

[Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)
[.net](#)
[Innowacje](#)
[Nauka](#)
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

Toksyczność tlenków azotu a bezpieczeństwo pracy

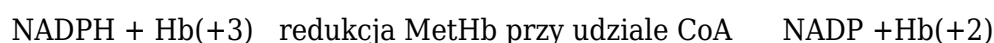
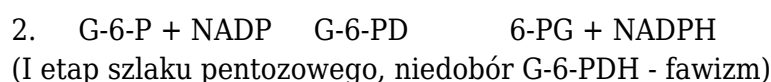
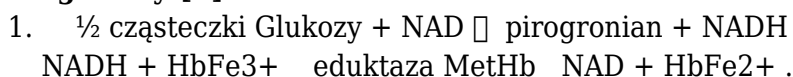
WSTĘP:



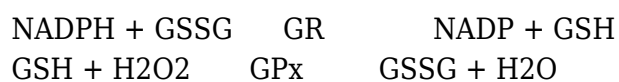
Tlenki azotu są jednymi z groźniejszych składników skażających atmosferę. Uważa się je za prawie dziesięciokrotnie bardziej szkodliwe od tlenku węgla, a kilkakrotnie od dwutlenku siarki. Cały szereg reakcji fotochemicznych, w których uczestniczą tlenki azotu, czyni się odpowiedzialnymi za powstanie tzw. smogu, zjawiska klimatycznego dezorganizującego normalną działalność człowieka i szczególnie niebezpiecznego dla żywych organizmów [2]. Spośród sześciu związków tego typu istotne znaczenie mają dwutlenek i tlenek azotu. Występują one najczęściej razem i razem decydują o rozwoju klinicznej patologii. Zarówno tlenek azotu jak i dwutlenek azotu występują przede wszystkim w środowiskach miejskich i są to związki powstające na skutek działalności człowieka. Źródłem ich emisji są wymagające wysokich temperatur procesy spalania z dostępem powietrza. Oba te związki występują w gazach spalinowych ale przeważa tlenek azotu. Dwutlenek azotu uważa się za bardziej toksyczny, stanowi on przeważającą część związków azotu powstających podczas wybuchów dynamitu, przy produkcji kwasu azotowego, siarkowego, celulozy, nawozów, podczas spawania i w procesach gnilnych (silosy). NDS dla dwutlenku azotu wynosi 5 mg/m³ [1]. Próg wyczuwalności zapachu i efektów drażniących jest zbliżony i waha się w granicach 0,23- 0,41 mg/m³. Kilkuminutowa ekspozycja na stężenia 7,5 - 9,4 mg/m³ powoduje wyraźny wzrost oporów oddechowych utrzymujący się kilkadziesiąt minut po zaprzestaniu inhalacji. Reaktywność oskrzeli wzrasta u większości chorych na astmę w odpowiedzi na stężenia 0,19 - 0,38 mg/m³ stąd jasny wniosek dla działań profilaktycznych przede wszystkim przy kwalifikowaniu do pracy. Ostra, krótkotrwała ekspozycja na wysokie stężenia 94 - 7500 mg/m³ powoduje obrzęk płuc i zgon, a jeśli chory przeżyje ostrą fazę rozwija się włóknikowo - zakrzepowe zapalenie oskrzelików i zapalenie płuc (choroba silosowa). Chorobie tej towarzyszy ciężki skurcz oskrzeli, a w jego następstwie rozwija się rozedma. Przewlekła ekspozycja zawodowa sprzyja prawdopodobnie rozwojowi przewlekłych zapaleń oskrzeli i rozedmy płuc. Ponadto sugeruje się zwiększoną podatność na infekcje dróg oddechowych w tej grupie narażonych[8].

I. DLACZEGO TLENKI AZOTU SĄ TOKSYCZNE?

A) Mechanizmy służące utrzymaniu równowagi pomiędzy zredukowaną a utlenioną formą hemoglobiny [1]:



3. Trzeci mechanizm służący utrzymaniu Hb w stanie zredukowanym polega na udziale GSH



(Nadtlenek wodoru może być przyczyną utleniania Hb)

B) Fowizm [7].

- osobniki z deficytem G-6-PD nie mogą jeść fasoli – fava (glikozydy purynowe)
- na fowizm cierpiał np. Pitagoras
- następuje liza erytrocytów, wydalanie ciemnego lub czarnego moczu
- u tych osób nie jest możliwy wzrost zarodźca malarii
- osoby z deficytem G6PD nie mogą produkować dostatecznej ilości GSH do ochrony przed RTF
- wskutek tego powstaje w ich czerwonych krwinkach niekontrolowane usieciowanie białek, prowadzące do powstania ciałek Heinza / strąków białkowych/
- anemia hemolityczna
- nosiciele defektywnych genów nie mają zwykle niedokrwistości i innych objawów chorobowych do czasu, gdy ich czerwone ciała nie są narażone na utleniacze.
- leki, które mogą wywoływać reakcje chorobowe:
 - środki przeciomalaryczne
 - sulfonamidy
 - NLPZ
 - nitrofurantoina
 - Chinidyna, chinina

C) Wchłanianie tlenków azotu[2]:

- dobrze wchłaniają się z przewodu pokarmowego – żołądek, jelito (odcinek dwunastniczy) do krwi
- przenikanie odbywa się na zasadzie transportu aktywnego
- z krwi przenoszone są do wszystkich tkanek
- w zależności od pH soku żołądkowego, mikroflory, substancji pokarmowych azotany mogą przechodzić w azotyny – związki o działaniu methemoglobinotwórczym
- przemianom takim sprzyja obniżona kwasowość soków żołądkowych – $\text{pH} > 4$, co powoduje występowanie w górnym odcinku przewodu pokarmowego nadmiernego rozwoju bakterii redukujących azotany do azotynów

D) Wydalanie[2]:

- azotany wydalają się z moczem – w ciągu godziny ok. 90% dawki
- w przypadku infekcji bakteryjnej pęcherza moczowego azotany zredukowane są do azotynów i w tej postaci wydalone z moczem

E) Mechanizm działania toksycznego [2]:

- toksyczność azotynów jest ok. 10 x większa niż azotanów, a związane jest to z ich silnymi właściwościami utleniającymi
- przejawem tego działania jest utlenianie Fe^{2+} hemoglobiny do Fe^{3+} , w efekcie powstaje methemoglobina, która nie ma zdolności odwracalnego wiązania tlenu
- w konsekwencji dochodzi do niedotlenienia OUN
- obraz zatrucia ostrego zależy od stężenia methemoglobiny we krwi

F) Oznaczanie: test bibułkowy[4]

- MetHb – krew koloru czekoladowego, kolor nie zmienia się w czasie
- DeoxyHb – kolor ciemnoczerwony, ale jaśnieje pod wpływem powietrza

II. KLASYFIKACJA TLENKÓW AZOTU [1,2]:

a) Tlenki azotu klasyfikuje się na podstawie stopnia utlenienia azotu:

- Podtlenek azotu (N₂O)
- Tlenek azotu (NO)
- Dwutlenek azotu (NO₂)
- Trójtlenek azotu (N₂O₃)
- Czterotlenek azotu (N₂O₄)
- Pięciotlenek azotu (N₂O₅)

b) Charakterystyka [1,2]:

- **Podtlenek Azotu - N₂O** - bezbarwny "gaz rozweselający", stosowany w leczeniu do wywoływania krótkotrwałej narkozy. Związek ten nie występuje w atmosferze w znaczniejszych ilościach, nie wywiera działania drażniącego. Gaz ma przyjemny słodkawy posmak, jest niepalny, słabo rozpuszcza się w wodzie.

- **Tlenek azotu - NO** - gaz bezbarwny, bez smaku i zapachu, słabo rozpuszczalny w wodzie, o działaniu drażniącym, ale o mniejszym znaczeniu w porównaniu z NO₂. Powstaje w równowadze z czterotlenkiem azotu N₂O₄. Ulega w powietrzu szybkiemu utlenianiu do dwutlenku azotu (w ciągu 30 sek. 92% NO przechodzi w NO₂).

- **Dwutlenek azotu NO₂**- jest to gaz niepalny, silnie toksyczny, nie tworzy mieszaniny wybuchowej z powietrzem. Jest silnie utleniający - z wodorem i amoniakiem gwałtownie reaguje, a z węglowodorami nienasyconymi już w temperaturze pokojowej tworzy związki nitrowe. Ciekły dwutlenek azotu rozpuszcza fluor, chlor, brom i siarkę. Cząsteczki gazu wykazują dużą zdolność do asocjacji. W normalnych warunkach temperatury i ciśnienia występuje mieszanina NO₂ i N₂O₄ z przewagą (ok. 80%) czterotlenku azotu. Barwa NO₂ - czerwonobrunatna a w styczności z powietrzem tlenek azotu utlenia się samorzutnie do NO₂, który jest przyczyną brązowego zabarwienia smogu. Reakcja ta zachodzi powoli, jeżeli stężenie NO jest niższe niż 1 ppm (parts per milion - części na milion - jednostka stężenia odpowiadająca 1,88 mg/m³), ale ulega przyspieszeniu w obecności innych zanieczyszczeń, szczególnie ozonu. Zapach - ostry, duszący, przenikliwy. Bardzo dobrze rozpuszczalny w wodzie, w stężonym kwasie azotowym, kwasie siarkowym, chloroformie, dwusiarczku węgla, roztworach wodorotlenków. Dwutlenek azotu wchodząc w kontakt z wodą, wytwarza kwas azotowy i azotawy - silnie żrący, bezbarwny płyn brązowiejący w świetle. Jest niebezpieczny ze względu na silne właściwości utleniające i dużą łatwość inicjowania reakcji chemicznych. Stwarza duże zagrożenie pożarowo-wybuchowe w reakcjach z nienasyconymi węglowodorami, w wyniku których powstają związki nitrowe o właściwościach wybuchowych. Dwutlenek azotu jest jednym z głównych składników zanieczyszczeń powietrza. W stężeniu 36 mg/dm³ jest toksyczny dla ryb. Po dostaniu się gazu do wód gruntowych czyni je niezdatnymi do picia. Najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCH) - 100mg/m³. Najwyższe dopuszczalne stężenie w środowisku pracy - (NDS): 5 mg/m³.

-**Trójtlenek azotu - N₂O₃**- ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne nie jest spotykany w stanie wolnym, nie ma znaczenia w toksykologii. Jest to bezbarwny bezwodnik kwasowy.

-**Czterotlenek azotu - N₂O₄** - gaz bezbarwny, nie wywołuje znacznych objawów toksycznych. Jest przykładem asocjacji cząsteczek NO₂

-**Pięciotlenek azotu N₂O₅** - związek bezbarwny, łatwo krystalizujący. Jako bezwodnik, ze względu na swe fizykochemiczne właściwości, w stanie wolnym nie występuje.

III. ŹRÓDŁA EMISJI TLENKÓW AZOTU[1,2]:

A) Naturalne źródła emisji

Tlenek azotu i dwutlenek azotu obecne w powietrzu atmosferycznym powstają w wyniku naturalnych zjawisk, takich jak wyładowania elektryczne, wybuchy wulkanów, aktywność bakterii, oraz procesów wywołanych działalnością człowieka. Ilość tak wytworzonych tlenków azotu przewyższa emisję sztuczną, ale z uwagi na duże rozproszenie w atmosferze należy uznać ją za nieznaczną

B) Przemysłowe źródła emisji tlenków azotu [6].

Podstawowymi sztucznymi źródłami emisji tlenków azotu są procesy realizowane w obszarze wysokich temperatur lub technologii, w wyniku których powstają tlenki azotu w następstwie odpowiednich reakcji chemicznych.

1. Wszelkie operacje spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych lub ich mieszanin, w rezultacie, których otrzymuje się energię cieplną - **energetyka przemysłowa**.

2. Reakcje spalania przebiegające w ruchomych lub stacjonarnych silnikach spalinowych, których celem jest zamiana energii chemicznej paliwa na energię kinetyczną - **środki transportu**. Spaliny silników benzynowych lub wysokoprężnych zawierają 1100 mg/m³ tlenku azotu. Obecne urządzenia oczyszczające spaliny nie obniżają zawartości tlenku azotu.

3. Postępowanie, w którym wysoka temperatura jest niezbędnym warunkiem prawidłowego przebiegu operacji technologicznych - proces wielkopiecowy w hutnictwie żelaza i stali, proces martenowski i konwertorowy, proces realizowany w elektrycznych łukowych piecach hutniczych, spawanie elektryczne i gazowe.

4. Techniki, które produkują tlenki azotu w następstwie reakcji chemicznych **przemysł syntezy chemicznej**.

- procesy technologiczne wymagające zastosowania kwasu azotowego w syntezie organicznej.
- podczas produkcji kwasów: siarkowego, azotowego, chromowego, pikrynowego, adypinowego, szczawiowego.

- w wytwarzaniu toluenu, nitrocelulozy, nitrogliceryny, dynamitu.

- przy produkcji nawozów sztucznych, leków, barwników, celulozy.

5. Reakcje pełnego lub powierzchniowego roztwarzania metali lub ich stopów w kwasie azotowym, dla otrzymywania odpowiednich soli - **przemysł odczynnikowy** lub obróbki gotowych detali.

6. Wydzielanie do atmosfery w sposób okresowy lub ciągły, o stałym lub zmieniającym się w czasie natężeniu emisji:

- materiały wybuchowe.

- gazy postrzałowe, występujące w kopalniach przy nieprzestrzeganiu prawidłowego przewietrzania przodków i zbyt wczesnego wejścia do przodków po odstrzale.

- odpadki rolnicze.

- tlenki azotu są emitowane do powietrza atmosferycznego w wyniku szybkiego rozkładu materiału roślinnego, zachodzącego w zielonych silosach - choroba silosowa. W zamkniętym silosie stężenie NO₂ może osiągnąć 1500 mg/m³.

- palenie papierosów i fajki:

- dym papierosowy zawiera 200-650 mg/m³, dym fajkowy 1100 mg/m³.

C) Ekspozycja zawodowa[4]:

W środowisku pracy obserwuje się narażenia mieszane wszystkimi tlenkami, a głównie tlenkiem i dwutlenkiem azotu. Narażenie dotyczy dymów azotowych, które mogą pojawiać się toku różnych reakcji chemicznych i procesów przemysłowych.

D) Zawody narażone na kontakt z tlenkami azotu [4]:

- spawacze elektryczni i gazowi;
- pracownicy laboratoriów, wytwórni nawozów, barwników, leków.
- jubilerzy, rytownicy.
- wydmuchiwacze szkła.
- hutnicy.
- rolnicy.
- górnicy.
- pracownicy w tunelach.

IV. POZIOMY STĘŻENIE TLENKÓW AZOTU W OTACZAJĄCEJ ATMOSFERZE

Naturalny poziom stężenia dwutlenku azotu nad lądami mieści się zazwyczaj w przedziale od 0,4 do 9,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wartości te są o 1-2 rzędy wielkości niższe od stężeń znamienych dla dużych ośrodków miejskich. Roczne średnie stężenia dwutlenku azotu w miastach, na całym świecie, wahają się w granicach 20-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dane dla krótszych okresów wykazują znaczne wahania, w zależności od warunków meteorologicznych, od pory roku oraz od bliskości i natury źródła emisji. Najwyższe miesięczne średnie stężenia dwutlenku azotu w dużych ośrodkach miejskich wynoszą na ogół ok. 60-110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ najwyższe średnie stężenie dzienne 130-400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a najwyższe wartości jednogodzinne 240-850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Nie można nie doceniać również ekspozycji w warunkach domowych, wynikającej ze stosowania różnych urządzeń i palenia papierosów. W bezpośredniej bliskości domowych urządzeń opalanych gazem stężenie dwutlenku azotu dochodzi do 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Stwierdzono, że dym papierosowy zawiera tlenek azotu na poziomie od 98 do 135 mg/m^3 a dwutlenek azotu od 150 do 226 mg/m^3 [1].

W Polsce dopuszczalne stężenie tlenków azotu w powietrzu atmosferycznym w przeliczeniu na NO_2 wynosi [2]:

- 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ średnio w ciągu doby
- 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jednorazowo w ciągu 30 minut
- Na obszarach szczególnie chronionych dopuszczalne stężenia wynoszą odpowiednio 50 i 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

V. EKSPOZYCJA KONTROLOWANA NA TLENKI AZOTU [3].

Skutki narażenia inhalacyjnego na tlenki azotu zależą od ich stężenia, czasu trwania i rodzaju ekspozycji. W badaniach doświadczalnych na ludziach stosowano dwutlenek azotu, ponieważ jest on dość trwały i można stworzyć powtarzalne warunki eksperymentu. Smak i zapach tego związku jest wyczuwalny przez osoby, które stykały się uprzednio z ekspozycją na dwutlenek azotu przy stężeniu 1 ppm. Przy ekspozycji jednogodzinnej na stężenie 15 ppm występuje uczucie niepokoju w klatce piersiowej. Wyraźne dolegliwości występują przy stężeniu 25 ppm. Przebywanie przez minutę w stężeniu 50 ppm powoduje ból zamostkowy. Dłuższe ekspozycje przy tym stężeniu powodują zmiany zapalne w płucach, które zwykle są przemijające. Stężenia wyższe mogą spowodować zgon.

U szczurów eksponowanych na stężenie 0,5 ppm przez 4 godziny obserwuje się przejściową degranulację komórek płucnych. Myszy poddane trzymiesięcznej ekspozycji na stężenie 0,5 ppm są bardziej podatne na zakażenia pneumokokowe. Mały eksponowane na to samo stężenie tracą na wadze, inne zaś zwierzęta nie wykazują odchylenia. Ciągła ekspozycja szczurów na dwutlenek azotu w stężeniu 2 ppm trwająca 3 dni powoduje przerost nabłonka oskrzelików, zaś trwająca rok ścieńczenie błony wyściełającej pęcherzyki płucne. Powtarzające się krótkotrwałe ekspozycje na

stężenie 4 ppm przez okres jednego roku nie powodowały zauważalnych trwałych uszkodzeń tkanki płucnej.

O toksyczności tlenków azotu decydują liczne mechanizmy, wśród których za najważniejsze uważa się[4]:

- Wytwarzanie kwasu azotowego w kontakcie z płynami ustrojowymi.
- Pośrednią oksydację lecytyny i kwasów tłuszczowych stanowiących główny składnik błon biologicznych.
- Tworzenie wolnych rodników tlenowych, co prowadzi do denaturacji elastyny i kolagenu, a w konsekwencji do zwłóknień.
- Wytwarzanie methemoglobiny (głównie przez tlenek azotu).

Tlenki azotu rozpuszczając się w wodzie, zawartej w wydzielinie pokrywającej błony śluzowe, tworzą kwas azotowy i azotawy. Czas konieczny do przeprowadzenia tych reakcji chemicznych tłumaczy istnienie bezobjawowego okresu utajenia pomiędzy wchłonięciem tlenków azotu a wystąpieniem objawów klinicznych uszkodzenia błony śluzowej dróg oddechowych, pęcherzyków i naczyń włosowatych płuc, prowadzącego do rozwoju **toksycznego obrzęku płuc**. W wyniku połączenia z substancjami zasadowymi, zawartymi w wydzielinie śluzowej, pewna część kwasów ulega przemianie w azotyny, które prowadzą do powstania **methemoglobinemii**. Wytwarzanie methemoglobiny jest odwracalne, gdyż polega jedynie na bezpośrednim utlenieniu żelaza z dwu- do trójwartościowego, a nie towarzyszy temu upośledzenie struktury krwinek czerwonych, ani hemoliza. Wszystkie gazy, które mogą powodować uszkodzenie naczyń włosowatych płuc wywołują toksyczny obrzęk płuc. Patomechanizm tego powikłania jest bardzo złożony. W wyniku uszkodzenia naczyń włosowatych i nabłonka pęcherzyków płucnych następuje przemieszczanie się treści surowiczej z naczyń włosowatych do światła pęcherzyków płucnych i przestrzeni międzypęcherzykowych. Gromadzeniu się wydzieliny sprzyja ujemne ciśnienie wdechowe wewnątrz pęcherzyków, wzrost ciśnienia w naczyniach oraz utrudnione jej wchłanianie do naczyń chłonnych na skutek ucisku spowodowanego pogrubieniem błony pęcherzykowo-włośniczkowej. Dalszą konsekwencją są zaburzenia elektrolitowe, zagęszczenie i zwiększenie krzepliwości krwi oraz hipoksemia z hiperkapnią. Bardzo często powikłaniem toksycznego obrzęku płuc jest odoskrzelowe zapalenie płuc, niekiedy o charakterze krwotocznym i zwykle ciężkim przebiegu. Trwałym następstwem morfologicznym mogą być zmiany typu bronchiolitis fibrosa obliterans lub rozlane zwłóknienie tkanki śródmiąższowej płuc z rozedmą[5].

Charakterystyka stężeń dwutlenku azotu [9].

Stężenia NO ₂	Objawy
560 - 940 mg/m ³ (300 - 500ppm)	Ostry obrzęk płuc, asfiksja.
280 - 380 mg/m ³ (150 - 200 ppm)	Włóknikowe zakrzepowe zapalenie oskrzelików.
94-190 mg/m ³ (50-100 ppm)	Odwracalne zapalenie oskrzelików, ogniskowe zapalenie płuc.
47-140 mg/m ³ (25-75 ppm)	Zapalenie oskrzeli, odoskrzelowe zapalenie płuc.
9400 µg/m ³ (5 ppm)	Spadek ciśnienia tlenu we krwi tętniczej.
3000-9400 µg/m ³ (1,6-5 ppm)	Znaczący wzrost zaburzeń oddychania.
Mniejsze niż 2800 µg/m ³ (1,5 ppm).	Bez objawów.

VI.DZIAŁANIE DRAŻNIĄCE TLENKÓW AZOTU[8,3].

A) Kontakt ze skórą

Miejscowo tlenki azotu działają drażniąco. Przedłużone działanie powoduje podrażnienie i zaczerwienienie. Mniejsze stężenia powodują żółtawe lub brązowe zabarwienie skóry i szkliwa zębów (uważane jest ono za objaw narażenia). Styczność z kwasem azotowym lub czterotlenkiem azotu posiadającym intensywne działanie żrące, powoduje silne oparzenia, owrzodzenia, martwicę skóry i błon śluzowych.

B) Kontakt z gałką oczną.

Miejscowo tlenki azotu drażnią spojówki. Może wystąpić zaczerwienienie. Styczność z kwasem azotowym powoduje oparzenia, martwicę tkanek oka. Działania toksyczne tlenków azotu: Tlenki azotu w 60% wchłaniają się w górnych drogach oddechowych a pozostała część dociera do pęcherzyków płucnych. W drogach oddechowych reagują one z parą wodną tworząc kwas azotawy i azotowy. W dolnych drogach oddechowych działają jako utleniacze na białka, jak również wykorzystując swe właściwości redukujące powodują uszkodzenie tkanki płucnej

C) Narażenia ostre

Ponieważ tlenki azotu nie dają widocznych objawów podrażnienia górnych dróg oddechowych pracownicy nie mają poczucia stanu zagrożenia. W pierwszej kolejności występuje podrażnienie krtani (113 mg/m³), kaszel (188 mg/m³), dławienie i ucisk w klatce piersiowej a przede wszystkim zawroty głowy, które są wczesnym objawem narażenia spowodowanym spadkiem ciśnienia krwi. Bardzo duże stężenia tlenków azotu mogą wywołać natychmiastowe uczucie dławienia, ból w klatce piersiowej, zwolnienie akcji, serca, odruchowe zatrzymanie oddechu (w fazie wdechu), ze skurczem oskrzeli i głośni, oraz utratę przytomności w wyniku asfiksji. Narastający obrzęk głośni również w późniejszym okresie może spowodować całkowitą niedrożność dróg oddechowych. Duszność dychawicopodobna i gwałtowny kaszel mogą powodować pęknięcie pęcherzy rozedmowych oraz występowanie w obrębie szyi odmy podskórnej.

Zwykle jednak ostre zatrucia tlenkami azotu przebiegają w trzech okresach, stopniowo po sobie następujących[4, 3].

1. **Pierwszy okres podrażnienia** charakteryzuje się objawami nieżyty spojówek, nosa i gardła, towarzyszyć im może kaszel, nudności i uczucie znużenia. Są to mało typowe objawy przypominające infekcję grypową. Dolegliwości te występują w okresie 2-3 tygodni.

2. **Drugi okres utajenia** bezobjawowy może trwać od kilku do kilkunastu godzin, zwykle nie przekracza 24 godzin. Ponieważ w tym okresie pacjent czuje się zupełnie dobrze, zwykle podejmuje ponownie pracę fizyczną. Fakt ten ma duże znaczenie rokownicze, gdyż wykonywanie wysiłków fizycznych w tym okresie bezobjawowym często jest odpowiedzialne za nagłe pogorszenie stanu zdrowia.

3. **Okres ciężkich objawów klinicznych** charakteryzuje się nagłym pojawieniem się złego samopoczucia, niepokojem, męczącym kaszlem z narastającą bardzo ciężką dusznością i obfitym odpływaniem pianistej płwociny. **Rozwija się toksyczny obrzęk płuc.**

Akcja serca jest przyśpieszona, narasta przekrwienie żyłne i sinica. W wyniku anoksji i zagęszczenia krwi występuje spadek ciśnienia tętniczego. Dołączają się następnie zaburzenia świadomości

i wysoka temperatura ciała. W ciągu kilku godzin od wystąpienia pierwszych objawów obrzęku płuc na skutek asfiksji spowodowanej zablokowaniem wymiany gazowej w płucach następuje śmierć. Osłuchowo nad płucami stwierdza się liczne trzeszczenia, a w badaniu radiologicznym pojawiają się obłoczkowate zaciemnienia charakterystyczne dla obrzęku płuc. W przypadkach nie kończących się zgonem, zwykle w okresie ustępowania obrzęku płuc, dołączają się powikłania zakaźne prowadzące do rozlanego zapalenia oskrzeli lub zapalenia płuc, często o charakterze krwotocznym.

Późnym następstwem ostrego zatrucia tlenkami azotu może być przewlekły nieżyt oskrzeli, dychawica oskrzelowa, zarostowo-włókniste zapalenie oskrzelików i przewlekła niewydolność oddechowa, rzadziej rozlane zwłóknienie tkanki płucnej i rozedma płuc.

Methemoglobinemia nie osiąga zwykle dużych wartości, które wymagałyby specjalnego postępowania terapeutycznego. W czasie trwania obrzęku płuc oraz w okresie ustępowania jego objawów konieczne są powtarzane badania gazometryczne krwi, równowagi kwasowo-zasadowej oraz radiologiczne klatki piersiowej.

VII. POSTĘPOWANIE NA MIEJSCU NARAŻENIA [9,4].

W przypadku awarii butli lub wycieku gazu z instalacji można stosować prysznic wodny do absorpcji gazu. Dwutlenek azotu można neutralizować przez pochłanianie go w 5-10% roztworze wodorotlenku sodowego. Rozlany dwutlenek azotu należy przysypać zmielonym wapieniem, zebrać do szczelnych zbiorników i przewieźć na miejsce zniszczenia.

Pomoc przedlekarska

Wyniesienie poszkodowanego z miejsca zagrożenia (ratownik odpowiednio zabezpieczony przed czynnikiem szkodliwym, asekurowany na linie przez drugą osobę)
Zmycie środka drażniącego wodą lub zmiana odzieży, zapewnienie komfortu psychicznego i cieplnego, konieczny bezruch (ruch może być czynnikiem wywołującym obrzęk płuc).

Wskazówki dla lekarza.

Pierwszą czynnością lekarza przejmującego opiekę nad poszkodowanym jest dokładne skontrolowanie zabiegów wykonanych podczas udzielania pomocy doraźnej. Konieczne należy sprawdzić drożność dróg oddechowych i w zależności od wskazań prowadzić kontrolowaną tlenoterapię [8].

Zestaw środków, które lekarz powinien zabrać udając się na miejsce wypadku.

- Hydrocortisonum hem.- amp. a 0,1 z rozpuszczalnikiem
- Aminophyllinum amp.- a 0,25
- Deslanosidum iv.amp.- 0,4 mg
- Furosemid amp.- a 0,02
- Thiopental amp.- a 0,5
- Natrium bicarbonicum 5% roztwór -100-200 ml
- aparat tlenowy ze ssakiem, zestaw do kroplówek

Leczenie zatrucia tlenkami azotu: Każde narażenie wypadkowe na gazy drażniące w tym zatruciu tlenkami azotu jest wskazaniem do hospitalizacji pacjenta. Poszkodowany wymaga ścisłej obserwacji przez 48 godzin, nawet gdy jego stan ogólny jest dobry, ze względu na zagrożenie obrzękiem płuc. Należy zapewnić mu bezwzględny spokój, gdyż wysiłek fizyczny powoduje pogorszenie stanu zdrowia.

Dalsze postępowanie zależne jest od stopnia narażenia, ciężkości objawów i powinno być zgodne ze wskazaniami internistycznymi[9].

Jeżeli stwierdza się niewielkie nawet objawy podrażnienia błony śluzowej dróg oddechowych należy podać:

- 20-30 ml glukonianu wapnia,
- 40 mg kodeiny,
- 300-500 mg hydrokortyzonu
- tlen przez maskę lub cewnik założony do jamy nosowo-gardłowej

Ponieważ nawet niewielki wysiłek fizyczny może sprzyjać rozwojowi obrzęku płuc, dlatego zarówno w czasie transportu, jak i w szpitalu konieczne jest zapewnienie zatrutemu maksymalnego spokoju. **Przez okres 3 dni należy zabronić opuszczania łóżka.** Oprócz kontynuowania podawania wymienionych wyżej leków, obowiązuje wczesne podawanie antybiotyków o szerokim zakresie działania. Ze względu na ochronne w stosunku do tkanki płucnej działanie witaminy E, uzasadnione jest podawanie jej w dawce 1000 mg/24 h. W sytuacji, gdy leki nie skutkują, należy po uprzedniej intubacji i porażeniu mięśni oddechowych zastosować oddychanie kontrolowane z nadciśnieniem w fazie wydechowej (PEEP). W okresie rekonwalescencji ze względu na możliwość wystąpienia zmian zarostowo-zapalnych oskrzelików i rozrostowych tkanki śródmiąższowej uzasadnione jest podawanie steroidów przez okres ok. 6 tygodni[5].

Zasady leczenia toksycznego obrzęku płuc [5]:

Obrzęk płuc zagraża życiu, ponieważ zakłóca wymianę tlenową w płucach i w końcowym efekcie powoduje "utonięcie" pacjenta we własnych płynach ustrojowych.

1. Kortykosteroid w maksymalnej dawce
 - Hydrocortisonum hemisuccinatum dożylnie i częściowo domięśniowo lub inhalacyjnie. Jednorazowo 300-600 mg, w razie potrzeby do 2 doby.
2. Leki moczopędne, aby zapewnić diurezę
 - Furosemid 0,02 w dawce 0,1-0,2 mg (5-10 ampulek) dożylnie. Wstrzykiwać z szybkością nie przekraczającą 10 mg/min
 - Kwas etakrynowy 25 mg doustnie lub dożylnie
3. Leki objawowe
 - 40% tlen do oddychania za pomocą maski twarzowej,
 - przeciwłękowo - morfina 10 mg w celu obniżenia częstości szybkiego i nieskutecznego oddechu
 - przeciw pobudzeniu - Thiopental 0,5 dożylnie,
 - przeciw skurczowi oskrzeli Aminofilina 0,25-0,5 dożylnie.
4. W przypadku pojawienia się objawów kwasicy (oddech Kussmaula, narastające objawy ogólnego niedotlenienia, utrata świadomości) należy podać dożylnie kroplowo 100-200 ml 5% roztworu Natrium bicarbonicum powoli, w czasie 10-15 min. z jednoczesnym częstym osłuchiowaniem płuc i ewentualnym zwiększeniem dawek leków przeciwobrzękowych.

Zasady leczenia toksycznego odoskrzelowego zapalenia płuc.

Czynnikiem pierwotnym jest toksyczne uszkodzenie śródbłonna pęcherzyków płucnych z wtórnym zakażeniem bakteryjnym.

- antybiotyk odpowiednio do wyniku antybiogramu
- kortykosteroidy w dawkach 50-150 mg - 4 razy na dobę

Leczenie methemoglobinemii.

- błękit metylenowy - 1 ampułka i.v. bezpośrednio z ręki lub w kroplówce
- witamina C - 500 - 1000 mg doustnie lub dożylnie (działanie dyskutowane)

Postępowanie w skażeniach skóry i oczu.

Skażoną skórę zmywać dużą ilością bieżącej wody a skażone oczy przemywać dokładnie dużą ilością bieżącej wody przez 10-15 min., pamiętając o wywiniętych powiekach.

Zestaw badań wykonywanych w przypadku zatrucia tlenkami azotu.

- równowaga kwasowo-zasadowa
- morfologia krwi,
- stężenie methemoglobiny we krwi,
- Rtg klatki piersiowej
- badania czynnościowe płuc.

Rokowanie.

Okres zdrowienia po ostrej fazie zatrucia trwa 1-6 miesięcy.

Zmiany rozedmowe w płucach mogą być trwale zależnie od ciężkości zatrucia.

VIII. ZAPOBIEGANIE.

A) Działania zapobiegawczo-profilaktyczne powinny opierać się na [6]:

- nadzorze technicznym nad procesem produkcji, przechowywania i transportu substancji szkodliwych
- szkoleniu pracowników
- wyrobieniu podstawowych nawyków higienicznych u pracowników.
- stosowaniu środków ochrony osobistej

Zapobieganie zatruciom tlenkami azotu polega przede wszystkim na zapewnieniu pracownikom w czasie pracy środków ochrony osobistej takich jak: odzież, maski, respiratory, okulary ochronne. Robotnicy nie powinni wchodzić ani przebywać w pomieszczeniach, gdzie gromadzą się tlenki azotu (np. w silosach) bez uprzedniego zabezpieczenia oczu i układu oddechowego. Silosy i inne zamknięte pomieszczenia, w których zachodzi rozkład substancji organicznych z wytworzeniem dwutlenku azotu, powinny być dokładnie przewietrzone przed wejściem. Ponadto drugi współpracownik identycznie wyposażony[6].

B) Badania profilaktyczne pracowników: W badaniach profilaktycznych dotyczących narażonych na tlenki azotu powinno się uwzględnić stan skóry, oczu i układu oddechowego. Układ oddechowy i spojówki są narządem krytycznym przy tym narażeniu [9].

1. Badania wstępne

-badanie ogólne ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i spojówki

-badania dodatkowe

- badanie czynnościowe układu oddechowego - spirometria
- zdjęcie Rtg klatki piersiowej

2. Badanie okresowe

-badanie ogólne ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i spojówki.

-badania dodatkowe

- spirometria

Częstotliwość badań - co 2-4 lata

3. Ostatnie badanie okresowe

-badanie ogólne ze zwróceniem uwagi na układ oddechowy i spojówki.

-badania dodatkowe

- spirometria,
- zdjęcie Rtg klatki piersiowej

W trakcie badań wstępnych kandydatów do pracy w narażeniu na środki drażniące drogi oddechowe należy zwrócić szczególną uwagę na przebyte schorzenia. Powinno się wykluczyć te osoby, u których stwierdza się przewlekłe choroby górnych i dolnych dróg oddechowych, spojówek, śluzówek, skóry (w tym choroby alergiczne) oraz zaburzenia węchu. W trakcie badań okresowych należy zwrócić uwagę na następujące objawy: kichanie, chrypka, katar, drapanie i pieczenie w gardle, duszność, pieczenie za mostkiem jak również nikotynizm. Zatrucia ostre i przewlekłe gazami drażniącymi drogi oddechowe znajdują się w Wykazie Chorób Zawodowych pod pozycją 1 natomiast ich następstwa pod pozycjami 4 i 6. Zarówno same zatrucie gazami drażniącymi (tlenek azotu, dwutlenek azotu), jak i występujące po jego przebyciu przewlekłe zapalenie oskrzeli i zwłóknienie płuc, stanowi podstawę do rozpoznania choroby zawodowej, bez względu na stan wydolności układu oddechowego [1,2 6,9].

PODSUMOWANIE.

W badaniach profilaktycznych dotyczących narażonych na tlenki azotu powinno się uwzględnić stan skóry, oczu i układu oddechowego. Układ oddechowy i spojówki są narządem krytycznym przy tym narażeniu.

W trakcie badań wstępnych kandydatów do pracy w narażeniu na środki drażniące drogi oddechowe należy zwrócić szczególną uwagę na przebyte schorzenia. Powinno się wykluczyć te osoby, u których stwierdza się przewlekłe choroby górnych i dolnych dróg oddechowych, spojówek, śluzówek, skóry (w tym choroby alergiczne) oraz zaburzenia węchu. W trakcie badań okresowych należy zwrócić uwagę na następujące objawy: kichanie, chrypka, katar, drapanie i pieczenie w gardle, duszność, pieczenie za mostkiem jak również nikotynizm. Zatrucia ostre i przewlekłe gazami drażniącymi drogi oddechowe znajdują się w Wykazie Chorób Zawodowych pod pozycją 1 natomiast ich następstwa pod pozycjami 4 i 6. Zarówno same zatrucie gazami drażniącymi (tlenek azotu, dwutlenek azotu), jak i występujące po jego przebyciu przewlekłe zapalenie oskrzeli i zwłóknienie płuc, stanowi podstawę do rozpoznania choroby zawodowej, bez względu na stan wydolności układu oddechowego.

Autor: Katarzyna Sowa-Lewandowska

BIBLIOGRAFIA

1. „Tlenki azotu” Kryteria Zdrowotne Środowiska. Tom 4 PZWL 1983 MZiOS Departament Inspekcji Sanitarnej
2. "Vademecum zatruc" Dreisbach Robert H., Robertson Wyd. III PZWL Warszawa 1995
3. „Medycyna Pracy” Tom III - Patologia zawodowa - pod redakcją prof. dr hab. Marek K. prof. dr hab. Smolik R. IMP Łódź 1991
4. „Medycyna Pracy” Praca zbiorowa pod redakcją Valentin H., przekład prof. Dr. hab. n. med. Gwóźdź B. PZWL Warszawa 1985.
5. „Zarys kliniki i leczenia ostrych zatruc” Myślak Z., Starzyński Z. PZWL Warszawa 1978
6. „Toksykologia Przemysłowa” Tom I IMP Łódź 1993r.
7. „Toksykologia Kliniczna” pod redakcją Tadeusza Bogdanika PZWL 1988r
8. „Opieka nad zdrowiem pracowników w środowisku pracy” Tom I Praca zbiorowa pod redakcją

Dobrowolskiej B, Mielczarek-Pankiewicz E. IMP Łódź 1992

9. „Medycyna Pracy w Praktyce Lekarskiej” pod redakcją Z. Byczkowskiej i L. Dawydzika IMP Łódź 1999r.

<https://laboratoria.net/arttykul/12580.html>

Informacje dnia: [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#) [Gwałtowne przerwanie gry komputerowej w złości to ważny sygnał Uniwersytet Wrocławski, PAP i Fundacja PAP podpisały umowę 10 polskich zespołów w zawodach Shell Eco-marathon Poland 2026](#) [Prawie 1,2 mld ludzi na świecie cierpi na zaburzenia psychiczne AGH uruchomiła laboratorium UE Katowice i Śląski Uniwersytet Medyczny uruchamiają nowe kierunki](#)

Partnerzy