

Beata Solińska-Lewna

Aleksander Hermelin

ZATRUCIE FOSGENEM — ANALIZA PRZYPADKÓW

PHOSGENE POISONING: CASE REPORTS

Wielospecjalistyczny Szpital Miejski, Bydgoszcz

Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii

STRESZCZENIE

W dniu 9 kwietnia 1998 r. na terenie Zakładów Chemicznych ZACHEM S.A. w Bydgoszczy doszło do awarii, której skutkiem było śmiertelne zatrucie fosgenem dwóch pracowników. Od tego tragicznego wypadku minęło 11 lat. W tym czasie miały miejsce kolejne przypadki ekspozycji na fosgen, jednak wszystkie te zdarzenia zakończyły się całkowitym powrotem do zdrowia poszkodowanych. Celem pracy jest prezentacja przebiegu i objawów zatrucia oraz omówienie podjętych działań, które przyczyniły się do uratowania osób narażonych na toksyczne działanie fosgeny. Med. Pr. 2010;61(1):101–104

Słowa kluczowe: fosgen, zatrucie, schemat postępowania

ABSTRACT

On April 9, 1998, there was a break-down in the Chemical Plant ZACHEM S.A. in Bydgoszcz, which resulted in two cases of lethal phosgene poisoning. Over ten years have passed since that accident. During that period there were new cases of exposure to phosgene, however, all of the victims recovered completely. The aim of this paper was to present stages and symptoms of phosgene poisoning and discuss the undertaken procedures, which led to the recovery of people exposed to toxic effect of phosgene. Med Pr 2010;61(1):101–104

Key words: phosgene, poisoning, procedure

Adres autorów: Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wielospecjalistyczny Szpital Miejski,

ul. Szpitalna 19, 85-256 Bydgoszcz, e-mail: beatalewna@wp.pl

Nadesłano: 21 października 2009

Zatwierdzono: 2 listopada 2009

WSTĘP

Fosgen COCl_2 (tlenochlorek węgla, chlorek karbonylu) jest bezbarwnym, toksycznym gazem o charakterystycznym, słodkawym zapachu skoszonego siana (1). Jest to gaz cięższy od powietrza, rozpuszcza się w rozpuszczalnikach organicznych, a w wodzie ulega hydrolizie. W temperaturze poniżej 7 stopni Celsjusza występuje w postaci żółtawej cieczy — w tej formie jest transportowany. W temperaturze pokojowej ma postać gazu. Podczas wybuchów tworzy początkowo białawą, a potem bezbarwną chmurę gazu cięższego od powietrza.

Fosgen jest używany w przemyśle chemicznym jako półprodukt w syntezie izocjanianów, poliuretanów, węglowodorów chlorowanych, barwników azotowych oraz przy wytwarzaniu niektórych leków (1).

W Polsce jedynym producentem fosgeny są Zakłady Chemiczne ZACHEM S.A. w Bydgoszczy. Produkuje się w nich ok. 60 tys. ton fosgeny rocznie i prawie w całości wykorzystuje na miejscu do produkcji izocjanianów (2). Obecnie, po modernizacji instalacji do zatruc

fosgenem dochodzi tam rzadko, najczęściej w przypadku awarii i katastrof przemysłowych.

W opublikowanych doniesieniach odnotowano kilka przypadków zatrucia fosgenem u osób, które teoretycznie nie powinny mieć z nim bezpośredniej styczności, np. podczas użycia czterochlorku węgla do gaszenia pożaru lub w czasie rozkładu trichloroetyleny podczas spawania (oba związki rozkładają się termicznie do fosgeny) (3). Odnotowano także śmiertelny wypadek murarza zatrutego fosgenem, uwolnionym z odłamka cegły (tu fosgen był produktem ubocznym przy produkcji chloru glinu), a także przypuszczalny przypadek ekspozycji na fosgen u pracownika pralni chemicznej (praca w pomieszczeniu o wysokim stężeniu trichloroetyleny), który często palił papierosy w tym pomieszczeniu (4).

Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) dla fosgeny według Centralnego Instytutu Ochrony Pracy w Polsce wynosi $0,08 \text{ mg/m}^3$ (0,1 ppm) natomiast najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCH) — $0,16 \text{ mg/m}^3$ (0,3 ppm). Najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe (NDSP) nie zostało ustalone (2).

Efekt toksyczny wiąże się z wielkością narażenia na fosgen:

- stężenie 3 ppm — najniższe stężenie powodujące podrażnienie błon śluzowych gardła,
- stężenie 4 ppm — natychmiastowe podrażnienie oczu,
- stężenie 25 ppm — podrażnienie dolnych dróg oddechowych (przy krótkiej ekspozycji),
- stężenie 25 ppm — zgon (po 30–60 minutach ekspozycji),
- stężenie 50 ppm — zgon (nawet po krótkiej ekspozycji),
- stężenie 3 ppm przez 170 minut — zgon (5,6).

Drażniący zapach fosgenu nie jest dostatecznie wyczuwalny przy niebezpiecznych stężeniach. Doświadczona osoba jest w stanie rozpoznać stężenia od 0,5 ppm, dające „słodki” zapach. Przy stężeniu 1 ppm występuje zapach przypominający stęchłe siano. Pracownicy mający kontakt z fosgenem mogą utracić zdolność rozpoznawania niskich stężeń na skutek przyzwyczajenia się do zapachu (7).

Zatrucie fosgenem następuje drogą inhalacyjną. Gaz działa miejscowo na błonę śluzową górnych i dolnych dróg oddechowych oraz oczu. Bardzo krótki okres połowicznego rozpadu (0,026 sekundy) wyklucza możliwość kumulowania się fosgenu w organizmie. Mechanizm biologicznego działania fosgenu pozostaje nieznan. Przepuszcza się jednak, że jego toksyczność wynika z acylowania protein oraz miejscowego powstawania kwasu solnego podczas reakcji hydrolizy (3).

Wyróżnia się trzy postaci kliniczne zatrucia:

- ciężka — śmierć następuje prawie natychmiast,
- umiarkowana — trwa 1 do 24 godzin i charakteryzuje się trzema okresami: podrażnienia, pozornej remisji i obrzęku płuc,
- lekka — objawy kliniczne słabo wyrażone, jednak istnieje zagrożenie obrzękiem płuc.

Typowa dla zatrucia jest trójfazowa odpowiedź organizmu:

- faza początkowa — mogą przelotnie wystąpić: podrażnienie gardła, kaszel, ból w klatce piersiowej, nudności oraz duszności,
- faza utajenia — trwa od 1 do 24 godzin, samopoczucie poszkodowanego dobre,
- faza obrzęku — gwałtowne pogorszenie stanu zdrowia, pojawia się duszność, kaszel i rozwija się niekardiogeny obrzęk płuc, w części przypadków prowadzący do zgonu.

Długotrwała ekspozycja na niskie stężenia fosgenu może spowodować opóźniony obrzęk płuc, natomiast ekspozycja na wysokie stężenia powoduje śmierć na-

tychmiastową. Mogą wystąpić objawy miejscowe (przy kontakcie z ciekłym fosgenem) pod postacią podrażnienia oczu (łzawienie, obrzęk spojówek, fotofobia, zmętnienie i perforacja rogówki) oraz skóry (palenie, pieczenie, a nawet martwica) (1,2).

Chory, który przeżyje ciężkie zatrucie fosgenem zazwyczaj powraca całkowicie do zdrowia (8). Część poszkodowanych podaje zmniejszoną tolerancję wysiłku lub ograniczoną sprawność fizyczną w okresie od kilku miesięcy do kilku lat po wypadku. Skutki działania na pozostałe narządy występują rzadko i są wynikiem niedotlenienia.

Następstwa działania toksycznego przy przewlekłym narażeniu zawodowym nie są znane. W dostępnym piśmiennictwie nie ma informacji o możliwym działaniu rakotwórczym lub mutagennym fosgenu. Nie ma też wystarczających danych do oceny działania embriotoksycznego i teratogenego. Opisano przypadek 3-godzinnego narażenia kobiety w 7. miesiącu ciąży, u której wystąpił obrzęk płuc. Była ona hospitalizowana, a po 2 miesiącach urodziła zdrowe dziecko (2).

OPIS PRZYPADKÓW

W latach 1998–2009 miało miejsce 41 przypadków ekspozycji na fosgen, z czego:

- brak objawów zatrucia — 26 przypadków (63,4%),
- zatrucie stopnia lekkiego — 12 przypadków (29,3%),
- zatrucie stopnia umiarkowanego — 3 przypadki (7,3%).

Dolegliwości zgłoszone w wywiadzie przez 15 poszkodowanych to:

- pieczenie, drapanie w gardle — 6 osób (40%),
- duszność — 8 osób (53%),
- kaszel — 2 osoby (13%),
- ból w klatce piersiowej — 2 osoby (13%),
- zgaga — 2 osoby (13%),
- zawroty głowy — 2 osoby (13%),
- inne: szczypanie języka — 1 osoba (7%), nadmierne pocenie — 1 osoba (7%), dekoncentracja — 1 osoba (7%).

Badaniem przedmiotowym stwierdzono następujące objawy:

- przekrwienie śluzówek oczu i nosa — 8 osób (53%),
- pokrzywka na skórze twarzy i szyi — 1 osoba (7%).

Wyniki podstawowych badań laboratoryjnych (takich jak morfologia krwi, glikemia, jonogram, poziom substancji azotowych i transaminaz) u wszystkich hospitalizowanych mieściły się w granicach normy, podobnie jak wartości ciśnienia parcjalnego

tłenu PaO₂ w badaniu gazometrycznym krwi włośniczkowej. W badaniach kontrolnych u 23% pacjentów po ekspozycji wartość PaO₂ uległa obniżeniu o średnio 20 mm Hg, u 38% utrzymywała się na tym samym poziomie, a w 39% przypadków uległa podwyższeniu średnio o 22 mm Hg. Wzrost wysycenia krwi tlenem wiązać można ze stosowaniem u wszystkich hospitalizowanych tlenoterapii biernej (3 l/min).

Żadna z ekspozycji nie zakończyła się zgonem poszkodowanego i u nikogo nie wystąpił obrzęk płuc. Wszyscy poszkodowani zostali wypisani ze szpitala w stanie ogólnym dobrym.

OMÓWIENIE

Bezpośrednio po ekspozycji na fosgen — ze względu na okres utajenia, trudności w ustaleniu stężenia fosgeny w powietrzu i czasu ekspozycji w czasie awarii — bardzo trudno prognozować dalszy przebieg zatrucia. Przykładem może być przypadek robotnika, który pracował na otwartej przestrzeni i był zabezpieczony maską, a po wyczuciu zapachu fosgeny natychmiast opuścił teren skażenia i zmienił odzież. Po 2-godzinnym okresie utajenia pojawiła się u niego duszność będąca zwiastunem zapalenia płuc, które rozwinęło się w dalszym przebiegu zatrucia (doświadczenie własne).

W związku z trudnym do przewidzenia przebiegiem zatrucia fosgenem w Szpitalu Miejskim w Bydgoszczy opracowano, w oparciu o piśmiennictwo i wytyczne Centralnego Instytutu Ochrony Pracy, algorytm postępowania z poszkodowanymi. Zdecydowano o konieczności 24-godzinnej obserwacji wszystkich osób po ekspozycji na fosgen. Poszkodowanym udzielano pomocy według schematu przedstawionego w tabeli 1. i 2.

Analiza przypadków prowokuje do pytania, czy stosowanie leków u wszystkich poszkodowanych ma uzasadnienie i czy może jednak należy stosować je jedynie w przypadkach, w których poszkodowani sami zgłaszają występowanie klinicznych objawów zatrucia. W wyborze postępowania niezwykle istotny jest wywiad dotyczący ekspozycji oraz informacje uzyskane z indykatora indywidualnego, którego zmiana zabarwienia świadczy o obecności fosgeny, a intensywność koloru o jego stężeniu. Z naszych doświadczeń wynika, że absolutnie niezbędna jest 24-godzinna obserwacja w warunkach szpitalnych wszystkich osób po ekspozycji na fosgen. Osobom tym należy zapewnić spokój i ograniczenie aktywności fizycznej. Personel medyczny obowiązuje czujność — obserwacja kliniczna i częste badanie przedmiotowe układu oddechowego.

Tabela 1. Schemat postępowania wobec narażonych na toksyczne działanie fosgeny na szpitalnym oddziale ratunkowym
Table 1. Algorithm for the procedure of medical treatment in case of toxic exposure to phosgene to be applied in emergency unit

Zatrucie fosgenem Schemat postępowania na szpitalnym oddziale ratunkowym
1. Zebrać informacje od poszkodowanych i służb ratowniczych.
2. Zmienić odzież, jeśli skażenie skóry — pryszcic całego ciała.
3. Przy skażeniu oczu — przemyć oczy wodą.
4. Pozycja półsiedząca — ograniczenie wysiłku fizycznego, zapewnić spokój, rozważyć sedację.
5. Tlenoterapia bierna — tlen cewnikiem: 3 l/min.
6. Sterydy wziewne — Budesonid: 2–5 wziewów co 10 minut w zależności od stanu pacjenta.
7. Zapewnić dostęp żylny.
8. Wykonać badania — morfologia krwi, jonogram, gazometria, transaminazy, mocznik, kreatynina, CRP, rtg. klatki piersiowej, ekg., w ciężkich zatruciach stężenie wolnej hemoglobiny.
9. Kwalifikacja poszkodowanych do odpowiednich oddziałów szpitalnych.

Tabela 2. Schemat postępowania na oddziale intensywnej terapii w zatruciach fosgenem
Table 2. Algorithm for the procedure of medical treatment in case of phosgene poisoning to be applied in intensive care unit

Zatrucie fosgenem Schemat postępowania na oddziale intensywnej terapii
1. Monitorowanie układu krążenia i oddechowego: <ul style="list-style-type: none"> — pomiar ciśnienia tętniczego, ekg., pulsoksymetria, — ośrodkowe ciśnienie żyłne (OCŻ), linia tętnicza, — diureza godzinowa, — badania laboratoryjne, — rtg. płuc — badanie kontrolne w razie zaostrzenia objawów niewydolności oddechowej, — badanie przedmiotowe co 4 godziny lub częściej, zależnie od stanu chorego.
2. Leczenie tlenem: <ul style="list-style-type: none"> — tlenoterapia bierna, — wentylacja mechaniczna z dodatnim ciśnieniem końcowo-wydechowym.
3. Leczenie farmakologiczne: <ul style="list-style-type: none"> — sterydy wziewne — Budesonid: 2–5 wziewów, — sterydy dożylne — Solu-Medrol: 1 g w 30-minutowym wlewie, — niesterydowe leki przeciwzapalne — Ibuprofen: 3× 200–400 mg doustnie, — środki sedatywne, — leczenie objawowe w zależności od stanu chorego — rozważyć aminophillnę, n-acetylocysteinę, beta-mimetyki, środki moczopędne, katecholaminy, — antybiotykoterapia — ceftriakson: 1×1 g.

Nie wolno lekceważyć nawet najdrobniejszych objawów zatrucia, bowiem po fazie utajenia, w której brak jakichkolwiek objawów, obrzęk płuc może rozwinąć się gwałtownie, nawet w ciągu kilku minut.

Usystematyzowanie postępowania ma szczególne znaczenie w przypadku zbiorowych zatruc. Takie zdarzenie miało miejsce w styczniu 2003 roku, po awarii linii przesyłowej fosgeny, kiedy to działaniu chmury fosgeny poddanych było kilkanaście osób. Dzięki sprawnej akcji służb ratowniczych, szybkiemu transportowi oraz działaniom na terenie szpitala nikt z poszkodowanych nie odniósł ciężkich obrażeń.

Umowa między Zakładami Chemicznymi „Zachem” a Szpitalem Miejskim w Bydgoszczy zakłada zminimalizowanie szkodliwych skutków awarii linii produkcyjnej lub przesyłowej fosgeny. Na terenie przedsiębiorstwa podjęto m.in. następujące działania:

- powołano Stację Ratownictwa Chemicznego,
- stworzono schemat działań w razie awarii,
- wprowadzono indywidualne indykatory fosgeny,
- wprowadzono szkolenia pracowników w zakresie BHP,
- wprowadzono szkolenia pracowników w zakresie udzielania I pomocy na miejscu wypadku,
- zorganizowano sprawny transport poszkodowanych do szpitala.

Ze strony szpitala zobowiązano się do hospitalizacji poszkodowanych pracowników, doskonalenia personelu w udzielaniu fachowej pomocy oraz utrzymywania całodobowej gotowości do udzielania pomocy medycznej w tym zakresie.

WNIOSKI

Nasze wieloletnie doświadczenie w opiece nad narażonymi na działanie fosgeny skłania nas do przedstawienia następujących wniosków:

1. Potrzebna jest współpraca między producentem fosgeny a szpitalem — stworzenie algorytmu postępowania w przypadku narażenia (szybka informacja i transport).

2. Po każdej ekspozycji na fosgen konieczna jest 24-godzinna hospitalizacja.
3. Zastosowanie indywidualnych indykatorów fosgeny ułatwia prognozowanie ciężkości zatrucia.
4. W trakcie hospitalizacji jedynym sposobem wczesnego rozpoznania ciężkich powikłań jest systematyczne badanie poszkodowanych.
5. Szpital na oddziale intensywnej terapii dysponuje stanowiskami do leczenia ostrej niewydolności oddechowej i wstrząsu w przebiegu zatrucia.

PIŚMIENNICTWO

1. Ostre zatrucia. Zatrucia gazami. Cz. 1. Kompendium prewencji, diagnostyki i terapii. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 1996
2. Knapik R.: Fosgen. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. *Podst. Met. Oceny Środow. Pr.* 2003;37(3): 109–124
3. World Health Organization. Environmental Health Criteria 193: Phosgene. WHO, Geneva 1997. Adres: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc193.htm>
4. National Institute of Occupational Safety and Health. Criteria Document: Phosgene. DHEW Pub. NIOSH 1976;76–137:31–33. Adres: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/phosgene>
5. Guidelines for action in the event of a deliberate release. Department of Health UK. 2004. Adres: <http://www.dh.gov.uk/>
6. Clayton G.D., Clayton F.E.: *Patty's Industrial Hygiene and Toxicology*. Wyd. 4. Toxicology, New York 1991
7. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Tomy I–III. ACGIH, Cincinnati 1991. Adres: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.27-c8>
8. U.S. Environmental Protection Agency. Health Assessment Document for Phosgene. EPA, Washington 1986, ss. 4–41. Adres: <http://www.epa.gov>