

PŘÍSPĚVEK K POZNÁNÍ KONCENTRACÍ MĚDI A ZINKU VE VLASECH DĚTÍ Z PODKRUŠNOHOŘÍ

CONTRIBUTION TO UNDERSTANDING COPPER AND ZINC CONCENTRATIONS IN THE HAIR OF CHILDREN FROM THE FOOTHILLS OF THE KRUŠNÉ HORY MOUNTAINS

EVA RYCHLÍKOVÁ¹, IVAN BENEŠ¹, DAVID ŠUBRT¹, HANA SMOLÍKOVÁ¹, EVA HRDLÍČKOVÁ¹, MILAN TUČEK², VLADIMÍR BENCKO²

¹Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem, Ústí nad Labem, Česká republika

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

SOUHRN

Cíle: Cílem studie bylo zjistit, zda a v jaké míře měď a zinek, vstupující do prostředí při povrchové těžbě a při spalování hnědého uhlí, exponují dětskou populaci žijící v Podkrušnohoří.

Metodika: Po informovaném souhlasu byly odebrány a analyzovány vzorky vlasů pro zjištění obsahu Cu a Zn ve vlasech 258 dětí ze třetích tříd základních škol ze Sokolova, Královského Poříčí, Litvínova, Horního Jiřetína, Lomu u Mostu, Oseku u Duchcova a Duchcova v oblasti Sokolovské a Mostecké uhelné pánve. Odběry provázal dotazník pro doplnění údajů o expozici. Výsledky dotazníků i analýz vlasů byly statisticky hodnoceny deskriptivní statistikou a po ověření normality byly hodnoceny neparametrickými testy. V Sokolově bylo realizováno měření aerosolových částic PM₁₀ s analýzou kovů a v Lomu u Litvínova využito měření ČHMÚ.

Výsledky: Nalezenou hodnotou mediánu pro koncentrace mědi ve vlasech dětí bylo 9,8–16,2 mg/kg. Pro Zn pak 163–200 mg/kg. Stanovení mědi a zinku v aerosolových částicích PM₁₀ měřených v Sokolově a Lomu u Mostu prokázalo hodnoty srovnatelné s pozadím. Měď v Sokolově činila 4,4 ng/m³ a v Lomu u Mostu 2,5 ng/m³, zinek 13,4, resp. 10,9 ng/m³.

Závěr: Výsledné střední hodnoty obsahu mědi a zinku ve vlasech dětí nesvědčí o vysoké expozici v souvislosti s těžbou uhlí. Expozice ovzduším se pravděpodobně neuplatňuje. K vysvětlení individuálních vysokých hodnot mědi a zinku ve vlasech dětí je zapotřebí identifikovat spíše zdroje ve stravování dětí, v potravních doplncích, používání kosmetiky nebo dermatologik a zabývat se zdravotním stavem dětí.

Klíčová slova: esenciální prvky – expozice, děti, těžba uhlí

SUMMARY

Objectives: The objective of the project was to investigate if and how much copper and zinc enter the environment during coal mining and incineration exposing the child population from foothills of Krušné Hory mountains.

Methodology: After informed consent of parents 258 children's hair were sampled and analysed for Cu and Zn. Children visited the third class of elementary schools in Sokolov, Královské Poříčí, Litvínov, Horní Jiřetín, Lom u Mostu, Osek u Duchcova and Duchcov in two coal mining areas. Sampling was accompanied with a questionnaire completing exposure information. The results of questionnaires and analyses were evaluated with descriptive statistics and analysed with nonparametric tests. Measurement of metals in the aerosol particles of PM₁₀ took part in Sokolov and Lom u Mostu.

Results: The median of the Cu value found in children's hair in individual localities was at 9.8–16.2 mg/kg. For zinc 163–200 mg/kg. Analyses of copper and zinc at aerosol particles PM₁₀ shows values comparable to background levels. Median of copper in Sokolov reached 4.4 ng/m³ and in Lom u Mostu 2.5 ng/m³, zinc was 13.4 ng/m³ resp. 10.9 ng/m³.

Conclusion: The results of zinc and copper in hair of children are not explained by high exposure from coal mining. To explain individual high levels of copper and zinc it is necessary to find sources in nutrition, food additives, cosmetics or dermatology medications and have an interest in children's health.

Key words: essential elements – exposure, children, coal mining

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1741>

Úvod

Biologický monitoring je klíčovým nástrojem ke studiu vztahu životního prostředí a zdraví v kontaminovaných místech. Sleduje kontaminanty nebo jejich meta-

boly v humánních biologických matricích (např. krev, moč nebo vlasy) (1). Chemické látky se nacházejí všude, v ovzduší, půdě, vodě, potravě a produktech a mohou vstupovat do organismu ingescí, inhalací a kožním kontaktem (2). Biomarkery jsou často rozdělovány na ty,

kteří měří expozici, efekt a vnímavost (3). Mohou sloužit jako užitečné ukazatele agregované expozice všemi cestami a ze všech zdrojů, měří integrované expozice veškerého původu (4). Přesto biomonitoring obvykle neumožňuje odhalit expoziční zdroje a cesty (5). V naší republice se biologickým monitoringem ve spojení s poškozením sluchu dětí žijících v kontaminovaném území v okolí elektrárny Nováky zabývali Symon s Benckem již v roce 1977 (6). V současnosti je biologický monitoring ve velkých městech zajišťován od roku 1993 Státním zdravotním ústavem (7, 8). Zjišťováním expozice obyvatel žijících v oblasti historického dolování s využitím pro hygienický dozor se také zabývala KHS Středočeského kraje (9) a Město Kutná Hora (10).

Hlavním cílem naší studie v rámci projektu Grantové agentury České republiky 17-00859S „Hodnocení dopadu rizikových prvků na životní prostředí, jejich pohyb a transformace v kontaminované oblasti“ bylo zjistit, zda dochází k expozici prvkům, které se dostávají do prostředí při povrchové těžbě a při spalování hnědého uhlí. Zinek a měď jsou esenciální prvky, které mohou být potenciálně toxické (11, 12).

Metodika

Po získání stanoviska etické komise, souhlasu pedagogů a rodičů, jsme u dětí ze třetích tříd základních škol odebrali chirurgickými nůžkami 0,5 g vlasů, pokud možno za uchem, a v obálkách označených kódem je transportovali do laboratorii Zdravotního ústavu se sídlem v Ústí nad Labem. Vzorky byly po umytí mineralizovány vysoce účinnou mikrovlnnou digesční jednotkou (Milestone MLS 1200 Mega, ETHOS Plus). Stanovení bylo provedeno hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem – ICP/MS (Agilent 700x) v laboratoři Zdravotního ústavu Ústí nad Labem. Odběry proběhly na jaře v letech 2017–2019.

Informace o podmínkách expozice byly poskytnuty rodiči v dotazníku. Šlo o biometrická data, pohlaví dítěte, vzdálenost bydliště od povrchového dolu a komína elektrárny, vytápění domácnosti, pěstování vlastních produktů a chov hospodářských zvířat, soužití s domácím mazlíčkem a kouření v rodině. Výsledky dotazníků i analýz vlasů byly hodnoceny popisnou statistikou a po ověření normality neparametrickými testy.

Zároveň byly pod dobu cca jednoho roku odebírány a analyzovány aerosolové částice PM₁₀, mj. na obsah Cu

a Zn. Tyto činnosti probíhaly v letech 2017–2018 v Sokolově, pro Mostecko byly použity údaje monitoringu ČHMÚ z Lomu u Mostu ze stejného období.

Výsledky

Celkem bylo provedeno 258 (Zn), resp. 257 (Cu) analýz vlasů. Data o koncentracích mědi i zinku nevykazovala normální rozdělení v Kolmogorov-Smirnovově testu. Po vyloučení vysokých hodnot u mědi i zinku se situace nezměnila.

Největší část souboru představovaly hodnoty do 100 mg/kg, avšak 111 dětí mělo hodnoty pouze do deseti mg/kg. 52 dětí mělo ve vlasech obsah mědi vyšší než 30 mg/kg. V Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva SZÚ byly zjištěny „referenční“ hodnoty z let 1996–2003, a to 9–13 mg/g (7, 8).

41 dětí mělo ve vlasech hodnoty pod 110 mg/kg, dolní hranici nalezenou SZÚ bylo 118 mg/kg. 85 dětí mělo hodnoty vyšší než 190 mg/kg. Horní hranici nalezenou SZÚ je 134 mg/kg (7, 8).

Výsledky analýz vlasů na obsah mědi u dětí z jednotlivých obcí na Sokolovsku a Litvínovsku jsou v tabulce 1.

Mediány, ale zejména 75. percentily hodnot mědi ve vlasech dětí z jednotlivých obcí byly vyšší v Litvínově, Duchcově a malých obcích v Mostecké pánvi než v Sokolovské. Hodnoty maxim byly vyšší než údaje publikované Benckem a SZÚ (7, 8, 11).

Výsledné hodnoty vyjádřené mediánem u zinku byly nejvyšší v malých obcích na Mostecku a v Duchcově, zde byl i nejvyšší 75. percentil. Nejvyšší maxima byla v Královském Poříčí, Sokolově a Duchcově (tab. 2).

Provedli jsme vyhodnocení výsledků analýz Cu a Zn u dětí podle pohlaví (136 chlapců, 113 dívek, 10krát neuvedeno). Mezi hodnotami mědi i zinku ve vlasech chlapců a dívek byl signifikantní rozdíl při 5% hladině významnosti prokázaný Mann-Whitneyovým testem (měď p-value < 0,0001, zinek p-value 0,0008). Mediány hodnot mědi i zinku u dívek byly vyšší. Měď dosáhla 16 mg/kg, zinek 180 mg/kg u dívek. U chlapců byla zjištěna hodnota mědi ve vlasech 9 mg/kg a zinku 156 mg/kg. Dále jsme hodnotili obsahy kovů ve vlasech ve vztahu ke vzdálenosti místa bydliště od dolu nebo skrývky a od komína elektrárny – regresní koeficient byl sice pozitivní, ale velmi slabý. Většina dětí žila ve vzdálenosti do 2 km od povrchového dolu, skrývky, komína. Přítomnost domácího mazlíčka a vytápění uh-

Tab. 1: Koncentrace mědi ve vlasech dětí z obcí v Podkrušnohoří (mg/kg) (N=258)

	Sokolov	Královské Poříčí	Litvínov	Duchcov	HJ + L + O*
počet	59,0	43,0	52,0	71,0	34,0
minimum	3,4	3,4	2,3	6,4	8,3
25. percentil	8,3	8,2	8,2	8,6	11,8
median	9,8	9,8	14,1	11,6	16,2
75. percentil	14,5	14,1	25,8	34,1	52,8
maximum	118,7	172,1	335,0	461,0	821,0
aritmetický průměr	15,8	16,8	35,5	50,3	92,3
SD	17,3	22,7	65,4	85,6	181,1

*HJ + L + O = Horní Jiřetín + Lom u Mostu + Osek u Duchcova

Tab. 2: Koncentrace zinku ve vlasech dětí z obcí v Podkrušnohoří (N = 257)

	Sokolov	Královské Poříčí	Litvínov	Duchcov	HJ + L + O*
počet	59,0	43,0	51,0	71,0	33,0
minimum	55,8	55,8	32,3	74,2	82,0
25. percentil	127,8	123,2	113,3	129,0	143,3
medián	162,7	152,9	155,0	180,0	199,5
75. percentil	225,2	195,9	193,4	274,5	237,5
maximum	1379,0	1603,7	573,0	1282,0	479,0
aritmetický průměr	241,0	239,8	171,3	258,8	208,5
SD	224,2	261,5	101,4	232,8	83,4

*HJ + L + O = Horní Jiřetín + Lom u Mostu + Osek u Duchcova

Tab. 3: Střední hodnoty mědi a zinku v aerosolových částicích PM₁₀ v Sokolově a Lomu u Mostu (ng/m³) (ČHMÚ, ISKO)

	Sokolov		Lom u Litvínova	
	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)	Cu (ng/m ³)	Zn (ng/m ³)
počet vzorků	41,0	41,0	46,0	46,0
aritmetický průměr	4,6	13,8	8,1	12,6
minimum	1,6	1,0	0,6	4,6
25. percentil	3,5	7,7	1,6	7,7
medián	4,4	13,4	2,5	10,9
75. percentil	5,1	17,8	3,4	17,3
maximum	8,7	33,6	129,0	32,2

lím byly bez statisticky prokázaného vztahu. Neuplatnilo se ani kuřáctví v domácnosti. Využívání vlastních produktů ze zahrádky v případě mědi však prokázalo v t-testu pozitivní statistickou závislost (p-value 0,0303 při 5% hladině významnosti) u chlapců. U dívek jsme tyto souvislosti nenalezli. Hodnoty mediánu mědi ve vlasech pro všechny děti z obcí Sokolovska jsou srovnatelné s referenčními hodnotami SZÚ (7, 8), podobně je tomu i u dětí z obcí na Mostecku. Medián hodnot zinku je u dětí ze Sokolovska i Litvínovska vyšší než referenční hodnoty.

V aerosolových částicích v Sokolově i v Lomu u Mostu jsme nenalezli vysoké koncentrace ani mědi, ani zinku. Medián koncentrací zinku dosáhl v Sokolově 13,4 ng/m³ a v Lomu u Mostu 10,9 ng/m³. Zajímavá však byla dosažená maxima zinku v Sokolově a mědi v Lomu u Mostu. Měď ve středních hodnotách dosáhla hodnoty 4,4 ng/m³ v Sokolově a 2,5 ng/m³ v Lomu (tab. 3).

Diskuse

Od roku 1993 je zajišťován Státním zdravotním ústavem monitoring dětské expozice kovům zejména ve větších městech (7, 8). Chtěli jsme poznat dětskou populaci žijící na periférii Ústeckého a Karlovarského kraje v uhelných pánvích. Projekt České zemědělské univerzity, kterého jsme se účastnili, byl zaměřen na pravděpodobné zdroje kontaminace – těžbu a spalování uhlí. Zabýval se složkami ekosystému, rostlinami i drobnými savci. Na daném území se dříve těžily neželezné kovy. V životním prostředí je hlavním zdrojem expozice mědi půda – těžba rud, tuhé odpady, kaly z čistíren. Příroze-

ným zdrojem je vulkanická činnost, ale daleko větším zdrojem je tavba mědi, ošetření rud a spalovací procesy (11, 12). Podobné jsou i zdroje zinku. Pro děti je však největším pravděpodobným expozičním zdrojem mědi a zinku strava, která nebyla předmětem našeho sledování. Perorální zinek bývá příležitostně využíván jako potravní suplement (17, 18) v dávkách, které nejsou sledovány. Zda rodiče této možnosti využívají, jsme nezjišťovali.

Výběr dětí pro studii nebyl náhodný. Děti se šetření účastnily na základě informovaného souhlasu rodičů, kteří měli o účast dětí ve studii zájem. Tím je vnesen do studie pozitivní selekční bias. Dobrovolnost a informovaný souhlas jsou bezpodmínečné.

Dívky měly ve vlasech vyšší hodnoty zinku i mědi ve srovnání s chlapci. Rozdíly byly statisticky významné. Nabízí se vysvětlení pravděpodobným nástupem pubertálního spurtu dívek, který u hochů nastává později. Avšak Bertazzo a kol. ve velkém souboru italských mužů a žen statisticky významné rozdíly nenalezli (18), výjimečně u žen vyššího věku našli nižší hodnoty.

Obsah obou prvků ve vlasech velmi slabě negativně koreloval se vzdáleností od nejbližšího dolu a elektřárenského komína. Jde pravděpodobně o náhodný statistický výsledek, hodnoty zinku a mědi v monitorovaných aerosolových částicích PM₁₀ v Sokolově a v Lomu byly velmi nízké. Bencko cituje Balážovou, která zjistila v okolí uhelné elektrárny koncentrace zinku v ovzduší 0,28, resp. 0,15 µg/m³ (11). Medián námi zjištěného zinku a mědi v aerosolových částicích byl 13,8 ng/m³ a 12,6 ng/m³, pravděpodobně tedy aerosolové částice z povrchových dolů nebo komínů elektráren a jejich inhalace nepřinášejí významnou expozici. Uhlí neobsahuje ani vysoké koncentrace mědi (12). Zinek nepřevyšoval hod-

noty uváděné Benckem ve městech 10–840 ng/m³ (12) a publikované WHO pro hlavní venkovské evropské oblasti < 0,4–300 ng/m³ a 10–2400 ng/m³ pro města (14). Baars cituje německou Agenturu pro životní prostředí publikující „orientační“ hodnotu pro zinek v ovzduší 18 µg/m³ (15). Překročení jsme našli v případě maxima v Sokolově i v Lomu u Mostu. Koncentrace mědi byly nižší než hodnoty publikované Cikrtem 10–570 ng/m³ (11) a srovnatelné, až na výjimku maxima v Lomu (336,7 ng/m³), s hodnotami uvedenými WHO pro rurální oblasti 5–50 ng/m³ (13).

Oboustranným t-testem nebyl potvrzen vztah přítomnosti domácího mazlíčka přinášejícího kontaminaci zvenčí do domácího prostředí a pravděpodobné expozice dětí. Pro obsah mědi a zinku ve vlasech nemělo význam ani vytápění uhlím, které by přineslo vyšší kontaminaci vnitřního ovzduší domova. Neuplatňovalo se kouření v domácnosti, přestože kouřilo 40 % blízkých. Využívání vlastních produktů ze zahrádky v případě mědi však prokázalo v t-testu pozitivní statistickou závislost, p-value byla 0,0303 při 5% hladině významnosti u chlapců. U dívek jsme tyto souvislosti ne našli. Jde pouze o statistický nálezk, zálibu chlapců v zahradničení a spotřebu domácích produktů potvrzenou nemáme. Zahrádka a pěstování produktů byly potvrzeny rodiči. Průměrné hodnoty a maxima hodnot mědi ve vlasech se zvyšovaly v pořadí Sokolov, Královské Poříčí, Litvínov, Duchcov, Horní Jiřetín, Lom u Mostu, Osek u Duchcova, což může být pouze náhoda, chybí-li reprezentativní výběr populace. Stanovení obsahu prvků ve vlasech bývá zavržováno pro nehomogenitu vzorku, ale i pozitivně přijímáno jako dostupná neinvazivní metoda monitoringu. Přítomnost látky ve vlasech může indikovat expozici (jak externí, tak interní), nezbytně ale nemusí prokazovat zdroj expozice. Vzhledem k růstu vlasu nelze také sledovat recentní expozici starší než jeden rok. Pokud jsou vlasy dostatečně dlouhé, v průběhu délky mohou o čase expozice vypovídat (20). Vlas je nejvíce relevantní pro toxikologii jako biologické médium pro biopsii a vhodný k analýze. Může být neinvazivně získán, jednoduše skladován a transportován a i později analyzován pro obsah kovů. Analýza vlasů je většinou informativní, pokud nás zajímá kov jako xenobiotikum a expoziční cestou je ingestce. A v těchto případech je nejvíce pravděpodobné, že analýza vlasů reflektuje vnitřní (přijatou) dávku, a nikoli vnější kontaminaci vlasu (20). Mayo-Wilson a kol. (17) pro Cochrane Database provedli review studií (včetně evropských), ve kterém hodnotili vliv suplementace zinkem na zdraví dětí od 6 měsíců do 12 let v zemích se středním a nízkým příjmem. Nalezli nízký, ale prokazatelný vliv na celkovou úmrtnost, incidenci nemocí dolních dýchacích cest, incidenci průjmů i malárie. Nalezli ale také zvracení u suplementovaných dětí. Riziko nedostatku zinku však v rozvojových zemích převažuje nad negativními nebo nepřesvědčivými nálezy (17).

Závěr

Zinek je esenciální stopový prvek a lidský organismus je vybaven účinným mechanismem pro udržení homeostázy, a to jak na systémové, tak na buněčné úrovni ve velkých expozičních rozsazích (12). Tomu odpovídala

i naše zjištění koncentrací v dětských vlasech. Podobné nálezy se týkaly i mědi. Přemíra zinku však ovlivňuje vstřebávání mědi. Časté toxické příznaky předávkování zinkem jsou příznaky jejího nedostatku (12). Účast zinku v transkripčních mechanismech u udržení homeostázy na úrovni buněk a jeho někdy i protichůdná účast v onkogenezi (21) představují podnět k tomu, aby tento mikronutrient byl sledován, a to ze všech hledisek. Nalezli jsme velkou skupinu dětí, kde denní příjem esenciálních prvků nebyl patrně naplňován, na druhé straně existovala část dětí s vysokými hodnotami. Účast inhalace aerosolových částic ze spalování a těžby uhlí na expozici mědi a zinkem jsme neprokázali, oba prvky se vyskytovaly na úrovni venkovského pozadí (22).

Poděkování:

Autoři děkují Grantové agentuře ČR a vedoucímu partnerovi, ČZÚ, stejně jako kolegům z 1. LF UK a VÚ-MOP za to, že v rámci Projektu Grantové agentury České republiky 17-00859S „Hodnocení dopadu rizikových prvků na životní prostředí, jejich pohyb a transformace v kontaminované oblasti“ mohli vytvořit tento článek.

Střet zájmů: žádný.

LITERATURA

- Contaminated sites and health. Report of two WHO workshops: Syracuse, Italy, 18 November 2011; Catania, Italy, 21–22 June 2012. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013.
- Haines DA, Saravanabhavan G, Werry K, Khoury C. An overview of human biomonitoring of environmental chemicals in the Canadian Health Measures Survey: 2007–2019. *Int J Hyg Environ Health*. 2017 Mar;220(2 Pt A):13–28.
- WHO, International Programme on Chemical Safety. Biomarkers in risk assessment: validity and validation. *Environmental health criteria* 222 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2001 [cited 2021 Jan 7]. Available from: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc222.htm>.
- Cohen Hubal EA, Sheldon LS, Burke JM, McCurdy TR, Berry MR, Rigas ML, et al. Children's exposure assessment: a review of factors influencing Children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure. *Environ Health Perspect*. 2000 Jun;108(6):475–86.
- Human biomonitoring: facts and figures. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2015.
- Bencko V, Symon K. Test of environmental exposure to arsenic and hearing changes in exposed children. *Environ Health Perspect*. 1977 Aug;19:95–101.
- Černá M, Batáříová A, Beneš B, Pastorková A, Rössner P, Šmíd J, a kol. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Subsystem 5. Zdravotní důsledky expozice lidského organismu toxickým látkám ze zevního prostředí. Odborná zpráva za rok 2003. Praha: SZÚ; 2004.
- Spěváčková V, Krsková A, Čejchanová M, Wranová K, Šmíd J, Černá M. Biologický monitoring v České republice - stopové prvky a profesionálně neexponovaná populace. *Klin Biochem Metab*. 2011;19(40):2101–7.
- Rychlíková E. a kol. Dílčí hodnocení zdravotního rizika obyvatel lokality Kutná Hora-Kaňk [online]. Ústí nad Labem: Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem; 2015 [cit. 2021-01-07]. Dostupné z: https://www.kutnahora.cz/file/1281_1_1/download/.

10. Wilhelm Z. a kol. Analýza rizik znečištění pocházejícího z těžebních odpadů v lokalitě Kaňk [online]. Kunovice: EPS-biotechnology; 2018 [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://do-cplayer.cz/186994656-Mesto-kutna-hora-analyza-rizik-zne-cistení-pochazejícího-z-tezebních-odpadu-v-lokalitě-kank-za-verecna-zprava.html>.
11. Měď. In: Bencko V, Cikrt M, Lener J. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. 2. vyd. Praha: Avicenum Grada Publishing; 1995. s. 177-88.
12. Zinek. In: Bencko V, Cikrt M, Lener J. Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka. 2. vyd. Praha: Avicenum Grada Publishing; 1995. s. 273-9.
13. INCHEM. International Programme for Chemical Safety, Environmental Health Criteria 200. Copper [Internet]. Geneva: World Health Organization; 1998 [cited 2019 Sep 9]. Available from: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm>.
14. INCHEM. International Programme for Chemical Safety, Environmental Health Criteria Environmental Health Criteria 221. Zinc [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2004 [cited 2021 Jan 4]. Available from: https://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_221/en/.
15. Baars AJ, Theelen RMC, Janssen PJCM, Hesse JM, van Apeldoorn ME, Meijerink MCM, et al. Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Bilthoven: RIVM; 2001.
16. Plum LM, Rink L, Haase H. The essential toxin: impact of zinc on human health. *Int J Environ Res Public Health*. 2010 Apr;7(4):1342-65.
17. Mayo-Wilson E, Junior JA, Imdad A, Dean S, Chan XH, Chan ES, et al. Zinc supplementation for preventing mortality, morbidity, and growth failure in children aged 6 months to 12 years of age. *Cochrane Database Syst Rev*. 2014 May 15;(5):CD009384. doi: 10.1002/14651858.
18. Bertazzo A, Costa C, Biasiolo M, Allegri G, Cirrincione G, Presti G. Determination of copper and zinc levels in human hair: influence of sex, age, and hair pigmentation. *Biol Trace Elem Res*. 1996 Apr;52(1):37-53.
19. Zinc in Drinking -water. Background dokument for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. Geneva: World Health Organization; 2003.
20. Tobin DJ, editor. Hair toxicology. Cambridge (MA): RSC Publishing; 2005.
21. Cassandri M, Smirnov A, Novelli F, Pitolli C, Agostini M, Malewicz M, et al. Zinc-finger proteins in health and disease. *Cell Death Discov*. 2017 Nov 13;3:17071. doi: 10.1038/cddiscovery.2017.71.
22. ATSDR. Toxicological profile for copper [Internet]. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2004 [cited 2021 Jan 10]. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/TP.asp?id=206&tid=37>.

Došlo do redakce: 9. 12. 2019

Přijato k tisku: 12. 1. 2021

*MUDr. Eva Rychlíková, Ph.D.
Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem,
Moskevská 15
400 01 Ústí nad Labem
E-mail: eva.rychlikova@gmail.com*