



Zatrucie tlenkiem węgla – epidemiologia oraz zalecenia dotyczące postępowania zespołu ratownictwa medycznego

Carbon monoxide poisoning – epidemiology and recommendations for emergency medical teams

Grzegorz Witkowski¹, A–F

¹ Instytut Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne recenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Witkowski G. Zatrucie tlenkiem węgla – epidemiologia oraz zalecenia dotyczące postępowania zespołu ratownictwa medycznego. Med Srodow. 2024; 27(4): 188–192. doi: 10.26444/ms/199984

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Pomimo licznych kampanii edukacyjnych zatrucie tlenkiem węgla (CO) wciąż stanowi istotne zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka. CO jest gazem bezbarwnym, bezwonym i trudnym do wykrycia bez użycia specjalistycznych czujników. Celem pracy jest analiza aktualnego stanu wiedzy na temat zagrożeń związanych z tlenkiem węgla oraz usystematyzowanie procedur postępowania dla ratowników medycznych w sytuacjach podejrzenia zatrucia CO.

Opis stanu wiedzy. Zatrucie tlenkiem węgla prowadzi do powstawania karboksyhemoglobiny, co ogranicza zdolność hemoglobiny do transportu tlenu i powoduje hipoksję. Objawy zatrucia, takie jak bóle głowy, zawroty, utrata przytomności czy w skrajnych przypadkach śmierć, nie zawsze są ściśle powiązane z poziomem karboksyhemoglobiny. Ich nasilenie zależy od wielu czynników, w tym czasu ekspozycji, stężenia CO oraz indywidualnej wrażliwości pacjenta, co potwierdzają badania naukowe i praktyka kliniczna. Choć analiza danych z sezonu grzewczego 2023/2024 wskazuje na lokalny wzrost przypadków zatruc CO, w długoterminowej perspektywie ostatnich dwóch dekad obserwuje się ogólną tendencję spadkową. Mimo to zatrucie CO wciąż stanowi wyzwanie, a skuteczne działania zespołów ratownictwa medycznego wymagają szybkiej oceny ryzyka, właściwego rozpoznania objawów i natychmiastowego wdrożenia odpowiednich procedur.

Podsumowanie. Pomimo ogólnej tendencji spadkowej liczby przypadków zatrucia CO w ostatnich latach problem wciąż pozostaje aktualny, szczególnie w sezonie grzewczym. Istnieje potrzeba zwiększania świadomości zagrożeń związanych z CO zarówno wśród personelu medycznego, jak i w społeczeństwie. Skuteczna interwencja ratowników medycznych powinna koncentrować się na ograniczeniu narażenia na CO, wdrożeniu tlenoterapii oraz szybkim przetransportowaniu pacjenta do odpowiedniej placówki medycznej.

■ Słowa kluczowe

ratownicy medyczni, hipoksja, tlenek węgla, epidemiologia zatruc tlenkiem węgla

■ Abstract

Introduction and Objective. Despite numerous educational campaigns, carbon monoxide (CO) poisoning remains a significant threat to human health and life. CO is a colourless, odourless gas that is difficult to detect without specialized sensors. The aim of this study is to analyze the current state of knowledge about the risks associated with carbon monoxide and to systematize procedures for paramedics in situations of suspected CO poisoning.

Brief description of the state of knowledge. Carbon monoxide poisoning results in the formation of carboxyhaemoglobin, which reduces haemoglobin's ability to transport oxygen, causing hypoxia. Symptoms of poisoning, such as headaches, dizziness, loss of consciousness, or, in extreme cases, death, are not always directly correlated with carboxyhaemoglobin levels. Their severity depends on various factors, including the duration of exposure, CO concentration, and individual patient sensitivity, as evidenced by scientific studies and clinical practice. Although data from the 2023/2024 heating season indicate a local increase in CO poisoning cases, a general long-term downward trend has been observed over the past two decades. Nevertheless, CO poisoning remains a challenge, and effective actions by emergency medical teams require rapid risk assessment, proper recognition of symptoms, and immediate implementation of appropriate procedures.

Summary. Despite the overall declining trend in CO poisoning cases in recent years, the issue remains relevant, particularly during the heating season. There is a need to raise awareness about CO-related risks among both medical personnel and the general public. Effective paramedic interventions should focus on minimizing CO exposure, initiating oxygen therapy, and ensuring the rapid transport of patients to appropriate medical facilities.

■ Key words

medical rescuers, carbon monoxide, hypoxia, epidemiology of carbon monoxide poisoning

Autor do korespondencji: Grzegorz Witkowski, Instytut Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Kielce, Polska
E-mail: grzesiek_wit@icloud.com

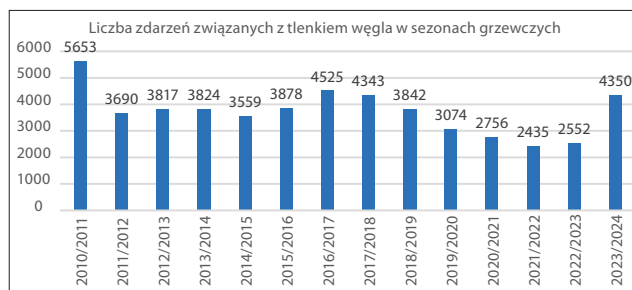
WPROWADZENIE

Zatrucie tlenkiem węgla stanowi duże zagrożenie dla życia oraz zdrowia ludzi. Pomimo wielu kampanii społecznych dotyczących niebezpieczeństwa zatrucia bezwonnym i bezbarwnym gazem, które w niedługim czasie może doprowadzić do stanu zagrożenia życia, problem ten wciąż nie traci na aktualności. Jako przykład może posłużyć kampania informacyjno-edukacyjna „Czujka na straży Twojego bezpieczeństwa!”, prowadzona przez Komendę Główną Państwowej Straży Pożarnej przy wsparciu Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji [1, 2]. Kampania promowana jest od wielu lat w okresie od 1 października do 31 marca, ponieważ właśnie w tym czasie znacznie zwiększa się ryzyko narażenia na szkodliwe działanie tlenku węgla (CO). Jako główny cel wspomnianej kampanii przyjęto zmniejszenie liczby ofiar pożarów oraz zatruc CO w mieszkaniach oraz domach jednorodzinnych. Autorzy kampanii zwracają również uwagę na ważną kwestię, jaką jest zamontowanie oraz prawidłowe użytkowanie czujnika tlenku węgla.

Ratownicy medyczni są narażeni na działanie tlenku węgla podczas interwencji na miejscu zdarzenia, szczególnie w domach pacjentów, gdzie mogą występować źródła emisji tego gazu. Narażenie na tlenek węgla stanowi bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia. Wczesne rozpoznanie zatrucia jest trudne, ponieważ gaz jest bezwonnym i bezbarwnym, co sprawia, że nazywany jest „cichym zabójcą” [3]. Wczesne rozpoznanie objawów zatrucia oraz wdrożenie prawidłowego postępowania stanowi wyzwanie dla zespołów ratownictwa medycznego (ZRM). Kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa zarówno pacjentom, jak i ratownikom ma znajomość wczesnych objawów zatrucia [4]. Coraz częściej są w wyposażeniu ZRM znajdują się przenośne czujniki CO, jednak nie jest to jeszcze standardem.

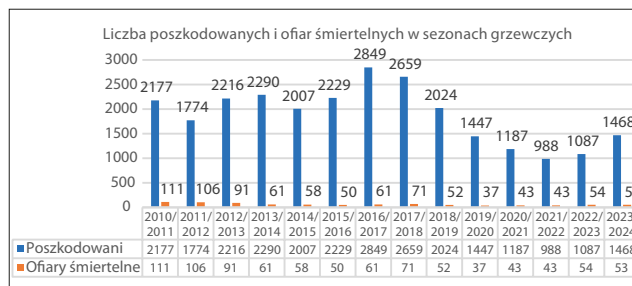
Zatrucie CO jest poważnym problemem zdrowia publicznego z odmiennymi wzorcami epidemiologicznymi w różnych regionach i populacjach [5]. Analizy ogólnosięciowych danych epidemiologicznych pochodzących z rejestru Global Health Data Exchange oraz Institute for Health Metrics and Evaluation przeprowadzone przez C. Mattiuzzi oraz G. Lippi wskazują, że w ciągu ostatnich 25 lat częstość występowania zatruc CO jest na stałym poziomie. Ogólnosięciowa skumulowana zachorowalność wynosi 137 przypadków na milion z śmiertelnością zatruc na poziomie 4,6 przypadków na milion [6]. Wielu badaczy podkreśla, że zatrucie tlenkiem węgla jest poważnym wyzwaniem dla zdrowia publicznego na całym świecie, zwracając uwagę, że jego występowanie i skutki w dużej mierze zależą od specyfiki danego kraju [7, 8]. Analizując dostępne krajowe dane dotyczące liczby zdarzeń związanych z tlenkiem węgla w sezonach grzewczych w latach 2010–2024, można zauważyć ogólną tendencję spadkową, która została przerwana znacznym wzrostem w sezonie 2023/2024. Średnia liczba zdarzeń w tym okresie wynosi 3735,57.

Ogólny trend wskazuje na stopniowy spadek liczby pacjentów poszkodowanych, co może świadczyć o poprawie świadomości społecznej i lepszych środkach zapobiegawczych. Niepokojące są dane dotyczące sezonu grzewczego 2023/2024, gdyż wskazują one na odwrócenie trendu spadkowego, pod względem zarówno liczby zdarzeń (wzrost o ponad 70% względem roku poprzedniego), jak i poszkodowanych, co może wymagać dodatkowej analizy i działań prewencyjnych.



Rycina 1. Liczba zdarzeń związanych z tlenkiem węgla w sezonach grzewczych w latach 2010–2024

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej [9]



Rycina 2. Liczba poszkodowanych i ofiar śmiertelnych w sezonach grzewczych 2010–2024

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej [9]

CEL PRACY

Niniejsze opracowanie ma na celu zwrócenie uwagi na wciąż aktualny problem zatruc tlenkiem węgla oraz usystematyzowanie i przedstawienie właściwych procedur postępowania ratowników medycznych na miejscu zdarzenia.

OPIS STANU WIEDZY

CO powstaje w wyniku procesu niepełnego spalania węgla oraz substancji posiadających w swoim składzie węgiel w warunkach ograniczonego dostępu do tlenu [10]. Jest lżejszy od powietrza, bezbarwny, bezwonnym i pozbawiony smaku, co uniemożliwia jego wykrycie za pomocą ludzkich zmysłów. Do wykrycia CO niezbędne są specjalne detektory. CO ma znacznie większe powinowactwo do hemoglobiny niż tlen, który jest niezbędny do życia. Dostaje się do organizmu przez układ oddechowy, a po przedostaniu się do płuc wiąże się z hemoglobiną [11]. Powstały związek skutecznie blokuje możliwość transportu tlenu przez hemoglobinę, co prowadzi do niedotlenienia tkanek.

CO silnie wiąże się z metaloproteinami zawierającymi żelazo (hemoglobina, mioglobina, oksydaza cytochromowa) [12]. Większość (ok. 80–90%) CO wiąże się z hemoglobiną. Ma on 200–250 razy większe powinowactwo do hemoglobiny niż tlen (O₂). Hemoglobina połączona z CO tworzy karboksyhemoglobinę [13]. Wiązanie CO z hemoglobiną jest odwracalne, ale następuje 10 razy wolniej niż powstanie oksyhemoglobiny. Około 15% CO znajduje się w sercu i mięśniach (połączenie z mioglobiną) [14]. Zatrucie CO prowadzi do hipoksji komórkowej, ponieważ karboksyhemoglobina zaburza transport i dostarczanie tlenu do tkanek. Warto zwrócić również uwagę, że w niewielkich dawkach CO jest niezbędny

do prawidłowego funkcjonowania układów biologicznych. Fizjologiczne stężenie karboksyhemoglobiny u zdrowych osób wynosi od 0,4 do 0,7% [12]. W niewielkich dawkach (250–500 ppm) wykazuje działanie neuroprotektoryjne [15]. Potencjalnie CO może być przydatny przy leczeniu długo utrzymujących się stanów zapalnych, reumatoidalnych zapalenia stawów, miażdżycy czy choroby Alzheimera [15].

CO wydalany jest przez płuca w formie niezmienionej. A jego okres półtrwania ($T_{1/2}$) w przypadku oddechu powietrzem atmosferycznym wynosi 300–360 min [16]. $T_{1/2}$ podczas tlenoterapii przez maskę ze 100% O_2 skraca się do ok. 80 min. Natomiast $T_{1/2}$ karboksyhemoglobiny w warunkach hiperbarii (2–3 ATA) wynosi 23 min [17]. Obecność CO w organizmie znacząco zwiększa ryzyko powikłań zakrzepowych poprzez zmiany w reologii erytrocytów, wzrost agregacji płytek krwi oraz lepkości osocza i hematokrytu [18]. Ponadto CO zaburza proces uwalniania tlenu azotu, co prowadzi do dysfunkcji śródbłonna, a w konsekwencji może sprzyjać procesom zakrzepowym. Dodatkowo CO przyczynia się do kwasicy metabolicznej oraz uszkodzenia śródbłonna poprzez stres oksydacyjny [18]. Najbardziej wrażliwe na niedotlenienie, wynikające zarówno z powstawania karboksyhemoglobiny, jak i z mechanizmów toksycznych CO, są układ nerwowy (OUN) i mięsień sercowy. Ostre zatrucie przebiega w dwóch etapach: pierwszy związany jest z ilością karboksyhemoglobiny i niedotlenieniem, natomiast drugi wynika z uszkodzeń mózgu, serca i innych narządów, które są skutkiem toksycznego działania CO [19].

Tabela 1. Procentowe stężenie karboksyhemoglobiny w krwiobiegu oraz i jego charakterystyczne objawy

	Stężenie karboksyhemoglobiny COHb [%]	Objawy
Krótkotrwała ekspozycja na CO	< 4	Brak objawów
	4–8	Niewielkie pogorszenie funkcji poznawczych
	8–10	Znaczne pogorszenie funkcji poznawczych
Objawy lekkiego zatrucia CO	10–20	Ból głowy, uczucie ucisku, złe samopoczucie, rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry
	20–30	Znaczny ból głowy, uczucie szumu w głowie
Objawy średnio ciężkiego zatrucia CO	30–40	Silny ból głowy, znaczne osłabienie, uczucie oszołomienia
	40–50	Silny ból głowy, zaburzenia czynności serca, tachykardia, możliwość wystąpienia nagłego zatrzymania krążenia (NZK)
Objawy ciężkiego zatrucia CO	50–60	Zaburzenia czynności serca, tachykardia, śpiączka, możliwość wystąpienia drgawek
	60–70	Śpiączka, możliwość wystąpienia drgawek, upośledzenie czynności serca oraz oddechu
	70–80	Nitkowate tętno, depresja oddechowa, śmierć [19]

Źródło: opracowanie własne na podstawie [20]

Postępowanie ratowników medycznych

Ratownicy medyczni udzielają świadczeń zdrowotnych pacjentom w stanie zagrożenia życia oraz zdrowia, niejednokrotnie narażając się na ryzyko zachorowania [21]. Większość zespołów ratownictwa medycznego (ZRM) jest wyposażona w detektory tlenu węgla, znajdujące się przy torbie medycznej. Jeżeli detektor wykryje CO w pomieszczeniu, zaczyna wydawać głośne sygnały alarmowe. Należy wówczas

bezzwłocznie ewakuować się z takiego pomieszczenia oraz powiadomić Państwową Straż Pożarną. Szybka reakcja w chwili pojawienia się alarmu jest kluczowa dla zdrowia zarówno pracowników medycznych, jak i pacjentów [22].

Przebieg interwencji ZRM na miejscu zdarzenia

- I. Ocena miejsca zdarzenia. Podstawę każdej interwencji stanowi bezpieczeństwo zespołu ratowniczego. Następuje zatem wstępne rozpoznanie i ocena miejsca zdarzenia w celu wykluczenia zagrożeń dla ratowników. Zatrucie tlenkiem CO może występować w przebiegu pożarów – istotna jest prawidłowa współpraca pomiędzy ZRM oraz Państwową Strażą Pożarną (PSP).
- II. Ewakuacja pacjenta – konieczna jest natychmiastowa ewakuacja pacjenta z miejsca narażenia na CO do bezpiecznej strefy z dostępem do świeżego powietrza lub dobrze wentylowanego pomieszczenia. Jeżeli pomieszczenie jest mocno zadymione, ewakuacja pacjentów powinna być prowadzona przez strażaków ratowników z PSP (konieczne jest użycie odpowiedniego sprzętu ochronnego, w tym aparatów oddechowych).
- III. Ocena stanu pacjenta zgodnie ze schematem ABC (ang. *airway, breathing, circulation*), na którą składają się:
 - Ocena drożności dróg oddechowych i zabezpieczenie w razie potrzeby.
 - Ocena oddechu – sprawdzenie częstości, głębokości i skuteczności oddechu.
 - Ocena krążenia – sprawdzenie tętna, ciśnienia krwi, perfuzji tkanek (kolor skóry, wypełnienie kapilarne).

Kolejnym etapem oceny stanu pacjenta jest badanie neurologiczne polegające na przeprowadzeniu szybkiej oceny poziomu świadomości z wykorzystaniem skali Glasgow (Glasgow Coma Scale, GCS). Skala GCS pozwala ocenić stan pacjenta w skali punktowej (3–15 pkt). W razie pojawienia się nieprawidłowości w którejkolwiek fazie badania należy niezwłocznie wykonać pogłębione badanie pozwalające ocenić oraz różnicować dolegliwości.

Dodatkowym badaniem, które może pomóc prawidłowo ocenić ciężkość stanu pacjenta, jest analiza gazometrii [23]. Analizatory do pomiaru gazometrii dostarczają niezbędnych danych na temat gazów we krwi (pH, pCO_2 , pO_2), elektrolitów i innych krytycznych parametrów, ułatwiając interwencje medyczne. Możliwość wykonania gazometrii w ZRM stanowi niezwykle rzadkość. Jednak zastosowanie takich urządzeń zwiększa zdolność personelu ratunkowego do podejmowania świadomych decyzji, potencjalnie poprawiając wyniki pacjentów i optymalizując alokację zasobów [24]. Poziom karboksyhemoglobiny (COHb) we krwi powyżej 10–15% potwierdza zatrucie, natomiast wartości powyżej 40% sugerują ciężkie zatrucie. Największe działanie toksyczne zaobserwować można w narządach oraz tkankach, które wykazują dużą wrażliwość na kwasicy metaboliczną oraz niedotlenienie. Krótkotrwała utrata przytomności, często obserwowana w przebiegu zatrucia CO, wynika głównie z niedotlenienia mózgu spowodowanego tworzeniem karboksyhemoglobiny, która ogranicza zdolność hemoglobiny do transportu tlenu. Niedotlenienie to, w połączeniu z kwasicy metaboliczną wywołaną nagromadzeniem kwasu mlekowego, prowadzi do zaburzeń funkcjonowania neuronów oraz dysfunkcji autoregulacji naczyń mózgowych. W konsekwencji dochodzi do chwilowego niedokrwienia mózgu i zaburzenia świadomości. Wyróżnić należy charakterystyczne objawy ze strony

układu sercowo naczyniowego, takie jak początkowa tachykardia i podwyższone wartości ciśnienia tętniczego, później może wystąpić niedokrwienie mięśnia sercowego i migotanie przedsionków. Podczas badania elektrokardiograficznego (EKG) opisywane są: zmniejszenie wysokości załamka R, zmiany odcinka ST (obniżenie lub uniesienie), odwrócenie załamka T, blok przedsionkowo-komorowy oraz blok odnogi pęczka Hisa [10]. Powyższe objawy mogą pojawić się bezpośrednio po ekspozycji na CO lub z pewnym opóźnieniem czasowym. Wyniki badań naukowych sugerują również możliwy wzrost stężenia glukozy we krwi w przebiegu ostrego zatrucia tlenkiem węgla lub bezpośrednio po nim [25]. Objawy ze strony ośrodkowego układu nerwowego (OUN) mogące wystąpić u pacjentów narażonych na działanie CO to:

- spowolnienie psychoruchowe,
- otępienie,
- drżenia kończyn,
- zawroty głowy,
- zmiany zachowania,
- niepamięć wsteczna,
- porażenia oraz niedowłady połowiczne,
- zaburzenia nerwów – zwłaszcza wzrokowego oraz słuchowego [26].

Obrzęk mózgu jest istotnym powikłaniem w przebiegu ostrego zatrucia CO, często prowadzącym do ciężkich ubytków neurologicznych. Patofizjologia obejmuje niedotlenienie mózgu powodujące zwiększoną przepuszczalność naczyń, a następnie obrzęk naczyniowy. Obrzęk ten, jeśli nie zostanie skutecznie leczony, może doprowadzić do atrofii mózgu i rozszerzania komór [27]. Charakterystycznymi objawami obrzęku mózgu w przebiegu zatrucia CO są: bradykardia, zwolnienie oddechu, zawroty głowy, zaburzenia równowagi, uporczywe wymioty, wzmożone napięcie mięśniowe, zaburzenia widzenia, zaburzenia orientacji w czasie i przestrzeni, odruchy patologiczne oraz drgawki.

IV. Postępowanie terapeutyczne u pacjenta zatrutego tlenkiem węgla, które przebiega następująco:

- Natychmiastowo podaje się wysokie stężenie tlenu przez maskę z rezerwuarem (FiO₂ 100%). Tlenoterapia ma na celu zmniejszenie poziomu COHb w organizmie poprzez przyspieszenie eliminacji tlenu węgla z hemoglobiny.
- W razie potrzeby, w przypadku niewydolności oddechowej, należy rozważyć intubację i wentylację mechaniczną z użyciem wysokich stężeń tlenu.
- Prowadzi się ciągły monitoring parametrów życiowych (tętno, ciśnienie krwi, saturacja, częstość oddechów).
- Należy pamiętać, że saturacja SpO₂ mierzona pulsoksymetrem może być fałszywie zawyżona, ponieważ urządzenia tego typu nie rozróżniają oksyhemoglobiny od karboksyhemoglobiny [28].

Ostatnim elementem pomocy ZRM jest transport poszkodowanego do szpitala. Każdy pacjent z objawami zatrucia CO powinien zostać jak najszybciej przetransportowany do szpitala. Jeżeli jego stan jest ciężki i istnieje taka możliwość, należy zawieźć go do ośrodka z możliwością zastosowania terapii hiperbarycznej. Każdorazowo transportując pacjenta w stanie ciężkim, należy wcześniej poinformować wybraną jednostkę o stanie chorego oraz przewidywanym czasie przybycia. Pacjenci po ciężkim zatruciu powinni być

monitorowani pod kątem opóźnionych powikłań neurologicznych (tzw. zespół opóźnionego uszkodzenia neurologicznego), które mogą wystąpić nawet po kilku dniach od zatrucia [29].

PODSUMOWANIE

Zatrucie tlenkiem węgla pozostaje poważnym zagrożeniem dla zdrowia publicznego, mimo licznych kampanii informacyjno-edukacyjnych. Problem ten dotyczy zarówno pacjentów, jak i ratowników medycznych, którzy narażeni są na działanie tego niebezpiecznego, bezwonno i bezbarwnego gazu podczas interwencji. Przeprowadzone analizy epidemiologiczne wskazują na stabilną globalną zachorowalność, choć lokalnie można zauważyć zmienne wzorce występowania zatruc, np. wzrost liczby przypadków w sezonie grzewczym 2023/2024 w Polsce. Wciąż istnieje potrzeba zwiększenia świadomości oraz wiedzy na temat tlenu węgla zarówno wśród personelu medycznego, jak i ogółu społeczeństwa. Ratownicy medyczni odgrywają kluczową rolę w diagnozowaniu i leczeniu zatruc CO, szczególnie w kontekście wczesnego rozpoznawania objawów oraz stosowania odpowiednich procedur medycznych. Stosowanie odpowiednich protokołów, w tym ewakuacji pacjenta, tlenoterapii oraz monitorowania jego stanu, jest kluczowe dla zminimalizowania skutków zatrucia CO. W leczeniu ciężkich przypadków ważną rolę odgrywa także terapia hiperbaryczna.

PIŚMIENNICTWO

1. Państwowa Straż Pożarna, 'https://www.gov.pl/web/kwpssp-gorzow-wielkopolski/ogolnopolska-kampania-edukacyjno-informacyjna-na-temat-zagrozen-zwiazanych-z-zatruciem-tlenkiem-węgla'.
2. MSWiA, 'https://www.gov.pl/web/mswia/szef-mswia-wzial-udzial-w-konferencji-ekspertkiej-czujka-na-strazy-twojego-bezpieczenstwa'.
3. Babuška-Rocznik M, Wojtanowska-Kaczka M, Marek H, Lyubinetz O, Brodziak-Dopierała B, Rocznik W. Carbon monoxide poisoning – rescue procedurę. Med Og Nauki Zdr. 2020;26(3):306–308. doi:10.26444/monz/122852
4. Rose JJ, et al. Carbon Monoxide Poisoning: Pathogenesis, Management, and Future Directions of Therapy. Am J Respir Crit Care Med. 2017;195(5):596–606. doi:10.1164/rccm.201606-1275CI
5. Chmielewski J. Uwalnianie zanieczyszczeń do środowiska w wyniku pożarów składowisk odpadów i ich wpływ na zdrowie człowieka wyzwaniem dla edukacji zdrowotnej. Przem Chem. 2020;1(8):55–60. doi:10.15199/62.2020.8.6
6. Mattiuzzi C, Lippi G. Worldwide epidemiology of carbon monoxide poisoning. Hum Exp Toxicol. 2020;39(4):387–392. doi:10.1177/0960327119891214
7. Han E, Yu G, Lee HS, Park G, Chung SP. Prevalence of Carbon Monoxide Poisoning and Hyperbaric Oxygen Therapy in Korea: Analysis of National Claims Data in 2010–2019. J Korean Med Sci. 2023;38(15). doi:10.3346/jkms.2023.38.e125
8. Indiaminov SI, Kim AA. Epidemiological aspects and a current approach to the problem of carbon monoxide poisoning. Russian J Forensic Med. 2020;6(4):4–9. doi:10.19048/fm344
9. Państwowa Straż Pożarna, 'https://www.gov.pl/web/kgppsp/'.
10. Choi IS. Carbon monoxide poisoning: systemic manifestations and complications. J Korean Med Sci. 2001;16(3):253. doi:10.3346/jkms.2001.16.3.253
11. Chenoweth JA, Albertson TE, Greer MR. Carbon Monoxide Poisoning. Crit Care Clin. 2021;37(3):657–672. doi:10.1016/j.ccc.2021.03.010
12. Angelova PR, Myers I, Abramov AY. Carbon monoxide neurotoxicity is triggered by oxidative stress induced by ROS production from three distinct cellular sources. Redox Biol. 2023;60:102598. doi:10.1016/j.redox.2022.102598
13. Szczeklik A, Gajewski P. Interna Szczeklika 2023. Kraków: Medycyna Praktyczna; 2023.

14. Choi YK, Kim Y-M. Regulation of Endothelial and Vascular Functions by Carbon Monoxide via Crosstalk With Nitric Oxide. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8. doi:10.3389/fcvm.2021.649630
15. Furman-Toczek D, Zagórska-Dziok M, Kruszewski M, Kapka-Skrzypczak L. Tlenek węgla – trucizna czy potencjalny terapeutyk? *Med Srod.* 2016;19(4):59–69. <https://doi.org/10.19243/2016409>
16. Zwierzyńska E, et al. Zatrucie tlenkiem węgla–problemy diagnostyczne. 2014, [Online]. Available: www.neuroedu.pl
17. Stephen RA, Donal SW, Siobhain OB, Michael CR, Daniel CJ. Carbon monoxide poisoning: Novel magnetic resonance imaging pattern in the acute setting. *Int J Emerg Med.* 2012;5(1):30. doi:10.1186/1865-1380-5-30
18. Tapeantong TN, Pongvarin N. Delayed encephalopathy and cognitive sequelae after acute carbon monoxide poisoning: report of a case and review of the literature. *J Med Assoc Thai.* 2009;2(10):1374–1379.
19. Obara K, Budrewicz S, Waliszewska-Prosół M, Rojek A, Ejma M. Toksyczne uszkodzenie mózgu z dominującym zespołem pozapiramidowym i amnestycznym w następstwie zatrucia tlenkiem węgla. *Pol Przegl Neurol.* 2017;13(2):82–87.
20. Kocyba M, Glinka M. Carbon monoxide poisoning – statistics in the last five years. *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa.* 2018;6:691–707. doi:10.16926/tiib.2018.06.49
21. Akin G, et al. Effects of occupational safety performance on work engagement of emergency workers: mediating role of job satisfaction. *Disaster Emerg Med J.* 2023. doi:10.5603/demj.97463
22. Grobelska K, Królikowska A, Telak J. Zatrucie tlenkiem węgla – zadania ratownika na miejscu zdarzenia. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* 2014;34:123–132. doi:10.12845/bitp.34.2.2014.12
23. Zwisler ST, Zincuk Y, Bering CB, Zincuk A, Nybo M, Mikkelsen S. Diagnostic value of prehospital arterial blood gas measurements – a randomised controlled trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2019;27(1):32. doi:10.1186/s13049-019-0612-8
24. Walther LH, Lassen AT, Mogensen CB, Christensen EF, Mikkelsen S. Prehospital blood gas analyses in acute patients treated by a ground-based physician-manned emergency unit: a cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2023;31(1):102. doi:10.1186/s13049-023-01170-1
25. Huang C-C, et al. Risks of Developing Diabetes and Hyperglycemic Crisis Following Carbon Monoxide Poisoning: A Study Incorporating Epidemiologic Analysis and Animal Experiment. *Clin Epidemiol.* 2022;14:1265–1279. doi:10.2147/CLEP.S380990
26. Nañagas KA, Penfound SJ, Kao LW. Carbon Monoxide Toxicity. *Emerg Med Clin North Am.* 2022;40(2):283–312. doi:10.1016/j.emc.2022.01.005
27. Akaiwa Y, Hozumi I, Terashima K, et al. A case suspected of acute gas poisoning by carbon monoxide (CO), presenting with progressive diffuse leukoencephalopathy associated with marked brain edema. *No To Shinkei.* 2002;54(6):493–7. PMID: 12166099
28. Krzyżanowski M, Seroka W, Skotak K. Mortality and Hospital Admissions Due to Carbon Monoxide Poisoning in Poland. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza.* 2014;33:75–82. doi:10.12845/bitp.33.1.2014.9
29. El-Sarnagawy GN, Elgazzar FM, Ghonem MM. Development of a risk prediction nomogram for delayed neuropsychiatric sequelae in patients with acute carbon monoxide poisoning. *Inhal Toxicol.* 2024;36(6):406–419. doi:10.1080/08958378.2024.2374394