

MINIMALIZÁCIA RIZIKA Z EXPOZÍCIE ORTUTI

MINIMISATION OF RISK OF EXPOSURE TO MERCURY

KATARÍNA KROMEROVÁ^{1, 2}, VLADIMÍR BENCKO²

¹Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky, Bratislava, Slovenská republika

²Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, Ústav hygieny a epidemiologie a Všeobecná fakultní nemocnice, Praha, Česká republika

SÚHRN

Ľudské aktivity a prírodné procesy zapríčinili výskyt ortuti v životnom prostredí. V dôsledku kapacity diaľkového atmosférického transportu, biotransformácie na organické formy, bioakumulácie a biomagnifikácie v potravinovom reťazci v kombinácii s vysokou toxicitou sa ortuť stala prioritným environmentálnym kontaminantom, ktorý Svetová zdravotnícka organizácia označila za jeden z desiatich najnebezpečnejších chemických látok pre zdravie ľudí. Expozície ortuti vo vyspelých krajinách ukazujú značné ekonomické náklady, a to najmä vo forme strát ekonomickej produktivity. Štúdie taktiež poukázali na značné ekonomické výhody prevencie znečistenia životného prostredia ortuťou v USA a na celom svete. Stratégia Európskeho spoločenstva týkajúca sa ortuti (The Community Strategy concerning Mercury) prispela k rozvoju a posilneniu komplexného súboru právnych predpisov Európskej Únie, ktoré sa zaoberajú rôznymi aspektmi problému ortuti. Rastúce obavy viedli k vzniku mnohých foriem medzinárodného úsilia o riešenie týchto otázok. V októbri 2013 bola podpísaná medzinárodná zmluva (Minimatský dohovor o ortuti) na kontrolu globálneho uvoľňovania ortuti do životného prostredia.

Kľúčové slova: ortuť, kontaminácia potravín, riadenie zdravotných rizík, potravinová

SUMMARY

Mercury is found in the environment due to human activities or natural processes. Due to long-range atmospheric transport capacity, biotransformation into organic forms, bioaccumulation and biomagnification in the food chain in combination with high toxicity, mercury has become a priority environmental contaminant, which the World Health Organization has identified as one of the ten most dangerous chemicals for public health. Mercury exposures in developed countries show significant economic costs, especially in the form of economic productivity losses. Studies have also highlighted the significant economic benefits of preventing mercury pollution in the US and worldwide. The Community Strategy concerning Mercury has contributed to the development and strengthening of a comprehensive body of European Union legislation dealing with various aspects of the mercury problem. Growing concern has led to many forms of international efforts to address these issues. In October 2013, an international treaty was signed (the Minamata Convention on Mercury) to control the global release of mercury into the environment.

Key words: mercury, contamination of foodstuffs, health risk management, food

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1731>

Úvod

Meniaci sa profil spoločnosti s jej požiadavkami a nárokmi, rýchly vedecko-technický rozvoj so sprievodnou industrializáciou, urbanizáciou a nárast biologických i biomedicínskych poznatkov aj preventívnych postupov ovplyvňuje s rastúcou intenzitou kvalitu prírodného i sociálneho prostredia, v ktorom vzniká, vyvíja sa a udržiava život. Človek neovplyvňuje svojou činnosťou iba prirodzených prírodných a biologických dejov iba pozitívne, ale často svojimi zásahmi ohrozuje úmyselne alebo nevedome nielen svoje zdravie a kvalitu života, ale aj integritu prostredia, v ktorom žije (1). Agentúra Spojených štátov na ochranu životného prostredia zaraďuje ortuť na tretie miesto medzi účinnými toxickými látkami (2). Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) označila ortuť za jednu z desiatich najnebezpečnejších chemikálií pre verejné zdravie (3).

Zdroje a expozícia ortuti

Ortuť je prirodzene sa vyskytujúcim prvkom vo vzduchu, vode a zemskej kôre (4) a môže byť mobilizovaná a uvoľnená do životného prostredia ľudskými aktivitami alebo prírodnými procesmi. Ľudské činnosti ako ťažba (extrakcia zlata), spaľovanie uhlia (tepelné elektrárne), priemyselné procesy (použitie katalyzátorov obsahujúcich ortuť, batérie, lekárske vybavenie) a spaľovanie odpadu, sa považujú za hlavné zdroje uvoľňovania ortuti do vodných a suchozemských ekosystémov (5). Ako prírodný prvok sa ortuť hojne nachádza v životnom prostredí a takmer 10 000 ton ortuti sa vytvára uvoľňovaním zo zemskej kôry, zatiaľ čo do životného prostredia sa dostáva približne 20 000 ton ročne prostredníctvom antropogénnej činnosti. Emisie ortuti zo spaľovania uhlia sú hlavným antropogénnym zdrojom uvoľňovania ortuti a odhaduje sa, že sa budú zvyšovať

rýchlostou 5 % ročne. Ortuť zo vzduchu sa vplyvom vetra nakoniec dostáva do vodných rezervoárov (t. j. jazier, riek a oceánov). Ortuť sa v atmosfére tiež mieša s dažďovými kvapkami a takýmto spôsobom kontaminuje vodné rezervoáre. Uvoľňuje sa z organického odpadu z tovární, ktoré priamo vypúšťajú neupravené odpady do vodných tokov (6).

Existujú tri formy ortuti – organická, anorganická a elementárna, pričom všetky tri vykazujú toxické účinky. Okrem oceánov je hlavným zdrojom elementárnej ortuti pálenie odpadov (6). Kovová ortuť sa používa v rôznych domácich, priemyselných a lekárske výrobných (vrátane termostátov, fluorescenčných žiaroviek, barometrov, ortuťových teplomerov a niektorých zariadení na meranie tlaku krvi). Pretože je ortuť v týchto zariadeniach obalená v sklenenom alebo kovovom obale, jej prítomnosť vo všeobecnosti nepredstavuje riziko, pokiaľ tento obal nie je poškodený. Expozícia parám kovovej ortuti môže nastať inhalačne zo zdroja, ako je napr. skládka nebezpečného odpadu, spaľovňa odpadu alebo elektrárň spaľujúca uhlie obsahujúce ortuť či iné fosilné palivá (5). Dezinfekčné prostriedky a liečivé zlúčeniny sú zdrojom anorganickej formy ortuti pre životné prostredie (6). Zubné amalgámové výplne predstavujú významný zdroj chronickej expozície ortuti prakticky celej ľudskej populácie. Pravidelné žuvanie a obrusovanie zubov stimuluje uvoľnenie ortuti vo forme jej pár z povrchu zubného amalgámu (7). Zubný amalgám je najčastejšie používaným materiálom na výplň zubov. Je to zmes ortuti a kovovej zliatiny. Normálne zloženie je 45–55 % ortuti; približne 30 % striebra a iných kovov, ako sú meď, cín a zinok. V roku 1991 WHO potvrdila, že ortuť obsiahnutá v zubnom amalgáme je najväčším zdrojom ortuťových pár v nepriemyselných prostrediach (8). Organická ortuť sa považuje za najnebezpečnejšiu a najčastejšiu formu expozície ortuti, ktorá sa často deteguje ako metylortuť (MeHg) a etylortuť (EtHg). Zistila sa v rôznych zdrojoch ako napr. ryby, hydina, insekticídy, fungicídy, pesticídy a vakcíny obsahujúce thimerosal. Najčastejšie expozícia nastáva pri konzumácii rýb, ktoré obsahujú MeHg, ako aj pri profylaktických použitíach vakcín obsahujúcich konzervačnú látku thimerosal, ktorá sa rýchlo metabolizuje na EtHg (C_2H_5Hg+) (3).

Z hľadiska expozície ľudí je dôležité, že sa ortuť v životnom prostredí biologicky transformuje na organické formy, najmä metylortuť, ktorá má vyššiu biologickú dostupnosť a toxicitu ako anorganické formy. Atmosférická ortuť sa ukladá v oceánoch, metylovaná mikroorganizmami, absorbovaná a akumulovaná organizmami a koncentrovaná v potravinovom reťazci, kde dosahuje najvyššie hladiny u vrcholových predátorov (9).

Rovnako ako väčšina toxických látok, aj ortuť môže ovplyvniť ľudský organizmus orálnou cestou, inhaláciou a tiež transdermálne (6).

Existencia početných zdrojov príjmu ortuti, vrátane expozície prostredníctvom potravín, vody, vzduchu, liekov a kozmetiky, je zodpovedná za jeho ľahkú dostupnosť pre ľudí. Najmä populácie konzumujúce ryby sú vystavené zvýšenému riziku expozície ortuti. Významná je profesionálna expozícia ortuti. Existuje aj množstvo štúdií, ktoré dokazujú toxicitu ortuti pri profesionálnej expozícii, napr. u ťažiarov zlata a zubného personálu (5, 7). Medzi povolania/odvetvia, ktoré majú vysokú pravdepodobnosť expozície ortuti, patria výrobcovia

elektrických zariadení alebo automobilových súčiastok, chemický priemysel, kovospracujúci priemysel, výroba konštrukčných a stavebných materiálov (napr. elektrické spínače a teplomery) a lekárske povolania (lekárske, zubné a iné zdravotnícke služby). Rodinní príslušníci takto ortuti exponovaných pracovníkov môžu byť v závislosti od situácie vystavení re-expozícii (5).

Prakticky každý orgán ľudského organizmu je ovplyvnený ortuťou, avšak koža, nechty, vlasy a obličky sú hlavné kontaminované časti, ktoré akumulujú vysokú koncentráciu ortuti (6). Jej nepriaznivé účinky na zdravie sú výsledkom lokalizácie ortuti akumulovanej v organizme, rozsahu expozície (množstvo, frekvencia a trvanie) i veku subjektu (5). Ukázalo sa, že biologický polčas anorganickej ortuti v ľudskom mozgu je niekoľko rokov až niekoľko desaťročí (3).

Toxicita ortuti pre ľudský organizmus sa líši v závislosti od premenných, ako je jeho chemická forma, dávka a miera expozície. Prostredníctvom konzumácie ortuti nachádzajúcej sa v potravinách a expozície ortuti zo životnému prostredia môžu byť ľudia konfrontovaní s prejavmi otravy. Existuje veľa chorôb, vrátane porúch centrálného nervového systému a eretizmu, arytmie, kardiomyopatie a poškodenia obličiek, ktoré sú pravdepodobne spojené s expozíciou ortuti. Predpokladá sa, že nekrotizujúca bronchitída a pneumonitída vznikajúca pri nadýchaní sa pár ortuti spôsobujú zlyhanie dýchacích ciest. Ortuť sa tiež považuje za silný imunostimulačný a imunosupresívny prostriedok v závislosti od expozičnej dávky a individuálnej náchylnosti, ktorá vytvára množstvo patologických nálezov vrátane lymfoproliferácie, hypergamaglobulínémie a celkovej systémovej hyperreaktivity a hyporeaktivity (5).

So zvyšujúcim sa povedomím o správaní životného prostredia sa výskyt akútnej otravy ortuťou v dôsledku priemyselného znečistenia, ako je Minamata, stal zriedkavým. Miera chronickej expozície nižšej dávky ortuti v dôsledku globálneho znečistenia alebo profesionálnej expozície však vzrástla. Napríklad Organizácia pre výživu a poľnohospodárstvo (FAO)/WHO zistila, že miliardy ľudí na celom svete, ktorí sa vo svojej strave spoliehajú na ryby ako na hlavný zdroj bielkovín, sú vystavení zvýšenej expozícii MeHg (10). Výskyt ortuti v rybách, a teda aj vo výrobkoch z nich, je významný. Ryby všeobecne (a v rámci nich predátory) sú posledným článkom v potravinovom reťazci vo vodnom prostredí. Ryby sú hlavným zdrojom potravín vo viacerých krajinách, čiže i hlavným zdrojom ortuti v strave. Anorganická ortuť sa môže premeniť na organickú v tráviacom trakte rýb. Ortuť je fixovaná v takmer všetkých orgánoch a tkanivách rýb, pričom sa prakticky neuvoľňuje z ich organizmu. Hlavnou formou ortuti v rybách je metylortuť. Jej akumulácia v svalovine rýb závisí od jej koncentrácie v životnom prostredí. Závisí najmä od koncentrácie ortuti v sedimente, fyzikálno-chemických vlastností vody, teploty a koncentrácie kyslíka. Vyššie teploty, predovšetkým v stojatej vode, zvyšujú stupeň akumulácie ortuti (11).

Minimalizácia rizika z expozície ortuti

Odhady ekonomických dôsledkov expozície ortuti vo vyspelých krajinách ukazujú značné ekonomické nákla-

dy, a to najmä vo forme strát ekonomickej produktivity. V USA tieto náklady predstavovali v roku 2008 5,1 miliardy dolárov, zatiaľ čo v Európskej únii (EÚ) boli identifikované straty vo výške do 9 miliárd eur (11,9 miliardy dolárov). Pacyna a kol. odhadli, že globálna strata ekonomickej produktivity spôsobená znečistením životného prostredia ortuťou by mohla dosiahnuť v roku 2020 29,4 miliardy dolárov. Štúdie taktiež poukázali na značné ekonomické výhody prevencie znečistenia životného prostredia ortuťou v USA a na celom svete (12). Bellanger a kol. kvantifikovali finančné prínosy z kontroly toxicity metylortuti (MeHg) v krajinách EÚ na 8 000 až 9 000 miliónov eur ročne (13).

Vlády by mali v prvom rade vyvinúť veľké úsilie na zabezpečenie podmienok pre vzduch, vodu a potraviny bez obsahu ortuti tým, že vytvoria prísnejšie regulačné systémy proti kontaminujúcim zložkám priemyslu, a to zabezpečením vhodných usmernení na likvidáciu odpadu z ortuti a podporovaním procesov a postupov bez jej používania. Média a mimovládne organizácie by mali vzdelávať verejnosť o možnostiach minimalizácie rizika z expozície ortuti. Medzi širokou verejnosťou by malo byť aj väčšie povedomie o obmedzovaní a zdržiavaní sa potravín, liekov, kozmetických výrobkov a iných výrobkov určených pre domácnosti, ktoré obsahujú ortuť/sú vyrobené z ortuti. Vedci by mali spolupracovať pri vývoji vakcín bez použitia ortuti ako konzervačnej látky. Všetky tieto snahy, ak sa zavedú do praxe, výrazne prispedia k zníženiu rizika expozície ortuti. V niektorých oblastiach už bola ortuť úspešne vyradená, ako napr. v zdravotníctve, meradlách a dezinfekčných prostriedkoch, a vďaka novým technológiám postupne aj v chlór-alkalickom priemysle. Podobne sa musí vynaložiť úsilie na intenzívne zmiernenie globálneho zaťaženia ortuťou. V mnohých rozvojových krajinách predstavuje ortuť veľký problém, ktorý si vyžaduje bezodkladné kroky na zabezpečenie riadnej kontroly. Toto úsilie by sa malo zamerať najmä na odstránenie antropogénnych zdrojov ortuti a zabránenie expozícii ortuti (5).

Stratégia Európskeho spoločenstva týkajúca sa ortuti (The Community Strategy concerning Mercury) prispela k rozvoju a posilneniu komplexného súboru právnych predpisov EÚ, ktoré sa zaoberajú rôznymi aspektmi problému ortuti, pričom zdôrazňujú potrebu uprednostniť medzinárodný rokovací proces o ortuti. Jej výroba sa v EÚ zastavila v roku 2003 a vývoz ortuti a určitých zlúčenín ortuti z EÚ je zakázaný od 15. marca 2011. Pokiaľ ide o dodávky a obchod s ortuťou, nariadenie (ES) č. 1102/2008 zakázalo export ortuti a od 15. marca 2011 vyžaduje, aby sa ortuť extrahovaná z rumelky zneškodňovala ako odpad. Tieto požiadavky preberá nové nariadenie o ortuti. Pokiaľ ide o skladovanie ortuti a zlúčenín ortuti, legislatíva EÚ ustanovuje požiadavky zamerané na zabezpečenie ochrany životného prostredia pri skladovaní kovovej ortuti a zlúčenín ortuti. V prípade výrobkov s pridaním ortuti sú jej obsah, umiestnenie na trh a dovoz širokej škály výrobkov s pridaním ortuti (napr. batérie, elektrické a elektronické zariadenia, teplomery, spínače, relé, žiarovky) legislatívne regulované (vrátane nariadenia REACH a nariadenia o kozmetických výrobkoch). Výroba alkalických chloridov, najdôležitejší výrobný proces s použitím ortuti, je vykonávacím rozhodnutím Komisie č. 2013/732 zakázaný od 11. decembra 2017. Emisie ortuti z hlavných priemysel-

ných zdrojov sú regulované podľa smernice o priemyselných emisiách (IED), ktorá vyžaduje, aby boli všetky zariadenia v prevádzke na základe povolenia a uplatňovali najlepšie dostupné techniky (BAT), a to vrátane výroby cementu, vápna a oxidu horečnatého. Emisie ortuti a uvoľňovanie do ovzdušia, vody a pôdy reguluje smernica o emisiách (IED) v spojení s rámcovou smernicou o vode a smernicou o povrchovej vode, ktorou sa ustanovujú maximálne úrovne koncentrácie ortuti v povrchových vodách, sedimente a biote. Pokiaľ ide o nakladanie s odpadom ortuti, kovová ortuť ako odpad a odpady obsahujúce alebo kontaminované ortuťou sa podľa rámcovej smernice o odpade vo väčšine prípadov kvalifikujú ako „nebezpečný odpad“. V smernici o skládkach odpadov sa súčasne ustanovujú osobitné požiadavky na ukladanie odpadovej ortuti na viac ako jeden rok, aby sa zabezpečilo, že sa skladuje spôsobom šetrným k životnému prostrediu. Nariadenie EÚ o ortuti sa zaoberá otázkou zubného amalgámu, ktorý je najväčším zostávajúcim použitím ortuti v EÚ. Stanovuje najmä krátkodobé a dlhodobé opatrenia na zníženie používania zubného amalgámu a súvisiaceho znečistenia. Toto zahŕňa: zákaz používania amalgámu pre skupiny obyvateľstva so zvýšenou vnímavosťou (tehotné alebo dojčiacie ženy, deti do 15 rokov), povinnosť používať vopred dávkovaný zapuzdrený zubný amalgám na zníženie emisií a expozície v zariadeniach zubného lekárstva a povinnosť vybaviť zubné kliniky separátormi amalgámu, aby sa zabránilo uvoľňovaniu amalgámového odpadu do kanalizácie a vodných útvarov. Európska komisia musí do júna 2020 podať správu Európskemu parlamentu a Rade o realizovateľnosti ukončenia používania zubného amalgámu do roku 2030 (14).

Najvýznamnejším zdrojom expozície ľudí metylortuti je konzumácia rýb a vodných živočíchov. Nariadenie (ES) č. 1881/2006 stanovuje maximálne množstvá 0,5 mg ortuti/kg pre ryby všeobecne a 1,0 mg ortuti/kg pre určité väčšie dravé druhy rýb vrátane napr. žraloka, mečiaru obyčajného (*Xiphias gladius*), plachetníka veľkého (*Makaira nigricans*), tuniaka (*Thunnus*) a Hoplostethus atlanticus (15).

Mnoho kampaní zameraných na vzdelávanie v oblasti verejného zdravia sa zameriava na prítomnosť metylortuti (MeHg) v rybách a snaží sa zvyšovať informovanosť a komunikovať výživové usmernenia, predovšetkým pre skupiny obyvateľstva so zvýšenou vnímavosťou, napr. tehotné ženy a malé deti. Je dôležité, aby sa pri navrhovaní výživových usmernení zohľadňoval úžitok z konzumácie rýb v porovnaní s rizikom expozície ortuti (16). S cieľom ochrany pred neurologickou vývojovou toxicitou metylortuti a dosiahnutia nesporných výhod konzumácie rýb (pozitívny vplyv konzumácie rýb/morských plodov počas tehotenstva na funkčné dôsledky neurologického vývoja detí a na kardiovaskulárne choroby u dospelých), ktoré sú spojené s 1–4 dávkami rýb týždenne, by sa mali v strave obmedziť druhy rýb/morských živočíchov s vysokým obsahom ortuti (17).

EÚ má jednu z najambicióznejších politík na ochranu proti ortuti. Avšak vzhľadom na to, že 40 až 80 % ortuti uloženej v Európe pochádza z emisií ortuti z iných častí sveta, sú potrebné silné medzinárodné opatrenia na ochranu zdravia európskeho obyvateľstva (18).

Rastúce obavy viedli k vzniku mnohých foriem medzinárodného úsilia o riešenie týchto otázok. Napri-

klad Program OSN pre životné prostredie (UNEP) implementoval množstvo globálnych projektov, ktorých cieľom je zníženie rizika pre ľudské zdravie a environmentálneho rizika z uvoľňovania ortuti, ako aj na zlepšenie pochopenia medzinárodných emisií ortuti a ich transportu a osudu. Najdôležitejšie je, že v októbri 2013 bola podpísaná medzinárodná zmluva (Minimatský dohovor o ortuti) na kontrolu globálneho uvoľňovania ortuti do životného prostredia. Cieľom Minimatského dohovoru, ako je uvedené v článku 1, je „chrániť ľudské zdravie a životné prostredie pred antropogénnymi emisiami a emisiami ortuti a zlúčenín ortuti“. Dohovor uznáva, že antropogénne emisie sú vážnou hrozbou pre zdravie ľudí i environmentálne zdravie a každý podpisujúci štát sa zaväzuje znížiť emisie a používanie ortuti s cieľom chrániť zdravie ľudí a životného prostredia (10). Podrobne uvádza súbor opatrení na dosiahnutie zákazu nových ortuťových baní, postupné uzatváranie existujúcich baní, kontrolné opatrenia týkajúce sa emisií ortuti do ovzdušia, kontroly výrobkov a výroby s obsahom ortuti, opatrenia týkajúce sa dočasného uskladnenia ortuti, ako aj regulácia tzv. remeselnej a malej ťažby zlata a zaobchádzanie so zubným amalgámom. Ustanovenia Minamatského dohovoru sú veľmi podobné existujúcim právnym predpisom EÚ o ortuti a jeho celkové ciele sú v súlade so stratégiou EÚ pre ortuť. Dohovor podpísalo 128 krajín a organizácií regionálnej hospodárskej integrácie (127 krajín a EÚ od októbra 2017) a bola ratifikovaná najmenej 50 stranami, čo viedlo k nadobudnutiu jeho účinnosti dňa 16. augusta 2017. EÚ ho ratifikovala a implementovala 18. mája 2017 prostredníctvom nového nariadenia o ortuti prijatého dňa 17. mája 2017, ktorým sa dopĺňa *acquis communautaire* pre ortuť a ktoré obsahuje ustanovenia nad rámec niektorých požiadaviek uvedených v Dohovore (15).

Článok 16 Minimatského dohovoru sa týka otázok zdravia ľudí. Povzbudzuje štáty, aby podporovali stratégie zamerané na: 1) identifikáciu všetkých populácií dotknutých znečistením ortuťou; 2) prijatie zdravotných usmernení regulujúcich expozíciu ortuti a 3) poskytovanie vzdelávania o nebezpečenstve expozícií ortuti. Krajiny by mali poskytnúť vhodnú zdravotnú starostlivosť pre ľudí, ktorí už sú exponovaní ortuti. Je zrejmé, že je potrebné viac vedeckých poznatkov na úplné pochopenie účinkov zníženia emisií ortuti na koncentrácie v životnom prostredí a identifikáciu ďalších faktorov vedúcich k zníženiu expozície ľudí a vedúcich k prevencii nepriaznivých dôsledkov. Prepojenie vedy s opatreniami na vnútroštátnej a medzinárodnej úrovni je potrebné pre pretavenie Minimatského dohovoru do praxe a hodnotenie jeho vplyvu na zlepšenie zdravia (10).

Humánny biomonitoring (human biomonitoring, HBM) poskytuje súhrnný prehľad o dopade znečistenia životného prostredia, faktorov životného štýlu, ako sú stravovacie zvyklosti. Je jediným dostupným nástrojom, ktorý integruje expozície zo všetkých zdrojov a poskytuje epidemiológii údaje umožňujúce štúdie vzájomných asociácií, vzťahov dávky a účinku (19). Odráža absorpciu po inhalácii, ingestii, dermálnej absorpcii zo všetkých zdrojov expozície, ako sú potraviny, voda, ovzdušie, pôda, prach, výrobky osobnej hygieny vrátane kozmetiky (20). Preto je dôležitým prostriedkom na hodnotenie účinnosti opatrení na minimalizáciu rizika z expozície ortuti.

Záver

Kapacita diaľkového atmosférického transportu, biotransformácia na organické formy, bioakumulácia a biomagnifikácia v potravinovom reťazci v kombinácii s vysokou toxicitou viedla k tomu, že sa ortuť stala prioritným environmentálnym kontaminantom, ktorý sa má biologicky monitorovať (9) a súčasne je potrebné vzhľadom na jej globálny charakter vyvíjať maximálne úsilie medzinárodného spoločenstva minimalizovať riziko z expozície ortuti, a to odstránením antropogénnych zdrojov ortuti a zabránením expozícii ortuti.

Podakovanie:

Článok vznikol v rámci aktivít podporovaných výskumným zámerom PROGRES Q29/LF1 a grantom GAČR17-00859S.

Konflikt záujmov: žiadny.

LITERATÚRA

1. Kromerová K, Bencko V. Súčasný trendy v procese hodnotenia rizika expozície cudzorodým látkam vrátane expozície z potravín. *Hygiena*. 2017;62(2):54-61.
2. Schober SE, Sinks TH, Jones RL, Bolger PM, McDowell M, Osterloh J, et al. Blood mercury levels in US children and women of childbearing age, 1999-2000. *JAMA*. 2003 Apr 2;289(13):1667-74.
3. Björklund G, Dadar M, Mutter J, Aaseth J. The toxicology of mercury: current research and emerging trends. *Environ Res*. 2017 Nov;159:545-54.
4. Maqbool F, Niaz K, Hassan FI, Khan F, Abdollahi M. Immunotoxicity of mercury: pathological and toxicological effects. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev*. 2017 Jan 2;35(1):29-46.
5. Kim KH, Kabir E, Jahan SA. A review on the distribution of Hg in the environment and its human health impacts. *J Hazard Mater*. 2016 Apr 5;306:376-85.
6. Khan F, Momtaz S, Abdollahi M. The relationship between mercury exposure and epigenetic alterations regarding human health, risk assessment and diagnostic strategies. *J Trace Elem Med Biol*. 2019 Mar;52:37-47.
7. Tuček M, Bencko V, Krýsl S. Zdravotní rizika rtuti ze zubních amalgámů. *Chem Listy*. 2007;101(12):1038-44.
8. World Health Organization [Internet]. Geneva: WHO; 2005 [cited 2019 Nov 19]. Mercury in Health Care. Policy Paper. WHO/SDE/WSH/05.08. Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/mercurypolpap230506.pdf.
9. Castaño A, Pedraza-Díaz S, Cañas AI, Pérez-Gómez B, Ramos JJ, Bartolomé M, et al. Mercury levels in blood, urine and hair in a nation-wide sample of Spanish adults. *Sci Total Environ*. 2019 Jun 20;670:262-70.
10. Ha E, Basu N, Bose-O'Reilly S, Dórea JG, McSorley E, Sakamoto M, et al. Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environ Res*. 2017 Jan;152:419-33.
11. Kimáková T, Kuzmová L, Nevolná Z, Bencko V. Fish and fish products as risk factors of mercury exposure. *Ann Agric Environ Med*. 2018 Sep 25;25(3):488-93.
12. Trasande L, DiGangi J, Evers DC, Petrlik J, Buck DG, Šamánek J, et al. Economic implications of mercury exposure in the context of the global mercury treaty: hair mercury levels and estimated lost economic productivity in selected developing countries. *J Environ Manage*. 2016 Dec 1;183:229-35.
13. Bellanger M, Pichery C, Aerts D, Berglund M, Castaño A, Čejchanová M, et al.; DEMO/COPHES. Economic bene-

- fits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environ Health*. 2013 Jan 7;12:3.
14. European Commission [Internet]. Brussels: EC; 18 May 2017 [cited 2019 Nov 19]. Press release. Questions and answers: EU mercury policy and the ratification of the Minamata Convention. Available from: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-17-1344_en.htm.
 15. Science for Environment Policy. Tackling mercury pollution in the EU and worldwide. In-depth Report 15 produced for the European Commission [Internet]. Bristol: Science Communication Unit UWE; 2017 [cited 2019 Nov 19]. Available from: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>.
 16. Selin H, Keane SE, Wang S, Selin NE, Davis K, Bally D. Linking science and policy to support the implementation of the Minamata Convention on Mercury. 2018. *Ambio*. 2018 Mar;47(2):198-215.
 17. EFSA Scientific Committee. Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA J*. 2015 Jan;13(1):3982.
 18. European Commission [Internet]. Brussels: EC; 18 May 2017 [cited 2019 Nov 19]. Press release. EU protects citizens from toxic mercury, paves the way for global action. from. Available from: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-17-1345_en.htm.
 19. Choi J, Aarøe Mørck T, Polcher A, Knudsen LE, Joas A. Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety. External scientific report. EFSA Support Pub. 2015 Feb;12(2):724E.
 20. Angerer J, Ewers U, Wilhelm M. Human biomonitoring: state of the art. *Int J Hyg Environ Health*. 2007 May;210(3-4):201-28.

Došlo do redakce: 30. 8. 2019

Přijato k tisku: 19. 11. 2019

*MUDr. Katarína Kromerová
Odbor hygieny výživy, bezpečnosti potravin
a kozmetických výrobkov
Úrad verejného zdravotníctva SR
Slovenská republika
E-mail: katarina.kromerova@uvzs.sk*