

Pregledni članek / Review article

## ZASTRUPITEV Z OGLJIKOVIM MONOKSIDOM

### CARBON MONOXIDE POISONING

Z. Korošec Noč<sup>1</sup>, J. Bošnjak<sup>2</sup>*(1) Osnovno zdravstvo Gorenjske, Zdravstveni dom Jesenice, Jesenice, Slovenija**(2) Zdravstveni dom Novo mesto, Novo mesto, Slovenija*

#### IZVLEČEK

Zastrupitev z ogljikovim monoksidom (CO) je najbolj razširjena nenamerna zastrupitev, do katere najpogosteje pride zaradi slabo vzdrževanih ali nameščenih grelnih teles v zaprtih prostorih. CO preko številnih patofizioloških mehanizmov povzroči tkivno hipoksijo in okvaro tkiv s simptomi in znaki, povezanimi z zastrupitvijo. Ti so pri blažji obliki zaspanost, glavobol, slabost in utrujenost, pri hujši pa hud glavobol, slabost, bruhanje, nevrološke motnje, motnje srčnega ritma in ishemija miokarda. Znaki so pri otrocih še bolj nespecifični in prikriti. Poznamo tudi kronično obliko zastrupitve, možne pa so tudi pozne nevrološke posledice. Pomembno je, da ob zastrupitvi čim prej ukrepamo, zastrupljenca odstranimo iz nevarnega okolja, ga sprejmemo v bolnišnico ter opravimo osnovno in dodatno diagnosticiranje in opazovanje. Zdravljenje začnemo s čim prejšnjim dovajanjem 100 % kisika, pri hujši zastrupitvi pa bolnika zdravimo s pomočjo hiperbarične komore. V Sloveniji je tovrstno zdravljenje urejeno preko Centra za zastrupitve, UKC Ljubljana, ki ima urejeno stalno pripravljenost. Pomembno je, da javnost seznanimo z nevarnostmi zastrupitve s CO in z ukrepi za njeno preprečevanje.

**Ključne besede:** ogljikov monoksid, zastrupitev, hiperbarična komora.

#### ABSTRACT

Carbon monoxide (CO) poisoning is the most frequent accidental poisoning, which is usually caused by poor maintenance or installation of heaters in enclosed spaces. CO causes tissue hypoxia and degradation by many pathophysiological mechanisms. Symptoms and signs are a direct consequence of the poisoning. In milder poisoning, patients experience drowsiness, headache, nausea and fatigue. In more severe poisoning, the symptoms are severe headache, nausea, vomiting, neurological disturbances, heart rhythm disturbances and myocardial ischaemia. In children, the signs are even more non-specific and hidden. Chronic poisoning and late neurological sequelae are also possible. It is important to immediately remove people from the dangerous area and transport them to hospital for diagnostic work-up and observation. The treatment of choice is 100 % oxygen, while more severe poisoning is treated with hyperbaric oxygen therapy. In Slovenia, this is

available through the Poisons Centre, University Clinical Centre Ljubljana, which has on-call toxicologists and engineers. Public education on the dangers of CO poisoning and measures for its prevention is important.

**Key words: Carbon monoxide, poisoning, hyperbaric oxygen therapy.**

## UVOD

Ogljikov monoksid (CO) je plin brez barve vonja in okusa. Nastaja pri nepopolnem izgorevanju snovi, ki vsebujejo ogljik (les, premog, nafta, kurilno olje, bencin, propan, butan). Je najpogostejši vzrok smrti zaradi nenamerne zastrupitve (1). V Sloveniji je v obdobju 1997–2010 zaradi nenamerne zastrupitve s CO umrlo 193 ljudi, kar je približno 15 smrti na leto (2). CO v bivalnih prostorih najpogosteje nastaja zaradi nepravilne namestitve, vgradnje, delovanja ali vzdrževanja peči na trda goriva, kaminov, plinskih gorilnikov za ogrevanje prostorov in vode ter zaradi slabo vzdrževanih dimnikov.

Stopnja zastrupitve je odvisna od telesne dejavnosti, trajanja izpostavljenosti ter relativnih koncentracij CO in kisika. Blage zastrupitve ne povzročajo specifičnih znakov ali simptomov, zato jih pogosto prezremo. Blaga zastrupitev je podobna gripi; bolnik toži za glavobolom, je utrujen in brez moči. Otroci imajo pogosto tudi prebavne težave (3).

## PATOFIZIOLOGIJA

CO z vdihanim zrakom preko pljuč prehaja v kri, kjer se z 250-krat večjo afiniteto kot kisik ( $O_2$ ) veže na hemoglobin (Hb) in tvori karboksihemoglobin (COHb). Njegovo toksično delovanje poteka preko različnih mehanizmov (4,5):

1. Zaradi večje afinitete za vezavo na hemoglobin zmanjša zmogljivost krvi za prenos kisika, kar povzroči relativno anemijo s posledično hipoksijo.
2. V tkivih zavira sproščanje kisika iz hemoglobina, kar povzroča pomik disociacijske krivulje v levo in tako še dodatno poslabša tkivno hipoksijo.

3. Veže se na encime dihalne verige (citokrom oksidazo in P 450) v tkivih in s tem neposredno vpliva na tkivno hipoksijo.
4. Veže se na mioglobin skeletnih mišic in miokarda, kar povzroči mišično oslabelost, motnje koordinacije in ishemijo miokarda.
5. Povzroča peroksidacijo lipidov in z levkociti posredovane vnetne procese v možganih, kar vodi v demijelizacijo, edem in žariščno nekrozo, predvsem v predelu *globus pallidus*.

CO se iz organizma izloča preko pljuč. Razpolovni čas HbCO pri vdihavanju atmosferskega zraka je 4–6 ur. 100-odstotni kisik pri atmosferskem tlaku izpodriva CO s COHb v krvi in razpolovni čas skrajša na 30–90 minut. Vdihavanje 100-odstotnega kisika v hiperbarični komori pri tlaku 2–3 atm pa omogoči izločanje CO, ki je vezan na encime dihalne verige, in skrajša razpolovni čas na 15–25 minut (1,4).

## KLINIČNA SLIKA

Klinična slika ni odvisna od koncentracije COHb v krvi, ampak predvsem od koncentracije CO v zraku, trajanja izpostavljenosti, telesne dejavnosti v času izpostavljenosti in koncentracije hemoglobina v krvi (3, 6). Težave se pojavljajo pri koncentraciji 10 %, pri koncentraciji 50–70 % pa nastopijo konvulzije, koma in smrt (4). Znaki zastrupitve so nespecifični, zato jih zelo pogosto spregledamo. M. Brvar et al. so v retrospektivni raziskavi, v katero so bili vključeni bolniki, hospitalizirani zaradi zastrupitve s CO v Centru za zastrupitve (CZ) in Centru intenzivne interne medicine (CIIM) v Kliničnem centru v Ljubljani v obdobju 1990–1999, ugotovil, da je incidenca neletalnih zastrupitev v Ljubljanski regiji 7-krat nižja kot v svetu. Najpomembnejši vzrok tako nizke pojavnosti je predvsem dejstvo, da

zastрупitev s CO pogosto ne prepoznamo (3). Blaga zastрупitev se kaže namreč z znaki, ki so podobni gripi: blag do zmeren glavobol, slabost, utrujenost, omotica, oslabeledost in bruhanje. Hujše zastрупitve se kažejo s hudim glavobolom, slabostjo, z bruhanjem, motnjami vida, motnjami spomina in koncentracije, zaspanostjo, zmedenostjo, s težavami pri mišljenju, parestezijami, z ataksijo, motnjami srčnega ritma, ishemijo miokarda, lahko pa se odrazijo tudi z akutnim miokardnim infarktom (AMI). Pri izpostavljenosti zelo visokim koncentracijam CO se pojavijo konvulzije in koma, smrt pa nastopi zaradi možganskega edema ali srčnega zastoja, ki je posledica ishemije miokarda (1, 5).

Pri otrocih so znaki še bolj nespecifični in prikriti, saj otroci težav navadno tudi ne znajo ustrezno opisati. Pogosto prevladujejo prebavne težave (bruhanje, driska, bolečine v trebuhu) (3), zaspanost, glavobol, zanašanje pri hoji, nenatančni gibi, pospešeno dihanje, krči, lahko pa je prvi simptom sinkopa (5). Težave se pri otrocih zaradi večje porabe kisika v tkivih in večje minutne ventilacije pojavijo pri nižjih koncentracijah COHb v krvi kot pri odraslih, medtem ko je okrevanje hitrejše (6). Pri mladostnikih zastрупitev poteka podobno kot pri odraslih.

Pri kliničnem pregledu so prisotni znaki, kot so tahikardija, tahipneja in hipertermija. Koža je pri blažji zastрупitvi bleda ali cianotična, lahko marmorirana, tipično češnjevo rdeče obarvanje kože pa se pojavi pri zelo hudih zastрупitvah in se običajno pokaže šele po smrti (4). Motnje zavesti so lahko različnih stopenj (zmedenost, letargija, stupor, koma). V nevrološkem statusu lahko ugotavljamo motnje koordinacije, apraksijo, agnozijo, tike, motnje vida in sluha, motnje spomina (anterogradna in retrogradna amnezija), čustveno nestabilnost in kognitivne motnje. Z oftalmološkim pregledom ugotavljamo mrežnične krvavitve v obliki plamena, svetlo rdeče mrežnične vene, papiloedem in homonimno hemianopsijo. Svetlordeče obarvanje mrežničnih ven je zelo občutljiv zgodnji znak (4). Spremembe na mrežnici in rdeče obarvanje kože sta edina specifična znaka zastрупitve s CO.

Kronična zastрупitev se pojavi po dolgotrajni izpostavljenosti nizkim koncentracijam CO. Traja dlje, lahko med vso kurilno sezono. Znaki kronične zastрупitve so pogosti glavoboli in splošno slabo počutje, ki je podobno virozi, motnje koncentracije in spanja ter nespecifične učne težave (6).

Pozne nevrološke posledice se pojavijo pri 2,8–10,7 % otrok v 2–51 dneh po zastрупitvi. Kažejo se kot kronični glavobol, epilepsija, pareza obraznega živca, motnje spomina, psihomotorični zaostanek, psihoza ter inkontinenca blata in urina (6). Pogostejše nastanejo pri starostnikih in po dalj časa trajajoči hipoksiji. Po eni izmed študij se stanje pri 75 % bolnikov izboljša v enem letu (10).

## KLINIČNA OBRAVNAVA

Na terenu zastrupljenca kar se da hitro odstranimo iz nevarnega okolja in mu omogočimo vdihavanje 100-odstotnega kisika. Če ugotovimo motnje zavesti, bolnika čim prej intubiramo in nadaljujemo predihavanje s kisikom. Nadziramo vitalne funkcije (utrip, krvni tlak, EKG). Pulzna oksimetrija ni primerna metoda za oceno koncentracije COHb. Običajno je nasičenost krvi s kisikom kljub cianozi v normalnem območju. Za določanje koncentracije COHb je tako najbolj zanesljiva plinska analiza arterijske krvi (PAAK) oz. venske krvi (PAVK), ki pokaže zvišano koncentracijo COHb (> 10 %), normalno vrednost pO<sub>2</sub>, znižano vrednost HbO<sub>2</sub> in znake metabolne acidoze (zvišano vrednost laktata, znižan presežek baz) (4).

V nadaljnji obravnavi moramo opraviti še dodatne preiskave in določiti hemogram, vrednost elektrolitov, krvnega sladkorja, dušičnih retentov (ledvična odpoved zaradi rabdomiolize) in transaminaz; pregledati moramo tudi urin ter določiti CK in mioglobin v urinu (rabdomioliza). Opravimo tudi toksikološke preiskave (alkohol, droge, cianid pri sumu na zastрупitev z dimom) in določimo delež methemoglobina.

Spemljamo tudi EKG zaradi pogoste prisotnosti sinusne tahikardije, motenj srčnega ritma, pri hudih zastrupitvah pa tudi ishemičnih sprememb. Pri srčnih bolnikih lahko že zelo nizke koncentracije povzročijo hudo poslabšanje osnovne bolezni. Rentgenogram prsnih organov je lahko normalen, brez patoloških sprememb (4). Prisotnost perihilarnih senc, peribronhialnih in perivaskularnih infiltratov ter intraalevolnega edema pomenijo slabo napoved izida bolezni (7). V primeru hudih nevroloških motenj moramo za izključitev drugih vzrokov opraviti tudi ustrezno slikovno diagnosticiranje (CT, MR glave) (4). Najpogosteje ugotavljamo so hipodenzne spremembe v področju *globus pallidus* in bazalnih ganglijih ter difuzni možganski edem. Opisujejo so tudi primere hidrocefalusa (6, 8).

## ZDRAVLJENJE

Zdravimo z dovajanjem 100-odstotnega kisika, dokler bolnik ni brez simptomov oz. dokler koncentracija COHb ne pade pod 10 %. Trajanje zdravljenja ocenimo glede na izhodiščno koncentracijo COHb, pri čemer upoštevamo razpolovni čas, ki znaša 30–90 minut. Bolnika lahko odpustimo v domačo oskrbo, ko je brez simptomov in je koncentracija COHb normalna (pod 10 %), vedno pa se tudi prepričamo, da je vrnitev v domače okolje varna. V naslednjih 2–4 tednih odsvetujemo vsakršno telesno udejstvovanje (1, 4).

Pri hudih zastrupitvah je indicirano zdravljenje v hiperbarični komori. Na ta način z vdihavanjem 100-odstotnega kisika pri tlaku 2,5–3 atm skrajšamo razpolovni čas COHb na 15–30 minut.

Indikacije za zdravljenje v hiperbarični komori so (1, 4–6, 9):

- koncentracija COHb v arterijski ali venski krvi  $\geq 25\%$  (6);
- pri nosečnicah koncentracija COHb  $\geq 15\%$ ;
- starost  $\leq 6$  mesecev ob prisotnosti simptomov (razdražljivost, letargija, težave pri hranjenju);
- motnje zavesti ne glede na koncentracijo COHb;

- nevrološke motnje ne glede na koncentracijo COHb;
- vztrajanje nevroloških motenj (tremor, parestezije, pareze, konvulzije) po 24 urah zdravljenja s kisikom;
- motnje srčnega ritma, EKG z znaki ishemije miokarda ali s stenokardijo;
- huda metabolna acidoza ( $\text{pH} < 7,1$ ) (9).

V Sloveniji je hiperbarična komora na voljo na ljubljanski Medicinski fakulteti. Za zdravljenje je potrebno stopiti v stik z dežurnim toksikologom UKC Ljubljana (telefonska številka 041 635 500), ki odredi zdravljenje in uredi premestitev bolnika. Pri nezavestnih bolnikih in majhnih otrocih moramo pred začetkom zdravljenja opraviti še timpanocentezo in se o postopku posvetovati tudi s specialistom ORL.

Zaplete zastrupitve s CO, tj. možganski edem, konvulzije, AMI, ledvično odpoved ipd., zdravimo simptomatsko.

## ZAKLJUČEK

Zastrupitev z ogljikovim monoksidom je ena najpogostejših zastrupitev, še posebno v zimskih mesecih. Veliko zastrupitev se zgodi nenamerno. Klinična slika in znaki zastrupitve so pogosto nespecifični in so lahko posledica akutne ali kronične zastrupitve. Ob težki akutni zastrupitvi se lahko pojavijo tudi pozne posledice, ki so predvsem nevrološke. Ob stiku zastrupljenca vedno čim prej odstranimo iz nevarnega okolja in mu takoj dovajamo 100-odstotni kisik, ki je tudi zdravljenje izbire pri vseh starostnih skupinah. Bolnik vedno potrebuje bolnišnično obravnavo z laboratorijsko, funkcionalno in včasih tudi slikovno diagnostiko. Zlati standard je plinska analiza krvi z oksimetrijo. Razvijajo tudi naprstne merilce COHb. Če so izpolnjena merila za zdravljenje v hiperbarični komori, tovrstno zdravljenje v Sloveniji izvajamo na ljubljanski Medicinski fakulteti po dogovoru z dežurnim toksikologom UKC Ljubljana. Pri otrocih moramo včasih opraviti timpanocentezo po posvetu s specialistom ORL (dežurnim). Poleg hitrega in pra-

vilnega ukrepanja ob zastrupitvi je zelo pomembno, da o nevarnosti zastrupitev s CO osveščamo javnost in tako čim več zastrupitev tudi preprečimo.

## LITERATURA

1. Možina M. Zastrupitve. In: Kocijančič A, Mrevlje F, eds. *Interna medicina*. 2nd ed. Ljubljana: Littera picta, 1998: 1133-82.
2. Dosegljivo na: [http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=78&pi=6&\\_6\\_id=1861&\\_6\\_PageIndex=4&\\_6\\_groupId=-2&\\_6\\_newsCategory=IVZ+kategorija&\\_6\\_action=ShowNewsFull&pl=78-6.0](http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=78&pi=6&_6_id=1861&_6_PageIndex=4&_6_groupId=-2&_6_newsCategory=IVZ+kategorija&_6_action=ShowNewsFull&pl=78-6.0).
3. Brvar M, Jamšek M, Možina M, Horvat M, Gorjup V. Epidemiološki pregled zastrupitev z ogljikovim monoksidom v Ljubljani od 1990 do 1999. *Zdrav Vestn* 2002; 71: 87-90.
4. Shochat GN, Tarabar A. Carbon monoxide toxicity in emergency medicine clinical presentation. Dosegljivo na: <http://emedicine.medscape.com/article/819987>
5. Rodgers GC, Condurache T, Reed MD, Bestic M, Gal P. Poisonings. In: Kliegman RM, Behrman RE, Jenson HB, Stanton BF, eds. *Nelson Textbook of Pediatrics*. 18th ed. Philadelphia, WB Saunders Company, 2008: 339-57.
6. Yarar C. Neurological effects of acute carbon monoxide (CO) poisoning in children. *J Pediatr Sci* 2009; 1: e2.
7. Sone S, Higashihara T, Kotake T, Morimoto S, Miura T, Ogawa M et al. Pulmonary manifestations in acute carbon monoxide poisoning. *Am J Rentgenol* 1974; 120: 865-71.
8. Grant MJC, Clay B. accidental carbon monoxide poisoning with severe cardiorespiratory compromise in 2 children. *Am J Crit Care* 2002; 11: 128-31.
9. Hardy KR, Thom SR. Pathophysiology and treatment of carbon monoxide poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol* 1994; 32(6): 613.
10. Choi IS. Delayed neurologic sequelae in carbon monoxide intoxication. *Arch Neurol* 1983; 40(7): 433-5.

## Kontaktna oseba / Contact person:

Zala Korošec Noč, dr. med.  
Osnovno zdravstvo Gorenjske  
Zdravstveni dom Jesenice  
SI- Jesenice  
Slovenija

Prispelo / Received: 21.8.2012

Sprejeto / Accepted: 15.1.2013