

INTOSSICAZIONE DA MONOSSIDO DI CARBONIO: CAUSE EMERGENTI E MISCONOSCIUTE

Gabriel Bronz, Fabio Lanzi, Michael Llamas, Adam Ogna

Ricevuto: 7 aprile 2025, revisionato: 16 aprile 2025, accettato: 27 aprile 2025

© The Author(s) 2025

Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives License.

ISSN print: 1421-1009
ISSN online: 3042-6138

DOI: 10.63648/sfcpyb66

Introduzione

Il monossido di carbonio (CO) è un gas inodore e incolore prodotto dalla combustione incompleta degli idrocarburi, tra cui carbone, legno, e derivati del petrolio (**figura 1**). Sebbene le fonti più note di esposizione al CO siano gli incendi, sempre più frequentemente si verificano delle intossicazioni in cui la sorgente non è nota né al paziente né al medico. Lo scopo di questa review narrativa è quello di ricapitolare brevemente la patofisiologia dell'intossicazione da CO e sensibilizzare sulle cause meno note.

Patofisiologia

Una volta inalato, il CO si lega all'emoglobina con un'affinità 200 volte superiore a quella dell'ossigeno, formando la carbossiemoglobina e compromettendo il trasporto di ossigeno senza alterare la pressione parziale dell'ossigeno stesso e dell'anidride carbonica [1].

La ventilazione è regolata dai chemorecettori centrali e periferici sensibili alle variazioni di pH, pressione parziale di ossigeno e anidride carbonica. Poiché quest'ultimi due parametri re-

stano stabili nell'intossicazione da CO, non si attiva il riflesso della dispnea, dando luogo alla cosiddetta "ipossiemia silenziosa".

In situazioni normali, l'emoglobina legata all'ossigeno appare rossa, quella deossigenata blu. La cianosi compare con >40–50 g/L di emoglobina deossigenata. Nell'intossicazione da CO, la carbossiemoglobina appare di un colore rosso-ciliegio, mascherando la comparsa della cianosi. Infine, una volta raggiunti i tessuti, il CO esercita la sua tossicità legandosi al citocromo C mitocondriale, inibendo la catena respiratoria e compromettendo la produzione di ATP [2].

Le difficoltà diagnostiche

Definito il "camaleonte del pronto soccorso" o il "killer silenzioso", il CO induce una sintomatologia aspecifica che può mimare un'influenza, un'intossicazione alimentare, una sindrome vertiginosa, una sindrome coronarica acuta o una crisi epilettica [3]. L'assenza di segni patognomonicici e la somiglianza con altre patologie ne

ritardano spesso la diagnosi, soprattutto in assenza di una fonte evidente come può esserlo un incendio [4]. La diagnosi è ulteriormente ostacolata dal limite dei pulsossimetri convenzionali, incapaci di distinguere tra ossiemoglobina e carbossiemoglobina. Sebbene siano stati sviluppati dei pulsossimetri in grado di misurare la carbossiemoglobina, il loro utilizzo non è ancora diffuso. Infine, la mancanza di dispnea o cianosi può mascherare l'ipossia tissutale, inducendo a sottovalutare la gravità dell'intossicazione.

Metodo

È stata condotta una review della letteratura tramite ricerca nel database National Library of Medicine, utilizzando i seguenti termini: "occult carbon monoxide poisoning" OPPURE "hidden carbon monoxide poisoning" OPPURE "silent carbon monoxide poisoning".

Risultati

Le intossicazioni da CO sono riporta-

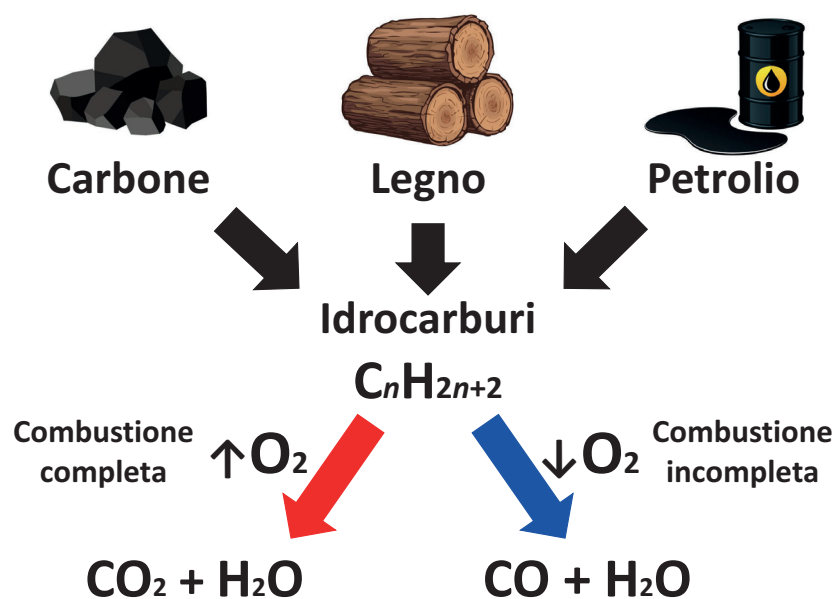


Fig. 1: principali fonti di monossido di carbonio (CO). La combustione completa degli idrocarburi (formula chimica C_nH_{2n+2}), produce anidride carbonica (CO_2) e acqua (H_2O), mentre la combustione incompleta, che si verifica quando l'ossigeno (O_2) disponibile è insufficiente, porta alla formazione di CO.

Fonti domestiche (caldaie, scaldabagni, stufe, forni, camini) e riscaldamenti esterni (funghi riscaldanti)
 Gas di scarico dei mezzi a motore (automobili, moto, motorini, tagliaerba)
 Attività sportive e ricreative (mud bogging, piste di ghiaccio al coperto)
 Barbecue
 Generatori portatili di elettricità
 Narghilé
 Fumo di sigaretta

Tab. 1: fonti emergenti e misconosciute di intossicazione da monossido di carbonio.

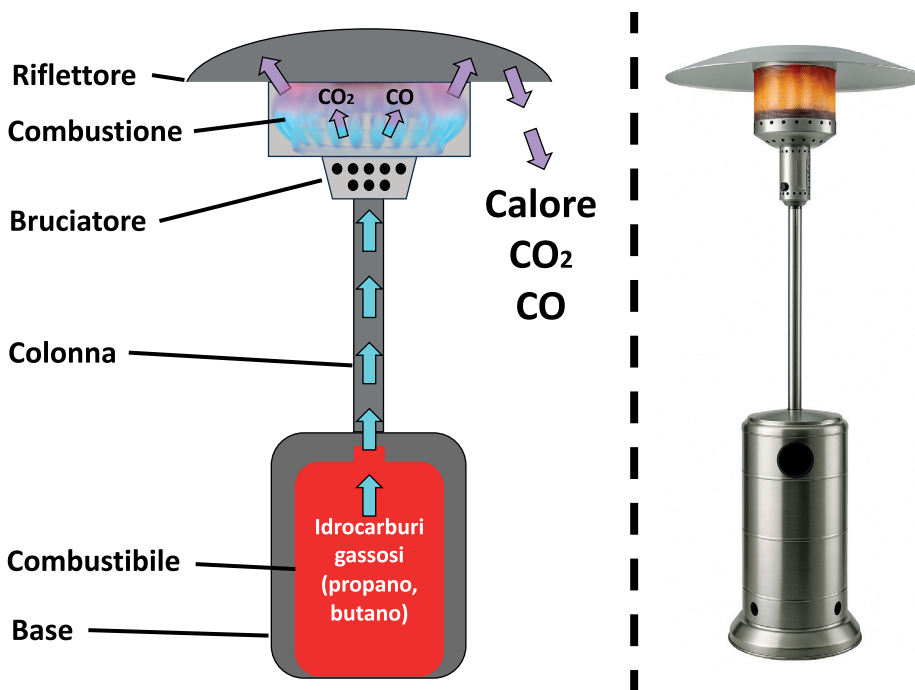


Fig. 2: schema di funzionamento del fungo riscaldante. Il gas della bombola viene acceso nel bruciatore, innescando la reazione di combustione che produce calore e anidride carbonica (CO₂). Il calore viene irradiato nell'ambiente attraverso il riflettore. In caso di scarsa ventilazione o combustione incompleta, può formarsi il monossido di carbonio (CO).

te in letteratura soprattutto sotto forma di case reports e case series. Il nostro lavoro di revisione ha permesso di identificare una serie di cause emergenti e misconosciute che descriviamo di seguito (tabella 1).

Fonti domestiche (caldaie, scaldabagni, stufe, forni, camini) e riscaldamenti esterni (funghi riscaldanti)

L'intossicazione da CO può derivare dalla combustione incompleta di

combustibili liquidi (kerosene), gassosi (metano, propano, butano) o solidi (carbone, legna, pellet). Questi sono usati in caldaie, stufe, forni, camini e dispositivi per il riscaldamento esterno (come i funghi riscaldanti, figura 2). Malfunzionamenti, scarsa ventilazione o assenza di sistemi di sicurezza possono favorire l'accumulo del CO. Sebbene l'uso domestico di questi combustibili sia in calo nei paesi occidentali, resta frequente nelle cascine delle nostre valli e nei paesi in via di

sviluppo [5]. A complicare l'identificazione della sorgente in questi casi è il fatto che il CO è in grado di attraversare le pareti porose (come quelle in legno o cartongesso), muri poco isolati, crepe o fessure, causando intossicazioni in ambienti adiacenti [6].

Gas di scarico dei mezzi a motore (automobili, moto, motorini, tagliaerba)

Il CO è uno dei componenti principali dei gas di scarico dei veicoli motorizzati. Le intossicazioni si verificano generalmente in ambienti chiusi e scarsamente ventilati (in particolare quando il motore rimane acceso o se vi sono delle perdite dal sistema di scarico) o in ambienti estremamente trafficati. Inoltre, anomalie nei sistemi di riscaldamento dell'automobile possono favorire l'ingresso di CO nell'abitacolo. Le categorie professionali maggiormente a rischio comprendono meccanici, garagisti, giardinieri, conducenti di autobus e operatori stradali [7].

Attività sportive e ricreative

Nel "mud bogging" (uno sport fuoristrada su piste fangose), i veicoli spesso si bloccano nel fango, con conseguente ostruzione dello scarico e rischio di diffusione di CO nell'abitacolo [8]. Le macchine rasaghiaccio a combustibile, usate per levigare le piste di hockey o pattinaggio, possono generare elevate quantità di CO che si può accumulare in ambienti coperti e poco ventilati [9].

Barbecue

Il barbecue è un metodo di cottura che utilizza fuoco diretto o calore indiretto per grigliare. Carbone, legna, o gas sono le fonti di calore solitamente utilizzate. L'uso di barbecue portatili in spazi chiusi come tende, garage, roulotte, o appartamenti può trasformare un momento conviviale in un pericolo mortale [10].

Generatori portatili di elettricità

I generatori portatili di elettricità sono dispositivi a combustione interna progettati per fornire energia elettrica in assenza di una fonte di alimentazione fissa. Se impiegati in ambienti chiusi o scarsamente ventilati, possono generare elevate concentrazioni di CO [11].

Narghilé

Il narghilé, noto anche come "water pipe" o "shisha", è una pratica di fumare il tabacco originaria del Medio Oriente. Degli appositi carboncini vengono accesi a bassa fiamma e posti su un foglio di alluminio: la loro combustione genera elevate quantità

di CO e di anidride carbonica. Il fumo prodotto viene aspirato, passando prima attraverso il tabacco e dopo attraverso l'acqua dell'ampolla che dovrebbe agire da filtro (**figura 3**). L'effettivo filtro risulta però scarso: l'anidride carbonica viene trattenuta nell'acqua in quanto polare, ma il CO, essendo lipofilo, non viene filtrato e viene liberato nell'inalato. Un ulteriore fattore di rischio di tale pratica è la lunga durata d'esposizione (una sessione dura 30-90 minuti) [4].

Fumo di sigaretta

Il fumo di sigaretta comporta un'esposizione cronica a basse concentrazioni di CO, con livelli di carbossie-

moglobina che possono avvicinarsi al 10% (nel soggetto che non fuma il tasso non supera il 5%). Il fumo di sigaretta rappresenta sovente un fattore confondente che complica l'interpretazione degli esami strumentali in presenza di un sospetto di intossicazione da CO. Il consumo di sigarette in ambienti chiusi o scarsamente ventilati, come può accadere durante incontri serali tra giovani a casa o in locali affollati, può far aumentare la concentrazione di CO. Questa condizione espone anche chi non fuma al rischio di intossicazione [12].

Discussione

L'intossicazione da CO è un'urgenza insidiosa spesso sottodiagnostica. In Svizzera si registrano ogni anno circa un centinaio di casi.

Fino agli anni Ottanta, l'uso diffuso del gas manifatturiero, dei dispositivi a combustione, e del kerosene costituiva la fonte principale di intossicazione nei paesi occidentali. Diversi studi tra gli anni Ottanta e Novanta documentarono un incremento dei casi di intossicazione da CO durante i mesi invernali, spesso collegati all'uso di sistemi di riscaldamento domestico. Tali casi coinvolgevano fino al 20% dei pazienti che si presentavano in pronto soccorso per disturbi simil-influenzali, dolore toracico, alterazione dello stato di coscienza, o convulsioni [13]. Grazie ai progressi tecnologici e ai meccanismi di sicurezza, la loro incidenza si è ridotta, ma tali dispositivi rimangono ancora utilizzati nei paesi in via di sviluppo e nelle abitazioni di montagna. La presenza di più persone nella stessa abitazione con sintomatologia non-specifica, soprattutto nel periodo invernale, deve suggerire una possibile fuga di CO da uno di questi dispositivi.

Diversamente, altre fonti di intossicazione, quali i gas di scarico dei motori a combustione, l'uso di barbecue e di generatori di elettricità portatili senza rispetto delle misure di sicurezza, continuano a rappresentare un ri-

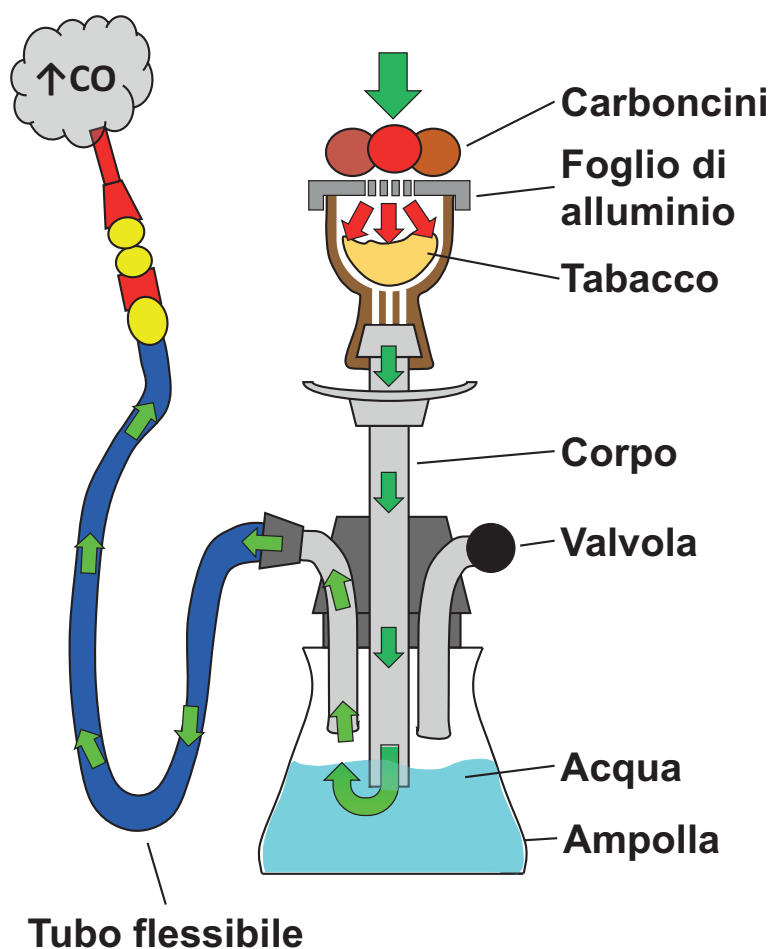


Fig. 3: schema del funzionamento del narghilé. Il fumo aspirato passa attraverso l'acqua che, però, non riesce a filtrare il monossido di carbonio (CO), il quale viene liberato nell'inalato e dove raggiunge concentrazioni elevate alle quali viene esposto il fumatore.

schio significativo. Studi condotti su lavoratori di garage automobilistici e su autisti di autobus hanno rilevato una prevalenza d'intossicazione occulta da CO fino al 30% delle persone testate [7; 14]. Inoltre, l'uso di barbecue in ambienti chiusi o scarsamente ventilati è stato responsabile di numerosi casi d'intossicazione, spesso con esiti fatali [10]. Tra il 2008 e il 2011 negli Stati Uniti d'America sono stati documentati oltre 200 casi d'intossicazione da generatori di elettricità portatili [11].

Un aspetto meno noto delle intossicazioni da CO riguarda l'esposizione in contesti sportivi e ricreativi. Particolare attenzione meritano le intossicazioni correlate al "mud bogging" e alle attività su piste di ghiaccio [8]. Il miglioramento della ventilazione o l'impiego di macchine rasaghiaccio elettriche (come avviene nelle arene del Hockey Club Lugano e dell'Ambrì-Piotta) ha contribuito a ridurre il rischio di intossicazione. Tuttavia, nelle strutture che continuano a impiegare macchine rasaghiaccio a combustione, così come per chi partecipa a competizioni di mud bogging, è imprescindibile mantenere un elevato indice di sospetto clinico: la comparsa di sintomi non-specifici successivi alla permanenza in tali ambienti deve allarmare.

Infine, la diffusione del narghilè ha il potenziale di trasformarsi in un vero pericolo per la salute pubblica [15]. A testimonianza della sua diffusione, vi è il fatto che almeno due terzi dei casi riportati in letteratura provengono dai paesi occidentali. A favorirne il suo uso vi è verosimilmente la falsa percezione della sua innocuità rispetto al fumo di sigaretta [16]. In realtà, una sessione di narghilè espone ad un carico di CO fino a 10 volte superiore rispetto a una sigaretta [4]. Anche la stessa sigaretta, però, se fumata in un ambiente poco ventilato, aumenta il rischio di intossicazione [12]. Date le difficoltà diagnostiche, l'implementazione di un esame di scree-

ning in pronto soccorso consentirebbe un'identificazione precoce di questa intossicazione. La misurazione della carbossiemoglobina tramite gascrometria si è rivelata una strategia di screening inefficace in termini costo-beneficio [17]. Un'alternativa più pratica ed economicamente sostenibile è rappresentata dall'impiego di pulsossimetri in grado di misurare la carbossiemoglobina già in fase di triage [18]. In Svizzera Italiana, il personale di soccorso pre-ospedaliero è dotato di dispositivi per monitorare la presenza di CO ambientale e di pulsossimetri portatili per misurare la carbossiemoglobina.

Il trattamento si basa sulla somministrazione di ossigeno al 100% (normo- o iperbarico). Rimane controversa l'effettiva utilità dell'ossigenoterapia iperbarica nel prevenire le sequele neuropsichiatriche tardive. L'efficacia dell'ossigenoterapia nel prevenire tali sequele sembra dipendere soprattutto dalla precocità della sua somministrazione, piuttosto che dalla modalità con cui viene erogata [19]. Nonostante non esista un consensus univoco, la maggior parte delle linee guida raccomanda l'ossigenoterapia iperbarica nelle seguenti situazioni: valori di carbossiemoglobina $\geq 25\%$, casi gravi (sincope, dolore toracico, convulsioni, deficit neurologici) o gravidanza [20]. Sebbene anche i pazienti pediatrici possono essere coinvolti in intossicazioni da CO, non esistono guidelines ufficiali per questa fascia d'età ed ogni caso deve essere valutato singolarmente.

La decisione terapeutica finale è influenzata spesso dall'accessibilità alla camera iperbarica, questo però non deve ritardare la somministrazione precoce di ossigeno. In Svizzera Italiana esiste una camera iperbarica mobile attivabile via 144.

Conclusioni

L'intossicazione acuta da CO costituisce una condizione insidiosa, sottodiagnosticata e potenzialmente leta-

le. Si raccomanda di sensibilizzare il personale sanitario al riconoscimento precoce dei sintomi e integrare progressivamente mezzi diagnostici avanzati, come ad esempio pulsossimetri capaci di misurare sia l'ossiemoglobina che la carbossiemoglobina per evitare di ritardare o mancare la diagnosi di questa intossicazione.

Carbon monoxide poisoning: emerging and overlooked causes

Abstract

Carbon monoxide poisoning is a subtle and insidious medical emergency. Due to its ability to mimic other conditions such as influenza, food poisoning, vestibular disorders, acute coronary syndrome, or epileptic seizures, it has been referred to as the "chameleon of emergencies". While fires are a well-recognized source of carbon monoxide exposure, cases in which the origin remains unknown to both physicians and patients are increasingly reported. To enhance awareness of emerging and overlooked sources of carbon monoxide poisoning and summarize its pathophysiology, we conducted a comprehensive review in the National Library of Medicine. The toxicity of carbon monoxide relies on impaired blood oxygen transport and inhibition of the mitochondrial respiratory chain in the tissues. Less recognized sources include domestic combustion appliances (boilers, water heaters, stoves, ovens, and fireplaces), external heating sources (heating mushrooms), motor vehicle exhaust (cars, motorcycles, scooters, lawnmowers), sports-related activities (mud bogging, ice resurfacing machines), misuse of barbecues, portable power generators, and the use of narghile and cigarettes. Given the nonspecific presentation of carbon monoxide poisoning, improving recognition and diagnostic strategies is essential. Greater awareness among healthcare professionals,

along with the integration of advanced diagnostic tools such as pulse oximeters capable of measuring carboxyhemoglobin levels, could facilitate earlier diagnosis and improve patient outcomes.

Keywords: "carbon monoxide poisoning", "occult carbon monoxide", "hidden carbon monoxide"

Bibliografia

- Mak TW, Kam CW, Lai JP, Tang CM. Management of carbon monoxide poisoning using oxygen therapy. *Hong Kong Med J*. 2000;6(1):113-115.
- Rose JJ, Wang L, Xu Q, McTiernan CF, Shiva S, Tejero J, Gladwin MT. Carbon monoxide poisoning: pathogenesis, management, and future directions of therapy. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(5):596-606.
- Long JJ, Flaherty GT. Silent killer-the dangers of carbon monoxide poisoning during international travel. *J Travel Med*. 2017;24(3):1-3.
- Bronz G, Lanzi F, Llamas M, Ogna A. Intossicazione acuta da monossido di carbonio: non tutto il mal vien ... dalla caldaia ... o dal mosto d'uva. *Trib Med Ticin*. 2024;89(7-8):117-118.
- Fisher J, Rubin KP. Occult carbon monoxide poisoning. *Arch Intern Med*. 1982;142(7):1270-1271.
- Vermesi I, Restuccia F, Walker-Ravena C and Rein G. Carbon monoxide diffusion through porous walls: evidence found in incidents and experimental studies. *Front Built Environ*. 2018;4:44.
- Bol O, Koyuncu S, Günay N. Prevalence of hidden carbon monoxide poisoning in auto service workers; a prospective cohort study. *J Occup Med Toxicol*. 2018;13:35.
- Menke NB, Fitzpatrick K, Lynch MJ, King AM. Carbon monoxide poisoning due to "mud bogging". *N Engl J Med*. 2015;373(11):1082.
- Eichner ER. Accidental carbon monoxide poisoning in sports and other settings. *Curr Sports Med Rep*. 2018;17(3):78-79.
- Gasman JD, Varon J, Gardner JP. Revenge of the barbecue grill. Carbon monoxide poisoning. *West J Med*. 1990;153(6):656-657.
- Hampson NB, Dunn SL. Carbon monoxide poisoning from portable electrical generators. *J Emerg Med*. 2015;49(2):125-129.
- Goniewicz ML, Kosmider L, Delijewski M, Knysak J, Ochota P, Sobczak A. The impact of the 2010 Polish smoke-free legislation on the popularity and sales of electronic cigarettes. *Eur J Public Health*. 2014;24(3):471-473.
- Heckerling PS, Leikin JB, Terzian CG, Maturen A. Occult carbon monoxide poisoning in patients with neurologic illness. *J Toxicol Clin Toxicol*. 1990;28(1):29-44.
- Abdollahi M, Zadparvar L, Ayatollahi B, Baradaran M, Nikfar S, Hastaie P, Khorasani R. Hazard from carbon monoxide poisoning for bus drivers in Tehran, Iran. *Bull Environ Contam Toxicol*. 1998;61(2):210-215.
- de Suremain N, Ngo J, Loschi S, Haegy-Doehring I, Aroulandom J, Carbajal R. Carbon monoxide poisoning from water-pipe (narghile) smoking in a child. *Arch Pediatr*. 2019;26(1):44-47.
- Wackowski OA, Hammond D, O'Connor RJ, Strasser AA, Delnevo CD. Smokers' and e-cigarette users' perceptions about e-cigarette warning statements. *Int J Environ Res Public Health*. 2016;13(7):655.
- Heckerling PS, Leikin JB, Maturen A, Terzian CG, Segarra DP. Screening hospital admissions from the emergency department for occult carbon monoxide poisoning. *Am J Emerg Med*. 1990;8(4):301-304.
- Suner S, Partridge R, Sucov A, Valente J, Chee K, Hughes A, Jay G. Non-invasive pulse CO-oximetry screening in the emergency department identifies occult carbon monoxide toxicity. *J Emerg Med*. 2008;34(4):441-450.
- Cowl CT. Justifying hyperbaric oxygen delivery for carbon monoxide poisoning: time to respond to pressure with a large-scale randomized controlled trial. *Chest*. 2017;152(5):911-913.
- Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: recommendations for accepted and non-accepted clinical indications and practice of hyperbaric oxygen treatment. *Diving Hyperb Med*. 2017;47(1):24-32.

A cura dell'Istituto di medicina di famiglia USI



Affiliazioni

Dr. med. Gabriel Bronz
Servizio di medicina interna, Ospedale La Carità, Ente Ospedaliero Cantonale 6600 Locarno (Svizzera)

Dr. med. Fabio Lanzi
Servizio di medicina intensiva, Ospedale La Carità, Ente Ospedaliero Cantonale 6600 Locarno (Svizzera)

Dr. med. Michael Llamas
Servizio di medicina intensiva, Ospedale La Carità, Ente Ospedaliero Cantonale Servizio di medicina interna, Ospedale La Carità, Ente Ospedaliero Cantonale 6600 Locarno (Svizzera)

Prof. Dr. med. Adam Ogna
Facoltà di scienze biomediche, Università della Svizzera italiana
Servizio di medicina interna, Ospedale La Carità, Ente Ospedaliero Cantonale 6600 Locarno (Svizzera)

Autore corrispondente: Gabriel Bronz,
e-mail: gabriel.bronz@eoc.ch

Dichiarazioni

- Ruolo degli autori nella preparazione del manoscritto: concettualizzazione: GB, AO; preparazione del manoscritto: GB, FL; tabelle e figura: GB; versione finale: GB, ML, AO.
- Conflitti di interesse: nessuno.
- Fondi e sponsor: nessuno.
- Etica: non necessaria per un articolo di questo tipo.
- Accesso ai dati grezzi: nessun dato grezzo disponibile per questo articolo.