proLékaře.cz | 10.11.2026

Súbežné vyšetrovanie krvi a alveolárneho vzduchu v diagnostike letálnych intoxikácií oxidom uhoľnatým

Miroslav Bauer[1], Jiřina Bauerová[1], Peter Očko[2], Jozef Šidlo[3]

[1] Ústav súdneho lekárstva, Lekárska fakulta, Slovenská zdravotnícka univerzita, Bratislava
[2] Súdnolekárske pracovisko, Úrad pre dohľad nad zdravotnou starostlivosťou, Bratislava
[3] Ústav súdneho lekárstva, Lekárska fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava

SÚHRN

Ide o analýzu 160 prípadov letálnych intoxikácií oxidom uhoľnatým vykonanú za obdobie 20 rokov. Prípady sú rozdelené na podskupiny podľa miesta úmrtia. Letálna koncentrácia oxidu uhoľnatého (0,075 objemových % a viac) v alveolárnom vzduchu bola zistená v 75 % prípadov. V 25 % prípadov spolupôsobili ďalšie toxické látky a faktory. Vyšetrovanie alveolárneho vzduchu by malo byť štandardným metodickým postupom v diagnostike smrteľných otráv plynnými a prchavými látkami.

Kľúčové slová: intoxikácia oxidom uhoľnatým – dôkaz oxidu uhoľnatého v alveolárnom vzduchu – dôkaz karbonylhemoglobínu v krvi – pitva – toxikologicko-chemická analýza

Parallel investigations of blood and alveolar air in the diagnosis of lethal carbon monoxide poisoning

SUMMARY

Carbon monoxide poisonings are the most frequent among fatal gas and volatile substances intoxications. The authors present diagnostic options of fatal carbon monoxide poisoning by parallel blood investigations for the content of karbonylhaemoglobin and determining of the concentration of carbon monoxide in the alveolar air. The analysis of 160 cases of lethal poisonings with carbon monoxide over a period of 20 years was carried out. The cases were divided into subgroups according to the place of death to poisonings in flats, garages, bathrooms, in fires, road traffic accidents and mining accidents. Tabular cases were divided into poisonings with a dominant share of carbon monoxide; the lethal concentration (0.075 % volume percentage or more) in the alveolar air was found in 75 % of cases. By pairs of victims different concentrations of carbon monoxide in the alveolar air were found. It confirms the fact that the course of intoxication and time of death also depends on the state of health of an individual. In 25 % of cases composite action with other toxic substances and factors (cyanide ions, ethanol, carbon dioxide, smoke inhalation solids, burns etc.) was detected. The obtained results point to an important and irreplaceable role of the toxicological - chemical analysis of the alveolar air in the context of additional laboratory investigations at autopsy in the diagnosis of fatal carbon monoxide poisoning. Investigation of the alveolar air should be the standard methodological procedure in the diagnosis of fatal poisonings by gases and volatile substances.

Keywords: carbon monoxide intoxication – evidence of carbon monoxide in the alveolar air – blood investigation for karbonylhaemoglobin – autopsy – toxicological analysis

Soud Lék 2017; 62(3): 33-36

Otravy oxidom uhoľnatým (CO) patria medzi najfrekventovanejšie letálne končiace inhalačné intoxikácie. K tvorbe oxidu uhoľnatého dochádza pri nedokonalej oxidácii zemného plynu, ktorého podstatnú časť tvorí metán, zmes propánu a butánu, pevného paliva (uhlia, koksu, dreva), pohonných hmôt (uhľovodíkov benzínu, nafty) a iných uhlík obsahujúcich látok.

Ide o intoxikácie v priestoroch bytov (vrátane kúpeľní), v nebytových priestoroch (garáží, kotolní), pri požiaroch havarovaných dopravných prostriedkov, banských nešťastiach a podobne. Často pri tom dochádza ku kombinovanému pôsobeniu ďalších xenobiotík, napr. etanolu, kyanovodíka, pevných splodín dymu a predovšetkým oxidu uhličitého.

✉ ***Adresa pre korešpondenciu:***
doc. MUDr. Jozef Šidlo, CSc., MPH
Ústav súdneho lekárstva, Lekárska fakulta,
Univerzita Komenského, Bratislava
Sasinkova 4, 811 08 Bratislava, Slovenská republika
tel.: +421259357264, +421268672314, +421904819241
fax: +421220856556
e-mail: sidlo45@gmail.com

Pri diagnostikovaní smrteľnej otravy CO zohráva rozhodujúcu úlohu koncentrácia karbonylhemoglobínu (COHb) v krvi stanovená kolorimetricky, najčastejšie jednou z modifikácií podľa Wolfa.

Podľa Ševčíka (1) môže byť smrteľnou už koncentrácia 50 % COHb v krvi; za jednoznačne smrteľnú je považovaná koncentrácia 70 – 80 % COHb v krvi. Problematikou zisťovania letálnych koncentrácií COHb v krvi sa zaoberali v súvislosti s úmrtiami pri požiaroch aj Brita Teige, Jou Lundewal a Evi Fleischer (2), ktorí analyzovali 147 prípadov úmrtí pri požiari, pričom zistili koncentráciu COHb v krvi v rozmedzí 40 – 85 %. Podľa Whirta a Hechta (3) je koncentrácia 0,075 objemových % (obj. %) CO v ovzduší smrteľná a závisí iba na čase inhalácie.

MATERIÁL A METÓDY

Dokazovanie COHb v krvi bolo realizované kolorimetricky metódou podľa Wolfa v modifikácii podľa Porubského (4). K analýze bola odoberaná krv z lakťovej žily intoxikovaného.

Koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu bola zisťovaná detekčnými trubičkami na CO – typ 0,001 % (výrobca: Sklárny Ka-

proLékaře.cz | 10.11.2026

Tabuľka 1. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním zemného plynu v byte.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
4	M	87	0,08
19	Ž	69	0,05
36	Ž	63	0,12
58	M	53	0,10
75	M	35	0,12

Tabuľka 2. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním zemného plynu v byte (dvojice).

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
17 17	Ž Ž	63 87	0,08 0,13
7 35	Ž Ž	62 55	0,12 0,22
67 70	Ž Ž	64 63	0,04 0,05
71 68	M Ž	62 72	0,05 0,07
79 53	M Ž	58 48	0,20 0,08

Tabuľka 3. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním pevného paliva v byte.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
62	M	55	0,13
70	M	68	0,07
73	Ž	51	0,05
78	Ž	21	0,03
86	Ž	48	0,09

Tabuľka 4. Smrteľné otravy CO spôsobené požiarom v byte bez vzniku popálenín.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
2	Ž	27	0,01
3	M	41	0,02
40	M	71	0,15
42	M	70	0,05
46	Ž	34	0,27

Tabuľka 5. Smrteľné otravy CO spôsobené požiarom v byte so vznikom popálenín.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
50	M	60	0,07
58	Ž	13	0,16
71	M	16	0,07
75	Ž	41	0,02
85	Ž	44	0,07

valier, závod Votice) a detekčnými trubičkami nemeckej firmy Dräger. Alveolárny vzduch bol izolovaný pôsobením vákua (5,6). Evakuovaný vzduch z pľúcneho tkaniva prechádzal cez detekč-

Tabuľka 6. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním zemného plynu v kúpeľni.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
5	M	55	0,04
7	M	60	0,05
18	Ž	34	0,07
27	M	74	0,13
72	Ž	88	0,13

Tabuľka 7. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním zemného plynu v kotolni.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
38	M	51	0,11
40	M	57	0,15
48	M	44	0,07
50	M	80	0,11
54	M	50	0,06

Tabuľka 8. Smrteľné otravy CO spôsobené nedokonalým spaľovaním pohonných hmôt v garáži.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	obj. % CO v a. v.
19	M	80	0,41
27	M	68	0,19
32	M	82	0,05
55	Ž	78	0,36
58	M	61	0,14

Tabuľka 9. Výsledky analýzy krvi obetí dopravnej nehody pri požiari motorového vozidla.

Vek	Pohlavie	% COHb v krvi	CN v µg/100 g krvi
7	Ž	13	7,0
10	M	44	36,0
36	M	7	28,5
54	M	21	53,5

Tabuľka 10. Koncentrácie CO zistené v alveolárnom vzduchu obetí banského nešťastia.

Vzorka č.	obj. % CO v a. v.
1	0,24
2	0,11
3	0,14
5	0,12
13	0,11
19	0,24

nú náplň trubičiek. K analýze boli použité vzorky hmotnosti 50 g z dolného laloka pravého krídla pľúc. K bilančným prepočtom koncentrácie CO v alveolárnom vzduchu v objemových % bolo potrebné zistiť:

- hmotnosť vzorky v gramoch
- objem vzorky pred evakuáciou
- objem vzorky po evakuácii
- koncentráciu CO zistenú detekčnými trubičkami

proLékaře.cz | 10.11.2026

Príprava štúdie

V rámci predbežného experimentu boli analyzované vzorky zo všetkých piatich lalokov pľúc. Výsledky analýz ukázali, že najvyššia koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu sa zistila v dolných lalokoch pľúc, pričom dolný lalok pravých pľúc obsahoval priemerne až o 1/3 vyššiu koncentráciu CO ako dolný lalok ľavých pľúc.

Vlastná štúdia

K analýze sledovaných prípadov boli použité na základe výsledkov predbežného experimentu iba dolné laloky pravých pľúc. Z objemového rozdielu vzorky pľúcneho tkaniva pred evakuáciou a po nej bol zistený objem izolovaného alveolárneho vzduchu. Nasledoval bilančný prepočet koncentrácie CO v alveolárnom vzduchu z hodnoty zaregistrovanej na detekčnej trubičke. Izolácia alveolárneho vzduchu evakuáciou bola spočiatku realizovaná na prístroji československej proveniencie UZBL1 (univerzálne zariadenie pre biologické materiály); neskôr bolo k evakuácii použité membránové čerpadlo (7).

V rámci štúdie bolo podrobených analýze 160 prípadov smrteľných otráv oxidom uholnatým v období 20 rokov. Súbor tvorilo 118 mužov (74 %) a 42 žien (26%). Prípady boli rozdelené do skupín podľa miesta a okolností, za ktorých došlo k úmrtiu do nasledovných skupín:

- nedokonalé spaľovanie zemného plynu v byte
- nedokonalé spaľovanie pevného paliva v byte
- požiar v byte bez vzniku popálenín
- požiar v byte so vznikom popálenín
- nedokonalé spaľovanie zemného plynu v kúpeľni
- nedokonalé spaľovanie zemného plynu v kotolni
- nedokonalé spaľovanie pohonných hmôt v garáži
- požiar motorového vozidla pri dopravnej nehode
- banské nešťastie

Zistené výsledky analýz krvi na obsah COHb a analýz alveolárneho vzduchu na obsah CO boli prehľadne rozdelené do tabuliek podľa jednotlivých skupín. Kvôli prehľadnosti je v každej skupine uvedených iba 5 prípadov jednotlivcov alebo dvojíc. V tabuľkách je uvedený vek a pohlavie obetí, koncentrácie COHb v ich krvi a objemové % CO v alveolárnom vzduchu.

VÝSLEDKY

Úmrtia pri nedokonalom spaľovaní zemného plynu v byte

K intoxikáciám z nedokonalého spaľovania zemného plynu v byte došlo v 35 prípadoch (z toho v 14 prípadoch išlo o osoby ženského pohlavia); veková štruktúra bola 7 – 82 rokov. Koncentrácia COHb v krvi bola zistená v rozmedzí 35 – 87 % a koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu v rozmedzí 0,04 – 0,22 objemových %. Priemerná koncentrácia COHb v krvi bola 64 % a CO v alveolárnom vzduchu 0,09 objemových %. V tabuľke 1 a 2 sú uvedené úmrtia jednotlivcov a dvojíc.

Úmrtia pri nedokonalom spaľovaní pevného paliva v byte

K letálnym intoxikáciám CO spôsobeným nedokonalým spaľovaním pevného paliva v bytoch došlo v 9 prípadoch; v 3 prípadoch išlo o osoby ženského pohlavia, v jednom prípade išlo o chorobný stav 80-ročného muža (COHb v krvi 60 %; CO v alveolárnom vzduchu 0,02 obj. %). Koncentrácia COHb v krvi sa pohybovala v rozsahu 21 – 68 % (priemer 49 %), obsah CO v alveolárnom vzduchu bol 0,02 – 0,19 obj. % (priemer 0,074); veková štruktúra 40 – 91 rokov (tabuľka 3).

Úmrtia pri požiari v byte bez vzniku popálenín

Pri letálnych intoxikáciách CO pri požiaroch v byte bez popálenín bolo zaregistrovaných 33 prípadov. V 6 prípadoch išlo o osoby ženského pohlavia. Koncentrácia COHb v krvi sa pohybovala v rozmedzí 12 – 77 % a koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu od 0,01 do 0,54 obj. %, veková štruktúra 2 – 92 rokov. Priemerná koncentrácia COHb v krvi bola 49 % a CO v alveolárnom vzduchu 0,1 objemových % (tabuľka 4).

Úmrtia pri požiari v byte so vznikom popálenín

V tejto skupine bolo analyzovaných 9 prípadov. Išlo o 5 osôb ženského a 4 osoby mužského pohlavia. Zistená bola koncentrácia COHb v krvi v rozmedzí 13 – 77 % (priemerná 35 %) a obsah CO v alveolárnom vzduchu v rozmedzí 0,02 – 0,16 obj. % (priemerný 0,078) (tabuľka 5).

Úmrtia pri nedokonalom spaľovaní zemného plynu v kúpeľni

Bolo vyšetrených 27 prípadov letálnych intoxikácií spôsobených nedokonalým spaľovaním zemného plynu v kúpeľni. Išlo o 11 osôb ženského a 16 osôb mužského pohlavia; vek obetí bol od 5 do 72 rokov; rozsah koncentrácie COHb v krvi bol 34 – 87 %; rozsah koncentrácie CO v alveolárnom vzduchu bol 0,03 – 0,22 obj. %. Priemerná koncentrácia COHb v krvi bola 57 % a CO v alveolárnom vzduchu 0,08 obj. % (tabuľka 6).

Úmrtia pri nedokonalom spaľovaní zemného plynu v kotolni

Pri nedokonalom spaľovaní zemného plynu v kotolniach došlo k 9 smrteľným otravám CO. Išlo o osoby mužského pohlavia vo veku 32 – 70 rokov. Koncentrácia COHb v krvi bola zistená v rozsahu 44 – 80 %; koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu sa zistila v rozsahu 0,04 – 0,24 obj. %. Priemerná koncentrácia COHb bola 62 % a CO 0,10 obj. % (tabuľka 7).

Úmrtia pri nedokonalom spaľovaní pohonných hmôt v garáži

Bolo zaregistrovaných 31 úmrtí; v 4 prípadoch išlo o osoby ženského a 27 prípadoch o osoby mužského pohlavia. Koncentrácia COHb v krvi bola zistená v rozmedzí 50 – 87 % a CO v alveolárnom vzduchu v rozmedzí 0,05 – 0,41 obj. %. Priemerná koncentrácia COHb predstavovala hodnotu 74 % a priemerná koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu predstavovala hodnotu 0,16 obj. % (tabuľka 8).

Úmrtia pri požiari motorového vozidla pri dopravnej nehode

V súvislosti s dopravnými nehodami, ktoré skončili smrťou účastníkov pri požiari motorového vozidla sme vyšetrovali 2 prípady. V prvom prípade išlo o 23-ročného muža; zistená koncentrácia COHb v krvi bola 22 %; koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu bola 0,03 obj. %, na bezprostrednej príčine smrti sa podieľali aj utrpené popáleniny. V druhom prípade dopravnej nehody osobného motorového vozidla, pri ktorej zahynuli 4 účastníci nehody nebola zisťovaná koncentrácia CO v alveolárnom vzduchu; boli zistené popáleniny. Koncentrácie COHb a kyanidových iónov v krvi sú uvedené v tabuľke 9.

Úmrtia pri banskom nešťastí

V súvislosti s banským nešťastím v r. 1990 v Ostrave bol dokazovaný CO v alveolárnom vzduchu. Vo vzorkách pľúcneho tkaniva označených číslicami 1, 2, 3, 5, 13 a 19 bol zistený v alveolárnom vzduchu CO v koncentráciách uvedených v tabuľke 10.

DISKUSIA

Výsledky štúdie poukazujú na významnú a nezastupiteľnú úlohu toxikologicko-chemickej analýzy alveolárneho vzduchu v rámci doplňujúcich laboratórnych vyšetrení pri pitve v diagnostike prípadov smrteľných otráv kysličníkom uhoľnatým. Chýba možnosť komparácie výsledkov s prácami iných autorov, nakoľko autori v dostupnej literatúre nezistili zverejnenie prác

proLékaře.cz | 10.11.2026

podobného obsahu a rozsahu. Význam analýzy alveolárneho vzduchu v prípadoch smrteľných otráv spôsobených inými plynmi a prchavými látkami napr. sírovodíkom, v prípadoch úmrtí v nedýchateľnom prostredí (inertné plyny, dusík, oxid uhličitý, parafíny) potvrdili aj v minulosti publikované práce (8,9). Prístrojová nenáročnosť a časová operatívnosť izolácie alveolárneho vzduchu a jeho analýzy (menej ako 1 hodina) sú závislé na použití viacúčelových a špecifických analyzátorov. Pre tento účel je potrebné vybaviť toxikologicko-chemické laboratóriá plynovým chromatografom s elektrónovým záchytom a možnosťou priameho dávkovania biologických materiálov.

ZÁVER

V predkladanej práci bola experimentálne a prakticky overená možnosť dôkazu xenobiotík v tomto prípade kysličníka uhoľnatého v ďalšom biologickom materiáli – v alveolárnom vzduchu. Dôležitým faktom je, že v 160 prípadoch letálnych intoxikácií sa uskutočnil dôkaz kysličníka uhoľnatého v alveolárnom vzduchu. Letálna koncentrácia kysličníka uhoľnatého (0,075 obj. % a viac) bola zistená v 75 % prípadov. Pri nižších koncentráciách kysličníka uhoľnatého sa zúčastňoval vplyv iných faktorov – zvýšená koncentrácia kysličníka uhličitého, prítomnosť kyanovodíka, ovplyvnenie etanolom, účinok pevných častí dymu, prítomnosť popálenín tela a podobne. Bolo zistené, že pri letálnych koncentráciách kysličníka uhoľnatého je najvhodnejším materiálom pre odber dolný lalok pravého krídla pľúc. Pri smrteľných otravách dvojíc boli zistené rozdielne koncentrácie kysličníka uhoľnatého v alveolárnom vzduchu, čo potvrdzuje fakt, že priebeh intoxikácie a doba smrti závisí aj od zdravotného stavu jedinca. Pri požiaroch v bytoch a v motorových vozidlách je potrebné dokazovať v alveolárnom vzduchu zároveň aj kyanidové ióny.

Cieľom práce je okrem odborného prínosu aj medializácia metódy smerovaná k orgánom činným v trestnom konaní, ktorým môže byť nápomocná pri objasňovaní príčin najmä hromadných nehôd a objektivizácii zisťovania miery zavinenia.

ZOZNAM SKRATIEK:
CO – oxid uhoľnatý
COHb – karbonylhemoglobín
obj. % - objemové percento
UZBL – univerzálne zariadenie pre biologické látky
M – muž
Ž – žena
a. v. – alveolárny vzduch
CN - kyanidy

PREHLÁSENIE
Autor práce prehlasuje, že v súvislosti s témou, vznikom a publikáciou tohto článku nie je v konflikte záujmov a vznik ani publikácia článku neboli podporené žiadnou farmaceutickou firmou. Toto prehlásenie sa týka i všetkých spoluautorov.

LITERATURA

1. **Ševčík M.** Akutní otrava kysličníkem uhelnatým. Praha: Avicenum; 1975.
2. **Teige B, Lundevall J, Fischer E.** Carboxyhemoglobin concentration in fire victims and in cases of fatal carbon monoxid poisoning. *Rechtsmedizin* 1977; 80: 17-21.
3. **Wirth W, Hecht G, Gloxhuber Ch.** Toxikologie Fibel. Stutgart: Georg Thieme Verlag; 1971, 469 s.
4. **Porubský V.** Fotometrické zisťovanie COHb v mŕtvolnej krvi. *Soud Lek* 1957; 2: 23-26.
5. Autorské osvědčení číslo 171795 Úřadu pro vynálezy a objevy v Praze, přihláška vynálezu PV 8113-72, Praha, 28. června 1978.
6. Autorské osvědčení číslo 172517 Úřadu pro vynálezy a objevy v Praze, přihláška vynálezu PV 1295-73, Praha 6. července 1978.
7. **Bauer M, Bauerová J, Šikuta J, Šidlo J.** Vyšetrovanie alveolárného vzduchu post mortem v súdnolékarskej praxi. Soud Lek 2016; 61(4): 44-49.
8. **Šidlo J, Bauer M, Bauerová J, Valuch J.** Diagnostics of fatal hydrogen sulfide poisonings. *Soud Lek* 2009; 54(3): 37-40.
9. **Valent D, Šidlo J, Kuruc R, Očko P, Mlynár J.** Analysis of fatal cases due to asphyxia and gas inhalation in a confined space. *Fol Soc Med Leg Slov* 2012; 2(2): 141-146.