

УДК 615.9:546.48

DOI: 10.22141/2224-0586.7.78.2016.86103

АРУСТАМЯН О.М., ТКАЧИШИН В.С., АЛЕКСИЙЧУК О.Ю.

Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

ВПЛИВ СПЛУК КАДМІЮ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Резюме. Кадмій — важкий метал, віднесений до другого класу небезпечності, має виражену тенденцію до накопичення в організмі. Отруєння кадмієм відбувається при потраплянні його в шлунок або інгаляційним шляхом. Абсорбований кадмій накопичується в печінці та нирках у вигляді комплексу з металотіонеїном. В еритроцитах і м'яких тканинах кадмій зв'язується з α 2-макроглобуліном та альбуміном. Кадмій зв'язується із сульфгідрильними групами білків, що веде до їх денатурації і до інактивації ферментів; пригнічується діяльність мітохондрій, підвищується вільнорадикальне окислення в клітинах. Концентрацію кадмію в нирках можна оцінити, досліджуючи нейтронно-активаційним методом отриманий субстрат сечі. Вплив кадмію на організм людини має місце на виробництві гальванічних елементів, при плавіці металів, заняттях фотографією, у виробництві акумуляторів і батарейок, виготовленні добрив, цигарок, рентгенівських екранів, кінескопів, в автомобільній та літакобудівній промисловості. Узварників, паяльщиків і ювелірів, які працюють із кадмієвими сплавами, підвищений ризик гострого отруєння парами окису кадмію. Клініка гострого отруєння характеризується головним болем, запамороченням, нудотою, блідістю, епігастральним болем, солодким присмаком у роті. Приєднуються явища гострого трахеобронхіту й поширеного бронхіоліту з нападами болісного судомного кашлю з мокротинням, сильною задишкою і ціанозом. Можлива токсична бронхопневмонія і набряк легень і смерть від них на 3–5-й день. Хронічне отруєння характеризується зниженням і втратою нюху, кадмієвим паркінсонізмом, кадмієвою облямівкою, астеновегетативним, астеноневротичним, неврастенічним, гіпоталамічним синдромами із вегетативними порушеннями. При подальшому розвитку інтоксикації з'являються носові кровотечі, виразки і перфорації носової перегородки, хронічні обструктивні захворювання легень із розвитком прогресуючого пневмосклерозу й емфіземи легень, шлунково-кишкові розлади, ураження печінки, гіпохромна анемія або компенсаторний еритроцитоз, збільшення ШОЕ до 70 мм/год, остеомаліяція. Невідкладна допомога полягає у відновленні прохідності дихальних шляхів, підтриманні дихання і кровообігу, промиванні шлунково-кишкового тракту, рекомендований пероральний прийом сірководневої води 50–100 мл. Для промивання шлунка застосовують 200 мл сірководневої води на 800 мл води або 5% розчин унітіолу (до 15 мл на склянку теплої води), британський антілюїзит по 1 мл в/м 4–6 разів 3–4 дні. У разі хвороби ітай-ітай доцільно вводити великі дози вітаміну D при вживанні адекватної кількості кальцію та фосфору. Гранично допустима концентрація окису кадмію в повітрі робочих приміщень становить 0,1 мг/м³. Усі особи, які контактують із кадмієм, повинні проходити періодичні медичні огляди 1 раз на рік. При початковій стадії хронічного отруєння сполуками кадмію встановлюється тимчасова часткова втрата працездатності. При виражених стадіях — стійка часткова або повна втрата працездатності із встановленням відповідної групи інвалідності.

Ключові слова: сполуки кадмію; гостре та хронічне отруєння кадмієм; вплив сполук кадмію на організм людини; невідкладна допомога; профілактика

Кадмій (Cadmium, Cd) — хімічний елемент II групи періодичної системи елементів Менделєєва, порядковий номер — 48, атомна маса — 112,40. Кадмій — м'який, ковкий метал, температура плавлення — 321 °С, температура кипіння — 767 °С. Кадмію сульфат — безбарвні кристали. Окис кадмію —

коричневий порошок. Кадмію каприлат, кадмію стеарат — порошки жовтуватого кольору. Свою назву цей небезпечний елемент отримав від грецького слова, що означає цинкову руду. Кадмій являє собою сріблясто-білий м'який метал, що використовується в легкоплавких та інших сплавах, для ство-

рення захисних покриттів, в атомній енергетиці, в кадмієвих електродах. Це побічний продукт, що отримують при переробці цинкових руд. Велика кількість кадмію дуже небезпечна для здоров'я [12].

Вперше виробництво кадмію було організовано у Верхній Сілезії в 1829 р. У даний час у світі виробляється понад 10 000 т кадмію на рік [16].

Найпоширеніші сполуки кадмію:

— оксид кадмію (CdO) можна отримати спалюванням металу на повітрі або в кисні, випаленням його сульфїду або термічним розкладанням деяких сполук. Це порошок, колір якого залежить від температури, при якій він отриманий: зеленувато-жовтий ($350\text{--}370\text{ }^\circ\text{C}$), насичений темно-синій ($800\text{ }^\circ\text{C}$), коричневий, чорний;

— гідроксид кадмію (Cd(OH)_2) у вигляді драглистого білого осаду виділяється з розчинів його солей при дії лугів;

— сульфід кадмію (CdS) — одна з найважливіших сполук кадмію. Залежно від фізико-хімічних умов отримання ця сполука може бути від лимонно-жовтого до червоного кольору;

— галогеніти кадмію досить легко отримують прямою взаємодією елементів, а також розчиненням кадмію, його оксиду або карбонату у відповідних кислотах. Усі солі, що утворюються, — безбарвні кристалічні речовини;

— карбонат кадмію (CdCO_3) у вигляді білого аморфного осаду випадає з розчинів кадмію при додаванні до них лужних карбонатів.

Каприлат і стеарат кадмію використовують як стабілізатори полімерів. Гранично допустима концентрація кадмію стеарату та оксиду кадмію становить $0,1\text{ мг/м}^3$.

Кадмій — один із найбільш токсичних важких металів. Його відносять до другого класу небезпечки — високонебезпечні речовини. Як і багато інших важких металів, кадмій має виражену тенденцію до накопичення в організмі: період його напіввиведення становить 10–35 років. До 50 років його загальна кількість в організмі людини може досягати 30–50 мг. Кадмій в організмі накопичується у нирках (30–60 % від усієї кількості) і печінці (20–25 %). Також кадмій знаходять у підшлунковій залозі, селезінці, трубчастих кістках, інших органах і тканинах [8, 9].

Отруєння кадмієм відбувається при потраплянні його в шлунок або при інгаляції в дихальні шляхи. Нормальний щоденний рівень надходження кадмію в організм перорально становить 2–200 мкг, при середній величині 20–40 мкг на день. З цієї кількості абсорбується лише 5–10 %, хоча, як і у випадку зі свинцем, абсорбція може зростати при наявності дефіциту кальцію і заліза. Аналогічно абсорбується близько 5 % інгальованого кадмію (залежно від розміру частинок). Невеликі, добре розчинні частинки кадмію абсорбуються краще — близько 25–50 % [3].

Близько 50 % абсорбованого кадмію накопичується в печінці та нирках. В еритроцитах і м'яких тканинах кадмій зв'язується з α 2-макроглобуліном та альбуміном, після чого швидко перерозподіляється, головним чином у печінці і нирках. Там він

накопичується у вигляді комплексу з металотіонеїном. У вільному стані кадмій токсичний. Кадмій зв'язується з сульфгідрильними групами білків, що веде до їх денатурації і до інактивації ферментів [1]. Це пригнічує діяльність мітохондрій, підвищуючи чутливість клітин до вільнорадикального окислення. Речовина порушує міжклітинні контакти і механізми транспорту кальцію, що може підвищити внутрішньоклітинну концентрацію кальцію і в кінцевому підсумку викликати апоптоз. При одноразовому впливі кадмію у великій концентрації відбувається перенасичення білка металотіонеїну і зниження його захисних властивостей. Кадмій не проникає через плаценту, він поступово накопичується в організмі з віком. Біологічний період напіввиведення кадмію оцінений більше ніж у 20 років, за винятком випадків порушення функції нирок, коли збільшується обсяг екскреції сечі [10]. У нирках зв'язаний із металотіонеїном кадмій фільтрується в клубочках і потім реабсорбується в проксимальних канальцях у корі нирок. Його щоденна екскреція з сечею рідко перевищує 0,5 мкг. Також кадмій хімічно дуже близький до цинку і здатний заміщати його в біохімічних реакціях (наприклад, виступати як псевдоактиватор або, навпаки, інгібітор ферментів, що містять цинк).

Визначати концентрацію кадмію в крові марно, оскільки переважне місце його накопичення — це нирки. Екскреція кадмію з сечею понад 10 мг/л пов'язана з пошкодженням ниркових канальців, особливо якщо при цьому виявляють підвищений уміст у сечі β 2-мікроглобуліну й металотіонеїну. Концентрацію кадмію в нирках можна оцінити, досліджуючи нейтронно-активаційним методом отриманий субстрат сечі. Хоча при отруєннях парами більш інформативні допоміжні дослідження (рентгенографія грудної клітки, аналіз газів артеріальної крові), ніж вимірювання концентрації кадмію. При хронічному отруєнні кадмієм його концентрація в сечі, що відображає повільне вивільнення з печінки комплексу з металотіонеїном, краще характеризує загальний уміст в організмі, ніж концентрація в крові [14]. При високому професійному ризику отруєння кадмієм регулярно проводять аналіз сечі на протеїнурію. Якщо її та інших симптомів отруєння немає, допустимою вважається концентрація 15 мкг кадмію на 1 г креатиніну, хоча вже при концентрації 5 мкг на 1 г креатиніну іноді спостерігається ураження нирок. Наведена допустима концентрація істотно вища, ніж у середньому для населення США (у 95 % населення США вона нижча за 2 мкг на 1 г креатиніну).

Вплив кадмію на організм людини має місце на виробництві, при забрудненні повітря в шахтах, при плавлі металів, занятті фотографією. Одержаний як побічний продукт при виплавці міді, свинцю або цинку, кадмій використовується у виробництві гальванічних елементів, при виготовленні кераміки, при електрогальванізації і як пігмент у фарбах і пластмасах, кадмій-нікелеві сплави використовуються для виробництва акумуляторів і батарейок, добрива, цигарок, рентгенівських екранів, кінескопів [16]. Основна частина промислового

споживання кадмію припадає на кадмієві захисні покриття, запобіжники корозії. Ці покриття мають значну перевагу перед нікелевими, цинковими або олов'яними, тому що захищають вироби від морської води, від надмірної вологості, мають захисні властивості для електроконтактів. Кадмій не відшаровується від деталей при деформації. Провід із міді з додаванням лише 1 % кадмію у два рази міцніший, при цьому його електропровідність знижується незначно. Мідно-кадмієвий сплав із добавкою цирконію має ще більшу міцність і використовується для ліній високовольтних передач [6].

Ще одна сфера застосування кадмію — виробництво сплавів. Кадмій та його сполуки використовують в автомобільній та літакобудівній промисловості. Сплави кадмію сріблясто-білі, пластичні, добре піддаються механічній обробці, з невеликими добавками нікелю, міді і срібла вони використовуються для виготовлення підшипників потужних судових, авіаційних та автомобільних двигунів. Кадмій у чистому вигляді завдяки високій здатності до захвату теплових нейтронів використовується для виготовлення регулюючих та аварійних стрижнів ядерних реакторів на повільних нейтронах [7]. У ювелірній справі використовують сплави золота з кадмієм. Змінюючи співвідношення компонентів, одержують різні відтінки кольору. Навіть розряджені нікелево-кадмієві акумулятори не стають повністю непридатними.

Амальгама кадмію використовується в стоматології для виготовлення пломб.

Сполуки кадмію можуть міститися в добривах, зокрема в фосфоборошні і подвійному суперфосфаті, у стічних водах, а також вони потрапляють у повітря при спалюванні вугілля, нафти, побутових відходів, при стиранні автомобільних шин, у результаті зношування асфальту та з інших джерел [11]. Зазвичай кадмій надходить в організм з харчовими продуктами, вирощеними на забруднених ґрунтах. Люди отруюються кадмієм, вживаючи воду і зернові, овочі, що ростуть на землях, розташованих поблизу від нафтоперегінних заводів і металургійних підприємств. Найчастіше це трапляється в містах видобутку і переробки металевих руд, оскільки кадмій часто міститься в них у вигляді домішок. У забруднених районах високі концентрації кадмію виявляють в організмі морських тварин, що мають мушлю або панцир. Коли кадмій потрапляє в повітря, він зв'язується з його дрібними частинками [14]. Потрапляючи на землю або у воду з дощем або снігом, він може опинитися в організмі риб та тварин, у рослинах. Неправильна утилізація відходів може призвести до витоку кадмію у воду і ґрунт. Чим більше розвинена промисловість у державі, тим вища концентрація цього елемента в ґрунті. У присутності суперфосфатів рослини засвоюють кадмій у великій кількості, а якщо суперфосфатів мало, то кадмій може не засвоюватися або засвоюватися мінімально.

Отруєння кадмієм може бути спричинене споживанням їжі, що містить відносно високі його рівні (молюски, печінка, нирки). Також високий рівень

кадмію часто відзначається в картоплі й овочах. За даними літератури, у зерні кукурудзи та вівса, вирощених на відстані 10 км від цинкоплавильного заводу, уміст кадмію становить 8,8–16,0 мг/кг, у сіні й силосі — 21,2 та 11,8 мг/кг відповідно [15]. Максимальний уміст токсикоелемента в організмі великої рогатої худоби та свиней, вирощених у цьому регіоні, досягає в м'язовій тканині 2,3 мг/кг, у печінці — 4,0–5,4 мг/кг. У розвитку кадмієвої інтоксикації також має значення вдихання тютюнового диму. Паління подвоює середню добову дозу кадмію. Вживання води, що містить кадмій у концентрації 15 мг/л, із сумарною дозою 30 мг кадмію викликає блювоту, болі в животі, тяжкий пронос та іноді шок. Водорозчинні сполуки кадмію легше мігрують із ґрунту в рослини й у великій кількості всмоктуються із шлунково-кишкового тракту в кров порівняно із важкими сполуками.

Усі сполуки кадмію отруйні, потрапляють в організм у вигляді пари, туману, диму й пилу. Найбільш ймовірним є виникнення професійного отруєння при плавці кадмію і при спалюванні його в полум'ї вольтової дуги (зварювання). Робота з кадмієвими сплавами в закритому приміщенні з поганою вентиляцією або без дотримання достатніх запобіжних заходів завжди призводить до отруєння. У зварників, паяльщиків та ювелірів, а також у тих, хто працює з кадмієвими сплавами в домашніх умовах, підвищений ризик гострого отруєння парами окису кадмію [2].

Клініка гострого отруєння. Симптоми гострого отруєння з'являються через 8–10–36 годин, іноді навіть через 30 хв після дії сполук кадмію. Окис кадмію не має запаху і не чинить безпосередньої подразливої дії, тому вдихання навіть великих концентрацій окису кадмію не завжди відчувається працюючими. У латентному періоді (4–24 год) можуть з'являтися болі в ділянці лоба, запаморочення, нудота, блідість, біль у надчеревній ділянці, солодкий присмак у роті. Потім розвивається картина гострого трахеобронхіту і поширеного бронхіоліту з нападами болісного судомного кашлю з мокротинням, сильною задишкою та ціанозом. Далі часто приєднуються токсична бронхопневмонія (нерідко геморагічна) і набряк легенів. При сприятливому результаті — повільне одужання. При тяжких формах отруєння можлива смерть від набряку легенів або бронхопневмонії, частіше на 3–5-й день [2].

Непрофесійні (пероральні) отруєння можливі в результаті приготування або збереження їжі або напоїв в кадмієваному посуді (консервні банки, глечики, вкриті кадмієм). Описані гострі отруєння кадмієм при вживанні морозива з умістом його 50 мг на порцію, фруктових соків. Отруєння в цьому випадку перебігає за типом тяжкої харчової інфекції — з нудотою, блювотою, болями в животі, проносом, колапсом (смерть можлива протягом першої години). Можуть розвиватися геморагічний гастроентерит і поліорганна недостатність. Клінічні симптоми можуть з'явитися при вдиханні повітря, що містить 1 мг/м³ кадмію, протягом 8 год. Якщо впродовж того ж часу вдихати повітря з концентрацією кадмію 5 мг/м³, то можливий летальний кінець [3].

Клініка хронічного отруєння. Хронічне отруєння може розвинути після 2–3 років роботи із сполуками кадмію. Характерними симптомами такого отруєння є зниження нюху аж до повної втрати, явища кадмієвого паркінсонізму, жовто-золоте кільцеподібне забарвлення ясен у ділянці шийки зуба (кадмієва облямівка), головний біль, запаморочення, зниження апетиту, нудота, схуднення, порушення сну у вигляді астеновегетативного, астеноневротичного неврастенічного та гіпоталамічного синдромів. При подальшому розвитку інтоксикації з'являються носові кровотечі, ерозії і кірки на слизовій оболонці носа, виразка і перфорації носової перегородки, хронічний, переважно атрофічний, бронхіт, емфізема легенів, дифузний прогресуючий пневмосклероз з ознаками наростаючої кисневої недостатності, неврастенічний синдром із вегетативними порушеннями, шлунково-кишкові розлади, ураження печінки, загальна астения й кахексія. Повільно розвивається нефропатія з переважним ураженням проксимального відділу канальців. Виникає характерне uszkodження ниркових канальців, що супроводжується протеїнурією та підвищеною екскрецією β_2 -мікроглобуліну [13]. Порушення білкового обміну проявляється зниженням рівня альбумінів. Характерне виділення з сечею білка (до 4 г в 1 л сечі) з низькою відносною молекулярною масою (20 000–30 000), що містить більше глобулінів, ніж альбумінів, а також збільшення кількості амінокислот і сечової кислоти.

У периферичній крові нерідко відзначається помірна гіпохромна анемія або збільшення числа еритроцитів і гемоглобіну (компенсаторна реакція розвивається у відповідь на кисневу недостатність). Різко збільшується ШОЕ (до 70 мм/год). Відзначається схильність до туберкульозу. При вираженій формі хронічної інтоксикації прогноз несприятливий. Патологічні зміни в легенях нерідко прогресують, незважаючи на припинення роботи з кадмієм. Хімічний пневмоніт може тривати кілька місяців, а функція легенів може бути порушена більше ніж протягом 1 року після впливу сполук кадмію. Є пряма залежність між загальним умістом кадмію в організмі і тяжкістю ураження нирок. Крім того, він викликає гіперкальціурію. При професійному контакті високий ризик сечокам'яної хвороби [6].

У 1950 році одна з японських шахт у великій кількості викидала кадмій в навколишнє середовище, що призвело до забруднення ним рису, основного місцевого харчового продукту. Відзначався спалах остеомалачії, яка зачепила сотні людей, у першу чергу жінок у постменопаузі з великим числом пологів в анамнезі. У постраждалих спостерігалися патологічні переломи. Хвороба отримала назву «ітай-ітай» (буквально перекладається як «ой-ой»): так вигукували хворі через гострий біль при ходьбі. Остеомалачія, викликана отруєнням кадмієм, — результат порушень обміну кальцію і фосфатів; вона також обумовлена ураженням проксимальних канальців ниркових клубочків. Знижена мінералізація зрілої кісткової тканини підвищує ризик патологічних переломів. Остеомалачії згадуються в окремих

клінічних спостереженнях, але при професійних отруєннях кадмієм вони не є основним симптомом [14]. Нерідкі скарги на різкі болі в тазі, в поперековому відділі хребта і в епіфізах кісток кінцівок. На рентгенограмах — ознаки декальцинації (поперечні борозни на лопатках, стегнових і великогомілкових кістках і кістках таза). Найбільше схильні до інтоксикації кадмієм жінки, у яких спостерігається недостатність заліза і кальцію. Зазвичай ці стани бувають під час вагітності, годування груддю або при великій втраті крові під час менструації. Серед чоловіків групи ризику становлять курці. З однієї пачки сигарет організм засвоює приблизно 1 мкг кадмію. Засвоєння кадмію перешкоджають залізо, кальцій і цинк.

Патологоанатомічні зміни. При отруєнні сполуками кадмію відзначається жирова інфільтрація печінки і нирок, в печінці — дистрофія гепатоцитів. При хронічному отруєнні бувають гіпертрофія серця, у паренхіматозних органах — ділянки некрозу і проростання в них сполучної тканини, гіперплазія селезінки, у нирках — збільшення розмірів клубочків, набухання епітелію ниркових канальців і дегенеративні зміни в тканинах нирок [16].

Перша допомога й лікування при отруєнні сполуками кадмію. Слід оцінити прохідність дихальних шляхів і рівень оксигенації, хоча гіпоксії відразу після отруєння може й не бути. Після відновлення прохідності дихальних шляхів вживають заходів щодо підтримання дихання і кровообігу. Після цього потрібно видалити кадмій із шлунково-кишкового тракту. Потрапляння в організм великої кількості розчинних солей — рідкість, але такі отруєння кадмієм можуть виявитися смертельними. Найнижча наведена в літературі доза, що виявилася летальною, — 5 г. Таким чином, якщо проковтнута значна кількість кадмію, а блювоти не було, показане промивання шлунка. Частіше за все для цього достатньо тонкого зонда, оскільки неорганічні солі кадмію являють собою порошок [3].

При гострих отруєннях рекомендований прийом всередину сірководневої води 50–100 мл. Для промивання шлунка застосовують 200 мл сірководневої води на 800 мл води або розчин унітіолу (1–3 ампули по 5 мл 5% розчину на склянку теплої води). Рекомендується також британський антилюїзит по 1 мл внутрішньом'язово 4–6 разів або тетацін-кальцій; 20 мл 10% розчину етилендіамінотетраоцтової кислоти вводять в 5% розчині глюкози або ізотонічному розчині хлориду натрію внутрішньовенно краплинно 1 раз на день протягом 3–4 днів. Найбезпечнішим препаратом вважається сукцимер. Застосування сукцимеру 10 мг/кг 3 рази на добу добре переноситься, ця доза є достатньою. Хворих із гострим інгаляційним пневмонітом слід лікувати також стероїдами й сечогінними засобами [10].

У разі хвороби ітай-ітай потерпілим доцільно вводити великі дози вітаміну D при наявності в дієті адекватної кількості кальцію і фосфору. До числа віддалених наслідків хронічного впливу кадмію відносяться емфізема і хронічна ниркова недостатність. Крім уникнення потрапляння кадмію в організм, не існує інших ефективних методів лікування отруєння ним. Ліку-

вання спрямоване на те, щоб знизити й полегшити симптоми отруєння. При хронічних отруєннях рекомендуються зміна роботи, лікування симптоматичне, дієта і загальнозміцнююча вітамінотерапія. Необхідне тривале спостереження пульмонолога, оскільки навіть одноразовий контакт із парами кадмію може викликати хронічне ураження легень [14, 15].

Профілактика. Насамперед промислові підприємства повинні забезпечуватися високоякісними очисниками. Житло, поля, річки, озера повинні бути віддалені від таких підприємств, що забруднюють навколишнє середовище сполуками кадмію, на значну відстань. Крім того, засвоєння кадмію можна зменшити, призначаючи одночасно селен, який служить протиотрутою не тільки для ртуті, але і для інших металів. Проте вживання продуктів, багатих селеном, як правило, знижує вміст сірки, і кадмій знову стає небезпечним [5]. Надмірна доза цього мікроелемента може вплинути на обмін речовин. Наприклад, вміст кадмію, вищий від прийнятої середньої норми 50 мкг, може порушити обмін заліза, кальцію, цинку, магнію та міді. Між кадмієм і залізом існує антагонізм, тому геохімічні дослідження повинні прогнозувати поживну цінність продукту з урахуванням наявності антагоністичних елементів. Кадмій потрапляє в організм з сигаретним димом, деякими видами фарби, з водою, кавою, чаєм та забрудненими продуктами, особливо рафінованими зерновими. Також в проіржавілих водопровідних трубах замість заліза знаходиться надлишок кадмію. Кадмій міститься у ґрунті, зокрема в місцях природних покладів цинку. Цей важкий метал може перешкоджати нормальній дії ферментних систем, що містять цинк в організмі, вражаючи імунітет, передміхурову залозу й кістки [11]. Необхідно уникати впливу сигаретного диму, вживання забруднених морських і рафінованих продуктів, у той же час намагатися підтримувати в організмі достатній рівень цинку. З метою профілактики отруєнь слід всі агрегати плавки й термічної обробки кадмію забезпечувати місцевою витяжною вентиляцією. При роботі з кадмієм рекомендується застосування респіраторів, рукавиць, фартухів. Усі особи, які мають контакт із кадмієм, повинні проходити періодичні медичні огляди 1 раз на рік.

Експертиза непрацездатності. При початкових симптомах хронічного отруєння встановлюється тимчасова часткова втрата працездатності. Показаний тимчасовий перехід на роботу, не пов'язану із впливом сполук кадмію і видачею профбюлетеня терміном до 2 місяців, а також проведення відповідного лікування [12]. При рецидивах інтоксикації або наявності виражених змін у легенях, печінці, нирках, кістковій системі — відсторонення від роботи з кадмієм та його сполуками, раціональне працевлаштування. Можливо стійке часткове або повне обмеження працездатності із встановленням відповідної групи інвалідності та відсотку втрати професійної працездатності.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Бабюк А.В. Вплив хімічних забруднювачів навколишнього середовища на стан здоров'я населення / А.В. Бабюк, О.О. Шотка // *Гігієна і епідеміологія*. — 2009. — С. 144-165.
2. Бондарев Л.Г. Микроэлементы — благо и зло / Л.Г. Бондарев. — М., 1984. — С. 144-150.
3. Виноградов С.В. Молекулярно-генетические основы гепатотоксичности некоторых лекарственных препаратов / С.В. Виноградов, Н.А. Кравченко // *Современные проблемы токсикологии*. — 2007. — № 3. — С. 30-38.
4. Засєкін Д.А. Вплив хронічного токсикозу через забруднення важкими металами на клінічні показники та стан кислотно-лужної рівноваги крові корів / Засєкін Д.А., Засєкін М.Д. // *Вет. мед. України*. — 2003. — № 12. — С. 33-34.
5. Кислотно-лужний стан у отруєних тварин та його вплив у біологічній міграції кадмію / Д.О. Мельничук, Н.М. Мельникова, І.В. Калінін та ін. // *Ветеринарна медицина: Міжвід. темат. наук. зб.* — 2004. — № 84. — С. 486-489.
6. Кучеренко М.Є. Сучасні методи біохімічних досліджень / М.Є. Кучеренко, Ю.Д. Бабенко, В.М. Войціцький. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — С. 422-423.
7. Мельникова Н.М. Рекомендації щодо використання препарату Гепавекс 200 з метою корекції біохімічних показників крові кролів за умов отруєння важкими металами / Н.М. Мельникова, Є.А. Деркач, І.А. Шепельова. — К.: НУБіП України, 2010. — С. 31-32.
8. Мельничук Д.О. Вікові особливості кумуляції кадмію в органах отруєних щурів і зміни показників кислотно-лужного стану крові за різних умов антиоксидантного захисту організму / Д.О. Мельничук, Н.М. Мельникова, Є.А. Деркач // *Український біохімічний журнал*. — 2004. — С. 95-99.
9. Мельничук Д.А. Метаболическая система кислотно-щелочного гомеостаза в организме человека и животных / Д.А. Мельничук // *Укр. біохім. журн.* — 1989. — Т. 61, № 3. — С. 3-21.
10. Михалева Н.М. Структурно-функциональные единицы и их компоненты в органах висцеральных систем в норме и патологии / Н.М. Михалева, А.А. Жаворонков. — Харьков, 1991. — С. 169-170.
11. Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе почва-растение-человек (обзор) / И.В. Мудрый // *Гигиена и санитария*. — 1997. — № 1. — С. 5-8.
12. Нариси вікової токсикології / За ред. акад. І.М. Трахтенберга. — К.: Авіценна, 2005. — 256 с.
13. Casalino E. Enzyme activity alteration by cadmium administration to rats: the possibility of iron involvement in lipid peroxidation / Casalino E., Sblano C., Landriscina C. // *Arch. Biochem. Biophys.* — 2007. — Vol. 346, № 2. — P. 171-179.
14. Kelley C. Cadmium therapeutic agents / Kelley C. // *Curr. Pharm. Des.* — 2009 Apr. — 5(4). — P. 229-240.
15. Sarcar S. Lipid peroxidative damage on cadmium exposure and alterations in antioxidant system in rat erythrocytes: a study with relation to time / Sarcar S., Yadav P., Bhatnagar D. // *Biomaterials*. — 1998. — Vol. 11, № 2. — P. 153-157.
16. Sarcar S. Cadmium-induced lipid peroxidation and the status of the antioxidant system in rat tissues / Sarcar S., Yadav P., Trivedi R. // *Med. Biol.* — 2005. — Vol. 9, № 3. — P. 144-149.

Отримано 14.10.2016 ■

Арустамян О.М., Ткачишин В.С., Алексейчук А.Ю.

Национальный медицинский университет им. А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ КАДМИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Резюме. Кадмий — тяжелый металл, относится ко второму классу опасности, имеет выраженную тенденцию к накоплению в организме. Отравление кадмием происходит при попадании его в желудок или ингаляционным путем. Абсорбированный кадмий накапливается в печени и почках в виде комплекса с металlothioneином. В эритроцитах и мягких тканях кадмий связывается с $\alpha 2$ -макроглобулином и альбумином. Кадмий связывается с сульфгидрильными группами белков, что приводит к инактивации ферментов; подавляет деятельность митохондрий, повышается свободнорадикальное окисление в клетках. Концентрацию кадмия в почках можно оценить, исследуя нейтронно-активационным методом полученный субстрат мочи. Влияние кадмия на организм человека имеет место при производстве гальванических элементов, плавке металлов, при занятии фотографией, производстве аккумуляторов и батареек, изготовлении удобрений, сигарет, рентгеновских экранов, кинескопов, в автомобильной и авиастроительной промышленности. У сварщиков, паяльщиков и ювелиров, работающих с кадмиевыми сплавами, повышен риск острого отравления парами окиси кадмия. Клиника острого отравления характеризуется головной болью, головокружением, тошнотой, бледностью, эпигастральной болью, сладким привкусом во рту. Присоединяются явления острого трахеобронхита и разлитого бронхолита с приступами мучительного судорожного кашля с мокротой, сильной одышкой и цианозом. Возможны токсическая бронхопневмония и отек легких, от которых может наступить смерть на 3–5-й день. Хроническое отравление характеризуется снижением и потерей обоняния, кадмиевым паркинсонизмом, кадмиевой каймой, астеновегетативным, астеноневротическим, неврастеническим, гипоталамическим синдромами с вегетативными нарушениями. При дальнейшем развитии интоксикации появляются носовые кровотечения, язвы и перфорации носовой перегородки, хронические обструктивные заболевания легких с развитием прогрессирующего пневмосклероза и эмфиземы легких, желудочно-кишечные расстройства, поражение печени, гипохромная анемия или компенсаторный эритроцитоз, увеличение СОЭ до 70 мм/ч, остеомалация. Неотложная помощь заключается в восстановлении проходимости дыхательных путей, поддержании дыхания и кровообращения, промывании желудка, рекомендуется прием внутрь сероводородной воды 50–100 мл. Для промывания желудка используют 200 мл сероводородной воды на 800 мл воды или 5% раствор унитиола (до 15 мл на стакан теплой воды), а также британский антилюизит по 1 мл в/м 4–6 раз 3–4 дня. В случае болезни итай-итай целесообразно вводить большие дозы витамина D при употреблении адекватного количества кальция и фосфора. Предельно допустимая концентрация окиси кадмия в воздухе рабочих помещений составляет 0,1 мг/м³. Все лица, контактирующие с кадмием, должны проходить периодические медицинские осмотры 1 раз в год. При начальной стадии хронического отравления соединениями кадмия устанавливается временная частичная потеря трудоспособности. При выраженных стадиях — стойкая частичная или полная потеря трудоспособности с установлением соответствующей группы инвалидности.

Ключевые слова: соединения кадмия; острое и хроническое отравление кадмием; влияние соединений кадмия на организм человека; неотложная помощь; профилактика

Arustamian O.M., Tkachyshyn V.S., Aleksichuk O.Yu.

National Medical University named after O.O. Bohomolets, Kyiv, Ukraine

INFLUENCE OF CADMIUM COMPOUNDS ON THE HUMAN BODY

Abstract. Cadmium — a heavy metal, belongs to the second class of danger, has a strong tendency to accumulate in the body. Cadmium poisoning happens, when it gets into the stomach or via inhalation. Absorbed cadmium accumulates in the liver and kidneys as a complex with metallothionein. In red blood cells and soft tissues, cadmium binds to $\alpha 2$ -macroglobulin and albumin. Cadmium binds with sulfhydryl groups of proteins that leads to their denaturation and inactivation of enzymes; the activity of mitochondria is inhibited, free radical oxidation in cells is increased. The concentration of cadmium in the kidneys can be assessed by examining the urine substrate using neutron activation method. Effect of cadmium on human body takes place in the production of galvanic elements, heat of metals, photography classes, in the production of accumulators and batteries, when manufacturing fertilizers, cigarettes, X-ray screens, television tubes, in the automotive and aircraft industries. Welders, brazers and jewelers, who work with cadmium alloys, have an increased risk of acute poisoning by cadmium oxide vapors. Clinical picture of acute poisoning is characterized by headache, dizziness, nausea, pallor, epigastric pain, sour taste in the mouth. Also, there are the phenomena of acute tracheo-bronchitis and generalized bronchiolitis, with attacks of painful convulsive cough with phlegm, severe shortness of breath and cyanosis. There is a risk of toxic bronchopneumonia and pulmonary edema, and death from them on 3rd–5th day. Chronic poisoning is characterized by a decrease and loss of smell, cadmium parkinson-

ism, cadmium line, asthenovegetative, astenoneurotic, neurasthenic, hypothalamic syndromes with autonomic disorders. With further development of intoxication, nasal bleedings, ulcerations and perforations of the nasal septum, chronic obstructive pulmonary diseases with development of progressive pneumosclerosis and pulmonary emphysema, gastrointestinal disorders, liver damage, hypochromic anemia or compensatory polycythemia, increased erythrocyte sedimentation rate up to 70 mm/h, osteomalacia are detected. Emergency care consists in clearing the airway, breathing and circulation maintenance, washing gastrointestinal tract; oral intake of hydrogen sulfide water 50–100 ml is recommended. For gastric lavage, 200 ml of hydrogen sulphide water is used with 800 ml of water or a solution of 5% unitiol (up to 15 ml in a glass of warm water), British antilewisite 1 ml/m² 4–6 times 3–4 days. In case of Itai-Itai disease, it is advisable to administer high doses of vitamin D, when consuming adequate amounts of calcium and phosphorus. Maximum allowable concentration of cadmium oxide in occupational air is 0.1 mg/m³. All persons in contact with cadmium should undergo periodic medical examinations 1 time a year. At the initial stage of chronic poisoning by cadmium compounds, temporary partial disability is diagnosed. At severe stages — persistent partial or total disability with assessment of disability.

Keywords: cadmium compounds; acute and chronic cadmium poisoning; influence of cadmium compounds on the human body; first aid; prevention