



Wytyczne do profilaktyki, rozpoznawania i powrotów do pracy w chorobach zawodowych:

ZATRUCIA OSTRE ALBO PRZEWLEKŁE LUB ICH NASTĘPSTWA WYWOŁANE PRZEZ SUBSTANCJE CHEMICZNE - SIARKOWODÓR (POZ. 1 WYKAZU CHORÓB ZAWODOWYCH)

Charakterystyka toksykologiczna

Siarkowodór jest gazem o silnym, charakterystycznym zapachu zgniłych jaj, wyczuwalnym już przy stężeniu 5 mg/m^3 . Na powietrzu pali się płomieniem niebieskawym z wytworzeniem w zależności od warunków, wody i siarki koloidalnej lub dwutlenku siarki. Dobrze rozpuszcza się w wodzie, w temperaturze 10°C w 1 dm^3 wody rozpuszcza się $3,6 \text{ dm}^3$ tego gazu. Gaz ten można otrzymać działając kwasami (lub niekiedy wodą) na siarczki.

Etiologia (środowiskowa/ zawodowa)

W środowisku naturalnym gaz ten powstaje podczas rozkładu białek w warunkach beztlenowych, jest obecny w niektórych wodach mineralnych, gazach wulkanicznych oraz złożach ropy naftowej i gazu ziemnego.

Ryzyko zawodowego zatrucia związane jest z pracami:

- o podczas czyszczenia szamb, kanalizacji;
- o w przemyśle chemicznym przy produkcji kwasu siarkowego, kwasu solnego, disiarczku węgla, barwników;
- o w fabrykach sztucznego jedwabiu i celulozy;
- o w przemyśle gumowym, metalurgicznym;
- o w koksowniach, gazowniach;
- o w garbarniach, cukrowniach, silosach.

Mimo że siarkowodór wydziela charakterystyczny zapach zgniłych jaj ostrzegający przed obecnością w powietrzu, występuje istotne ryzyko zatrucia, gdyż przy większych stężeniach następuje natychmiastowe porażenie zmysłu węchu (pojawia się anosmia) i

siarkowodór staje się niewyczuwalny. Obowiązujące wartości normatywów higienicznych mają zabezpieczyć pracowników przed szkodliwym działaniem siarkowodoru na: narząd wzroku, drogi oddechowe oraz układ nerwowy. Obecnie normatyw higieniczny NDS w Polsce dla siarkowodoru wynosi 7 mg/m^3 , a NDSCCh 14 mg/m^3 .

Definicja

Ostre zatrucie siarkowodorem to schorzenie charakteryzujące się szybkim rozwojem procesu chorobowego w krótkim okresie po jednorazowym narażeniu. Na ostre zatrucie wskazywać może: nagłe wystąpienie objawów u osoby dotychczas zdrowej lub obecność objawów nietypowych dla istniejącego wcześniej u osoby schorzenia przewlekłego. Dodatkowym potwierdzeniem ostrego zatrucia może być obecność takich samych objawów u osób przebywających w tym samym pomieszczeniu.

Przewlekłe zatrucie jest możliwe w przypadku dłuższego oddziaływania tego gazu w niskich stężeniach na organizm osoby narażonej.

Toksyczność

Mechanizm zatrucia: siarkowodór do ustroju wnika drogą oddechową, a w nieznaczonej ilości przez skórę. Ze względu na swój charakterystyczny zapach jest wyczuwalny w powietrzu w niskich stężeniach, natomiast gorzej w stężeniach niebezpiecznych dla życia ze względu na porażenie zakończeń nerwowych. W organizmie ulega utlenieniu do kwasu siarkowego, który jest następnie wydalany z moczem w postaci wolnych lub sprzężonych siarczanów. Proces ten zachodzi w układzie enzymatycznym z udziałem oksydazy siarczkowej, głównie w wątrobie i nerkach. Niewielka część wchłoniętej dawki jest wydalana w postaci niezmienionej przez płuca. W błonie śluzowej jelit w procesie detoksykacji siarkowodoru bierze też udział S-metylotransferaza tiolowa. Na poziomie komórkowym siarkowodór blokuje enzymy biorące udział w cyklach oddechowych, np. enzymy oksydoredukcyjne, co tym samym prowadzi do zahamowania procesów oddychania komórkowego. Ponadto jon SH^- powoduje zablokowanie kanału K^+ , co prowadzi do hiperpolaryzacji neuronów oraz do uaktywnienia różnych procesów hamujących przewodzenie w układzie nerwowym. Siarkowodór wykazuje powinowactwo do hemoglobiny, z którą łączy się dając sulfomethemoglobinę.

Dawki i stężenia toksyczne

- próg wyczuwalności węchowej szacuje się na 0,007 – 0,028 mg/m³;
- intensywny zapach – 4,2-7 mg/m³;
- próg działania drażniącego - stężenie 20 mg/m³;
- stężenia 60-70 mg/m³ – działanie drażniące na oczy i błony śluzowe układu oddechowego;
- stężenia 150-300 mg/m³ – po kilku godzinach powodują objawy ciężkiego zatrucia;
- stężenia 700-900 mg/m³ (490-630ppm) przez 30 min jest niebezpieczne dla życia;
- stężenie powyżej 1000 mg/m³ (700 ppm) – utrata przytomności i zgon w ciągu kilku minut;
- stężenie powyżej 1200 mg/m³ (840 ppm) – natychmiastowy zgon

Objawy zatrucia siarkowodorem:

- Narażenie na stężenia od 70 mg/m³ (50 ppm) w okresie 2-15 min powoduje porażenie zakończeń węchowych w błonie śluzowej nosa;
- Stężenia 214 – 430 mg/m³ (150-300 ppm) powodują zapalenie spojówek, ból oczu, światłowstręt, łzawienie i obrzęk powiek. Pojawiają się również objawy działania drażniącego na błony śluzowe dróg oddechowych, przyśpieszony oddech, kaszel z krwiopluciem, bóle w klatce piersiowej;
- Dłuższe narażenie - przez około 30 min – na stężenia 700-900 mg/m³ (490-630 ppm) może spowodować wystąpienie toksycznego obrzęku płuc – nawet do 72 godz. od momentu narażenia;
- Dodatkowo mogą wystąpić objawy ze strony przewodu pokarmowego – ślinotok, nudności, wymioty, biegunka, rozlane bóle brzucha;
- Stężenia 360-700 mg/m³ (250-500 ppm) powodują wystąpienie dolegliwości ze strony układu krążenia, m. in.: bradykardii, tachykardii lub innych zaburzeń rytmu. Układ sercowo-naczyniowy najczęściej reaguje jednak spadkiem lub podwyższeniem ciśnienia tętniczego krwi;
- Działanie toksyczne na ośrodkowy układ nerwowy powoduje bóle i zawroty głowy, zaburzenia widzenia, oczopląs, zaburzenia równowagi, niepokój, halucynacje, drgawki, prowadząc do utraty przytomności i śpiączki.

Symptomatologia uszkodzenia układu nerwowego jest wielopostaciowa. W lekkim zatruciu cechy uszkodzenia układu nerwowego są przemijające i należą do nich:

- zawroty i bóle głowy;
- zaburzenia widzenia;
- zaburzenia równowagi.

W zatruciach ciężkich dochodzi do nieodwracalnych uszkodzeń układu nerwowego, pod postacią:

- polineuropatii;
- uszkodzenie pnia mózgu z objawami parkinsonoidalnymi;
- zaburzeń psychicznych z zaburzeniami pamięci i afektu, spowolnieniem toku myślenia, demencją, co daje obraz encefalopatii toksycznej.

W ciężkich zatruciach może również wystąpić uszkodzenie wątroby i nerek. Działanie drażniące na skórę spowodowane jest tworzeniem na powierzchni siarczanu sodu – związku o silnych właściwościach alkalicznych. W obrazie krwi może wystąpić spadek leukocytów wielojądrzastych z leukocytozą.

Bezpośrednim następstwem ostrego zatrucia mogą być:

- ostre zapalenie oskrzeli;
- zachyłkowe zapalenie płuc;
- uszkodzenie mięśnia sercowego, ośrodkowego i obwodowego układu nerwowego;
- uszkodzenie rogówki.

Toksyczne skutki zdrowotne przewlekłego zatrucia wynikające z oddziaływania małych stężeń siarkowodoru mogą prowadzić do zespołu objawów podmiotowych podobnych do przewlekłego narażenia na tlenek węgla (II). Osoby ekspozowane podają:

- bóle i zawroty głowy;
- zmęczenie;
- zaburzenia snu;
- osłabienie sprawności umysłowej;
- narastające napięcie nerwowe;
- niekiedy nudności, brak łaknienia;
- nadmierne pocenie się;
- kołatanie serca, uporczywy spadek ciśnienia tętniczego krwi;
- objawy działania drażniącego gazu na błony śluzowe górnych i dolnych dróg oddechowych. W/w zaburzeniach mogą towarzyszyć zmiany w badaniach czynnościowych płuc oraz w reaktywności oskrzeli;
- objawy działania drażniącego na rogówkę - bolesne erozje rogówki.

Diagnostyka

Proces diagnostyczny obejmuje:

- ustalenie okoliczności zdarzenia, źródła, drogi i czasu narażenia;
- ocena warunków pracy (m.in.: organizacji pracy, wyniki pomiarów siarkowodoru wykonywanych na stanowisku pracy, stosowane przez pracownika środki ochrony osobistej);
- ocenę stanu klinicznego pacjenta pod kątem objawów ze strony praktycznie wszystkich układów i narządów.

Przebieg zatrucia może być prawie bezobjawowy (lekkie zatrucie), ale również charakteryzować się obecnością objawów swoistych dla ciężkiego zatrucia. Zidentyfikowanie objawów zatrucia i jego ciężkości decyduje o dalszym postępowaniu lekarskim.

Proponowane badania laboratoryjne:

- krew: morfologia, glukoza, równowaga kwasowo-zasadowa, mleczany (możliwość wystąpienia kwasicy mleczanowej!), elektrolity, ALT, AST, bilirubina;
- mocz – badanie ogólne ze zwróceniem uwagi na albuminurię, hematurię;
- ekg;

- rtg klatki piersiowej;
- spirometria.

W rozpoznaniu uszkodzeń układu nerwowego należy dążyć do przeprowadzenia:

- konsultacji neurologicznej;
- badań dodatkowych – EEG, ENeG;
- badania tomografii komputerowej i/lub magnetycznego rezonansu jądrowego - obecność zmian patologicznych w jądrach podstawy mózgu i otaczającej substancji białej (w przebiegu ciężkiego zatrucia).

ROZPOZNANIE CHOROBY ZAWODOWEJ

Rozpoznanie zatrucia siarkowodorem jako choroby zawodowej ustala się na podstawie: wywiadu, okoliczności zdarzenia wskazującego na narażenie na związek chemiczny, obrazu klinicznego oraz badań dodatkowych. Ważne znaczenie ma prześledzenie dokumentacji medycznej z badań profilaktycznych wykonywanych w trakcie pracy zawodowej, a w szczególności wyników badania wstępnego, stanowiącego punkt odniesienia do późniejszych porównań stanu zdrowia dokonywanych na badaniach okresowych. Konieczne jest również przeprowadzenie diagnostyki różnicowej w celu poznania i wyeliminowania wszelkich możliwych czynników przyczynowych pochodzenia pozazawodowego.

OPIEKA PROFILAKTYCZNA NAD PRACOWNIKIEM

Wskazówki metodyczne w sprawie przeprowadzania badań profilaktycznych pracowników stanowiące Załącznik nr 1 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 12 listopada 2020 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy regulują minimalny zakres i częstotliwość badań profilaktycznych dla osób wykonujących pracę w narażeniu na siarkowodór (tabela 1, 2).

Tabela 1. Zakres badań profilaktycznych pracowników narażonych na siarkowodór

Badanie wstępne	badanie ogólnolekarskie ze zwróceniem uwagi na: układ oddechowy, błony śluzowe oczu, układ nerwowy i sprawność powonienia, spirometria
Badanie okresowe	badanie ogólnolekarskie ze zwróceniem uwagi na: układ oddechowy, błony śluzowe oczu, układ nerwowy i sprawność powonienia, spirometria

Tabela 2. Częstotliwość badań osób pracujących w narażeniu na siarkowodór

Badanie wstępne	przy przyjęciu do pracy
Badanie okresowe	co 2-4 lata

Uwaga

Lekarz przeprowadzający badanie profilaktyczne może poszerzyć jego zakres o dodatkowe specjalistyczne badania lekarskie (np. konsultację kardiologiczną, neurologiczną, okulistyczną), a także wyznaczyć krótszy termin następnego badania, jeżeli stwierdzi, że jest to niezbędne do prawidłowej oceny stanu zdrowia pracownika lub osoby przyjmowanej do pracy. Uzasadnienie poszerzenia zakresu badania powinno zostać wpisane do dokumentacji medycznej.

W pracach narażających na siarkowodór nie powinno się zatrudniać osób z:

- przewlekłą obturacyjną chorobą płuc;
- astmą oskrzelową;
- przewlekłym przerostowym i zanikowym zapalenie błon śluzowych górnych dróg oddechowych;
- zaburzeniami powonienia;
- przewlekłymi stanami zapalnymi błon śluzowych oczu;
- chorobami ośrodkowego układu nerwowego.

Wymienione przeciwwskazania dotyczą kandydatów do pracy. O przeciwwskazaniach w przebiegu trwania zatrudnienia powinien decydować lekarz sprawujący opiekę

profilaktyczną, biorąc pod uwagę wielkość i okres trwania narażenia zawodowego oraz ocenę stopnia zaawansowania i dynamikę zmian chorobowych.

Powrót do pracy

W przypadku zatrucia zakończonego wyzdrowieniem, bez powikłań okres niezdolności do pracy jest stosunkowo krótki, a pracownik po jego zakończeniu wraca na dotychczasowe stanowisko pracy. Przebycie ciężkiego zatrucia stanowi przeciwwskazanie do ponownej styczności z substancją toksyczna będącą czynnikiem etiologicznym ostrego zatrucia, jak również z innymi czynnikami chemicznymi wykazującymi działanie niepożądane w stosunku do uszkodzonych narządów i/lub układów. W przypadku wystąpienia powikłań okres niezdolności do pracy wydłuża się i w niektórych przypadkach zachodzi konieczność uznania częściowej lub trwałej utarty zdrowia.

Uwaga

W zapobieganiu zatruciu istotne jest przestrzeganie przepisów bhp przez pracownika. Podczas pracy pracownik powinien używać odpowiedniej odzieży roboczej i ochronnej oraz sprzętu ochrony osobistej (kombinezony, półmaski, maski gazowe, rękawice, okulary). Wszyscy pracownicy powinni być przeszkoleni do pracy z substancjami chemicznymi, muszą posiadać wiedzę o zagrożeniach i ryzyku na danym stanowisku pracy, sposobach ich minimalizacji oraz zasadach postępowania w przypadku awarii i udzielania pierwszej pomocy.

PIŚMIENNICTWO:

1. ATSDR. Toxicological Profile for Hydrogen Sulfide and Carbonyl Sulfide. 2016.
2. Brenneman K A, Meleason D F, Sar M, Marshal M W, James R A, Gross E A, Martin J T, Dorman D C. Olfactory Mucosal Necrosis in Male CD Rats Following Acute Inhalation Exposure to Hydrogen Sulfide: Reversibility and the Possible Role of Regional Metabolism. *Toxicol. Pathol.* 2002, 30: 200–208.
3. Buszewicz G. Gazy toksyczne, palne oraz inertne. W: *Medycyna sądowa*. Teresiński G [red]. PZWL, Warszawa, 2020, 265-279.
4. Holstege Ch P, Kirk M A. Cyanide and hydrogen sulfide. In: Nelson I S et al [ed]. *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*, New York, McGraw-Hill Education: 2019, 1684-1693.
5. Jappinen P, Vilkkka V, Marttila O, Haahtela T. Exposure to hydrogen sulphide and respiratory function. *Br. J. Ind. Med.* 1990a, 47, 824–828.
6. Kołaciński Z. Ostre zatrucia. Kompendium prewencji, diagnostyki i terapii. Część I. Zatrucie gazami. Instytut Medycyny Pracy im prof. dra med. Jerzego Nofera. Łódź, 1996:94-98.
7. Mousa H A.-L. Short-term effects of sub chronic low-level hydrogen sulfide exposure on oil field workers. *Environ. Health Prev. Med.* 2015, 20: 12–17.
8. Nelson L S, Odujebi O A. Simple asphyxiants and pulmonary irritants. *Goldfrank's Toxicologic Emergencies*. 11th edition. MCGraw-Hill Education, New York, 2019, 1651-1662.
9. Panasiuk L, Król M, Szponar E, Szponar J. Ostre zatrucia. *Praktyka lekarza rodzinnego*. PZWL, Warszawa, 2010, 91-92.
10. Skoczyńska M, Wojakowska A, Wojtas K, Turczyn B, Banaś J, Ścieszka B, Banaś P, Skoczyńska A. Skutki zdrowotne narażenia na siarkowodór (H₂S) u mieszkańców okolic szybu wentylacyjnego kopalni miedzi. *Med. Środow.* 2018, 21:3:14-21.
11. Stetkiewicz J. Siarkowodór. Dokumentacja dopuszczalnych wartości narażenia zawodowego. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* 2011,70:97–117,
12. Świątkowska B, Hanke W, Szeszenia-Dąbrowska N. *Choroby Zawodowe w Polsce w 2018 roku*. Instytut Medycyny Pracy. Centralny Rejestr Chorób Zawodowych, Łódź 2019.