48$ ммоль/л відповідно, це більше від норми на $5,48$ та $6,22$ рази, що також свідчить про ознаки ацидозу. Нормалізація вмісту іонів K^+ відмічалася на 60 добу дослідження та склала $5,48 \pm 0,05$ ммоль/л.

Підвищена кількість іонів Na^+ спостерігалася на 40 добу експерименту. Рівень натрію у плазмі тварин дослідних груп становив $157,3 \pm 3,98$ ммоль/л; $185,00 \pm 3,22$ ммоль/л; $165,40 \pm 1,12$ ммоль/л; що більше від норми на $22,78$ ммоль/л на 40-у добу.

Можна припустити, що дисбаланс катіонів K^+ і Na^+ слід розцінювати як прояв гострих ішемічних порушень при надлишковому надходженні іонів Cr^{6+} .

Гіперкаліємія у щурів поєднувалась з підвищенням рівню іонів Mg^{2+} , так як магній є антагоністом калію. Найбільші показники іонів Mg^{2+} спостерігались на 40 добу споживання іонів Cr^{6+} та становили $3,14 \pm 0,40$ ммоль/л., що більше від контролю на $1,75$ ммоль/л. У першій та третій групах рівень підвищення склав $0,9$ та $0,59$ ммоль/л в порівнянні з контролем ($1,38 \pm 0,048$), показники груп дорівнюють $2,28 \pm 0,16$ ммоль/л; $1,98 \pm 0,20$ ммоль/л.

Зміна рівню іонів Ca^{2+} під впливом іонів Cr^{6+} спостерігалась у другій піддослідній групі. Причиною підвищення позаклітинного кальцію може бути посилена його мобілізація з кісткової тканини внаслідок остеорезорбтивних процесів. Найбільший рівень підвищення кальцію спостерігався на 40 добу дослідження та склав $5,98 \pm 0,59$ ммоль/л, що у $1,56$ рази більше від норми. Зменшення кількості кальцію в плазмі крові спостерігалось на 60 добу спостереження та становило $2,56 \pm 0,08$ ммоль/л, що на $1,26$ ммоль/л менше від контролю. У першій групі тварин нормальний вміст іонів Ca^{2+} залишався сталим.

Для розуміння механізму дії хрому на організм ми також визначали рівень АлАт та АсАт. Відомо, що АлАт переважає в печінці, а АсАт – в міокарді, отже, при пошкодженні одного з цих органів виявиться підвищена активність у крові одного з цих ферментів. Динамічне зростання рівня АлАт та АсАт спостерігалось у перші 60 днів спостереження. Так рівень АлАт та АсАт у першій групі склав $87,32 \pm 10,24$ МЕ та $147,38 \pm 14,9$ МЕ, що вище від контролю на $17,88$ та $78,22$ МЕ. Рівень АлАт та АсАт у другій групі склав $270,46 \pm 33,35$ та $251,12 \pm 30,36$, це вище в $3,89$ та $3,63$ рази в порівнянні з контролем. Третя група щурів характеризувалась підвищеними рівнями АлАт та АсАт, хоча дещо меншими в порівнянні з другою групою тварин $153,76 \pm 7,32$ та $216,08 \pm 32,52$, що вище від норми у $2,21$ та $3,12$ рази в порівнянні з контролем.

Коефіцієнт Де Рітиса – (АсАт/АлАт) – нор-

мальне значення якого дорівнює $1,33 \pm 0,42$, зниження – ознака ураження печінки, а збільшення – ознака загибелі міоцитів та прижиттєві ушкодження клітин. Коефіцієнт Де Рітиса для трьох груп становив: $1,68$, $0,92$, $1,74$ відповідно. Аналіз коефіцієнта свідчить про наявність кардіотоксичної дії іонів Cr^{6+} та прижиттєвого ушкодження різних клітин на 20 і 60 добу експерименту і гепатотоксичної дії на 40 добу дослідження.

Пошкодження тканин і руйнування клітин супроводжується змінами ферменту ЛДГ. У зв'язку з цим, ЛДГ є важливим маркером тканинної деструкції. Загальна ЛДГ упродовж експерименту постійно зменшувалась та досягла рівня $467,56 \pm 116,16$ Е/л на 60 добу експерименту. Тварини першої та другої групи мали наступні рівні ЛДГ: $701,9 \pm 165,72$ Е/л та $713,8 \pm 29,10$ Е/л, що менше від норми на $62,2$ Е/л, $50,3$ Е/л, $296,5$ Е/л по групах відповідно.

Підвищення рівня ферменту КФК відзначається при різних ушкодженнях м'язової тканини – інфаркті міокарда, міокардиті, аритмії серця, прогресуючій м'язовій дистрофії та інше, а також при порушенні мозкового кровообігу та інтоксикації. Постійне та динамічне підвищення КФК спостерігалось упродовж 60 днів експерименту. Так, у першій групі рівень КФК становив $2421,61 \pm 178,95$ мкМ. Найбільші показники КФК спостерігались на 40 та 60 добу експерименту $4577,02 \pm 174,37$ мкМ і $1409,2 \pm 195,2$ мкМ відповідно. Збільшення рівня КФК в експериментальних групах становить $1400,5$ мкМ; $3555,9$ мкМ; $388,1$ мкМ. (табл. 1)

Висновки

1. Біохімічні зміни у крові під впливом іонів Cr^{6+} свідчать про кардіо- та гепатотоксичну дію хрому.

2. Найбільш виражені зміни іонного складу крові та підвищення індексу атерогенності відмічаються на 40 добу дослідження.

3. Значне підвищення рівня КФК вказує на загальносоматичний вплив хрому.

Перспективи подальших досліджень

Дослідити фрагментацію ДНК клітин різних органів під впливом хрому (Cr^{6+}).

Літературні джерела

References

1. Антоняк Г. Л. Вплив катіонів хрому (VI) на активність ферментів енергетичного обміну та антиоксидантної системи в еритроцитах тварин / Г. Л. Антоняк, О. Б. Скаб // Біологія тварин. – 2009. – Т. 11, № 1-2. – С. 109-113.

Antonyak HL, Skab OB. [Effects of Chromium (VI) on the activity of enzymes of energy metabolism and antioxidant system in animal erythrocytes]. *Biologiya tvaryn* [The animal biology]. 2009; 11 (1-2): 109-113. Ukrainian.

2. Allosteric properties of hemoglobin and the

plasma membrane of the erythrocyte: new insights in gas transport and metabolic modulation / M. C. De Rosa, C. C. Alinovi, A. Galtieri [et al.] // *IUBMB Life*. – 2008. – Vol. 60, № 2. – P. 87–93.

De Rosa MC, Carelli Alinovi C, Galtieri A, Russo A, Giardina B. Allosteric properties of hemoglobin and the plasma membrane of the erythrocyte: new insights in gas transport and metabolic modulation. *IUBMB Life*. 2008 Feb;60(2):87-93. doi: 10.1002/iub.15. Cited in: PubMed; PMID: 18379998.

3. Бессов А. В. Металеві сплави для ортопе-

дичної стоматології / А. В. Бесов // Фізика і хімія твердого тіла. – 2002. – Т. 3, № 4. – С. 647–653.

Besov AV. [Metal alloys for orthopaedic stomatology]. Physics and chemistry of solid state. 2002; 3 (4): 647-53. Ukrainian.

4. Сологуб Л. І. Хром в організмі людини і тварин. Біохімічні, імунологічні та екологічні аспекти / Л. І. Сологуб, Г. Л. Антоняк, Н. О. Бабич – Львів : Євросвіт. – 2007. – 127 с.

Sologub LI, Antonyak HL, Babich NO. Khrom v orhanizmi lyudyny i tvaryn. Biokhimichni, imunolohichni ta ekolohichni aspekty [Chromium in humans and animals. Biochemical, immunological and environmental aspects]. Lviv, Ukraine: Eurosvit; 2007. 127 p. Ukrainian.

5. Дебски Б. Хром в питании человека / Б. Дебски М. Гралак // Микроэлементы в медицине. – 2001. – Т. 2, № 4. – С. 12–16.

Debsky B, Gralak M. [Chromium in human nutrition].

Mikroelementy v meditsine [Trace elements in medicine]. 2001; 2 (4): 12-6. Russian.

6. Козловская Л. В. Учебное пособие по клиническим лабораторным методам исследования / Л. В. Козловская, А. Ю. Николаев. – М. : Медицина. – 1984. – 288 с.

Kozlovskaya LV, Nikolayev AYU. [Study guide on clinical laboratory investigation methods]. Moscow: Meditsina; 1984. 288 p. Russian.

7. Cytotoxicity of chromium ions may be connected with induction of oxidative stress / O. Yu. Vasylykiv, O. I. Kubrak K. B. Storey V. I. Lushchak //Chemosphere. – 2010. – Vol. 80. – P. 1044–1049.

Vasylykiv OY, Kubrak OI, Storey KB, Lushchak VI. Cytotoxicity of chromium ions may be connected with induction of oxidative stress. Chemosphere. 2010 Aug; 80 (9): 1044-9. doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.05.023. Epub 2010 Jun 14. Cited in: PubMed; PMID: 20547405.

Кузенко Е.В., Романюк А.М., Бутко А.Ю., Логвинова А.В. Биохимические изменения крови под влиянием Cr⁶⁺.

Реферат. Для изготовления зубных протезов применяются различные сплавы, в которых содержится хром. При взаимодействии с ротовой жидкостью, органическими кислотами и продуктами питания образуются ионы Cr³⁺, Cr⁶⁺, общее воздействие которых на организм исследовано недостаточно. Цель – провести анализ биохимических изменений в плазме крови под влиянием ионов Cr⁶⁺. 15 животных опытной группы получали питьевую воду с добавлением бихромата калия в дозе 0,2 моль/л. Крысам контрольной группы (5 животных) давали обычную питьевую воду. Животных выводили из эксперимента через 20, 40 и 60 суток после начала приема бихромата калия. Установлено, что в начале эксперимента биохимические показатели крови крыс контрольной и первой опытной групп отличались по составу. Повышение мочевины привело к подозрению о нарушении клубочковой фильтрации, повреждении паренхимы почек или остром разрушении ткани. На 20 и 40 сутки эксперимента выявлялись признаки ацидоза и повышение концентрации ионов K⁺ плазмы. Постоянное и динамичное повышение креатинфосфокиназы наблюдалось в течение 60 суток эксперимента. Биохимические изменения в крови под влиянием ионов Cr⁶⁺ свидетельствуют о его токсическом действии на организм. Особое беспокойство вызывают изменения ионного состава крови и повышение индекса атерогенности на 40 сутки исследования. Значительное повышение уровня креатинфосфокиназы указывает на общесоматическое влияние ионов хрома.

Ключевые слова: ионы хрома, биохимические изменения крови, крысы.