

## Глава 11

### Невідкладна допомога при ураженні хімічними речовинами

#### Цілі

- Обговоріть важливість хімічної дезактивації.
- Визначте критичні аспекти організації лікарні та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) для пом'якшення додаткових втрат.
- Розгляньте конкретні хімічні речовини, включаючи ознаки та симптоми, ідентифікацію та лікування.

«Якби нібито цивілізовані країни обмежували військові дії нападами на ворожі війська, питання захисту від бойових хімікатів було б суто військовою проблемою, а отже, перебувало би за межами цього дослідження. Але це далеко не так. У ці дні тотальної війни мирні жителі, включаючи жінок і дітей, завжди піддаються нападам».

Полковник Едгар Ерскін Юм, Перемоги армійської медицини, 1943 рік

#### Приклад

Хлопчика та дівчинку у підлітковому віці доставляють до відділення невідкладної допомоги вашої лікарні з місцевого кінотеатру як потенційних жертв хімічного впливу. Вам сказали, що багато інших зараз перебувають під наглядом служби швидкої медичної допомоги з подібними симптомами, і їх незабаром привезуть. Двоє підлітків не реагують на зовнішні подразники, спостерігається підвищене потовиділення, у них звужені зіниці, надмірна сльозотеча, блювота, діарея та збудження. У підлітка стався напад. Обидва інтубовані для захисту дихальних шляхів, а з ендотрахеальних трубок відсмоктується рясний секрет з грубими хрипами, храпами та тяжким диханням при аускультатії.

- Які можливі впливи викликають такі ознаки та симптоми?
- Які наступні важливі втручання після дихальних шляхів?
- Що ще слід враховувати, оскільки жертв, ймовірно, набагато більше?

#### I. ВСТУП

Термін хімічний агент традиційно визначається як речовина, призначена для використання у військових операціях або терористичних акціях для вбивства, серйозного поранення або виведення з ладу людей (або тварин) за рахунок токсикологічного ефекту. Застосування хімічних

речовин проти військових супротивників і цивільного населення також має значний психологічний вплив на тих, хто не зазнав прямого контакту, ще більше посилюючи їхню дію. Ці агенти використовувалися у війнах протягом тисяч років, але вийшли на передній план сучасного бою під час Першої світової війни. Німецькі війська випустили 150 тон газу хлору з 6000 балонів 15 квітня 1915 року поблизу міста Іпр, Бельгія, намагаючись покласти край тривалому протистоянню в окопах. Цей напад призвів до 800 смертей і спричинив відступ 15 000 союзних військ, в основному через супутній психологічний терор, який він викликав. Через два роки, 12 липня 1917 року, знову поблизу міста Іпр, німецькі війська застосували зброю, що містить новий агент, сірчаний іприт, що призвело до 20 000 втрат. Хоча менше 5% жертв загинули, багато з них отримали важкі поранення.

*Скринька з додатковою інформацією: Хімічний агент - це речовина, призначена для використання у військових операціях для вбивства, серйозного поранення або виведення з ладу людей (або тварин) за рахунок токсикологічного ефекту.*

Після Першої світової війни в 1925 році був підписаний Женевський протокол, який забороняв використання хімічної зброї в бою; на жаль, однак, хімічні агенти продовжували періодично використовуватися в конфліктах, таких як ірано-іракська війна в 1980-х роках, коли застосовувалися як іприт, так і нервово-паралітичні речовини. Для боротьби з постійним доступом цієї зброї в 1997 році понад 160 країн ратифікували Конвенцію про заборону хімічної зброї (КХЗ) з метою ліквідації державного виробництва, зберігання та використання хімічної зброї. Незважаючи на ці зусилля суверенних держав, терористичні організації та недержавні суб'єкти продовжують застосовувати хімічну зброю проти мирного населення. В Японії діє секта Аум Сінрікьо, яка сумно відома використанням нервово-паралітичної речовини зарину. Вперше це трапилося 27 червня 1994 року в Мацумото, Японія, в результаті чого було заражено 600 людей, з яких 58 госпіталізованих і 7 летальних випадків. Їхній більш відомий та руйнівний терористичний акт стався 20 березня 1995 року в системі токійського метро та призвів до отруєння 5500 осіб, з яких 3227 було госпіталізовано та 550 звернулися за невідкладною медичною допомогою. Найближчий до найбільшої концентрації постраждалих Міжнародний шпиталь Святого Луки за короткий час прийняв 641 постраждалих: 5 важкохворих, 106 з травмами легкого та середнього ступеня тяжкості, 530 з легкими пораненнями та 2 летальні випадки. По суті, жоден із пацієнтів не був дезактивований перед прибуттям до лікарні. В результаті 20% персоналу відділення невідкладної допомоги, у тому числі 11 лікарів, також постраждали через розсічення газу. Після визначення проблеми зняття одягу з потерпілих дозволило запобігти завданню подальшої шкоди персоналу відділення невідкладної допомоги.

Міжнародний шпиталь Святого Луки раніше проводив навчання з реагування на стихійні лиха через високий потенціал землетрусів у цьому районі. Винесені уроки боротьби зі стихійними лихами, включали:

- Інцидент із застосуванням хімічної зброї вимагає швидкого розпізнавання.
- План дій у разі надзвичайної ситуації забезпечує підготовку та покращує реагування.
- Помірно добре підготовлений шпиталь може врятувати більшість пацієнтів.
- Навіть за ідеальних умов для використання хімічних агентів більшість постраждалих від нервово-паралітичного газу можуть зазнати легкого або помірного впливу.

- Якщо не буде зроблено спроб знезаразити пацієнтів до того, як вони надходять до лікарні, персонал і установа також будуть заражені.

Щоб належним чином спланувати допомогу постраждалим від хімічного впливу та зберегти можливості реагування шпиталю, синдрому, пов'язані як із хімічними, так і з біологічними атаками, повинні бути швидко розпізнані. Загальні ознаки, що викликають занепокоєння, підсумовані в **Table 11-1**.

**Table 11-1.** Ознаки, що сигналізують про хімічну (або біологічну) атаку

- Велика кількість постраждалих з подібними синдромами
- Велика кількість незрозумілих захворювань або смертей
- Незвичайні захворювання серед населення або у окремих осіб
- Захворювання з невідповідним географічним або сезонним поширенням
- Вищі, ніж зазвичай, захворюваність і смертність через поширене захворювання або синдром
- Подібний генетичний тип серед агентів, отриманих з різних джерел у різний час/місце
- Незвичайний, нетиповий, генно-інженерний або застарілий штам агента
- Стабільна ендемічна хвороба з незрозумілим зростанням захворюваності
- Одночасні випадки подібного захворювання в несуміжних областях
- Нетипова передача захворювання через розпилення, їжу або воду
- Точкове джерело спалаху захворювання зі стиснутою епідемічною кривою
- Характер захворювання пов'язано з вентиляційними системами
- Незвичайна смерть або захворювання тварин, що передують або супроводжують хворобу людини

Дані надані ресурсом Біологічна війна та тероризм. Медичні проблеми та реагування. [супутникове мовлення]. Форт Детрік, лікар: Медичний науково-дослідний інститут інфекційних захворювань армії США. 26-28 вересня 2000 року.

На жаль, застосування хімічної зброї не викоринене. Хімічна зброя продовжує становити значну частину озброєння, яке використовується багатьма сторонами у триваючих конфліктах на близькому Сході. Протягом останніх двох десятиліть громадянської війни в Сирії було здійснено понад 330 достовірно та комплексно підтверджених хімічних атак, причому понад 90% з них відбулися після 2010 року. Більшість цих атак, переважно з використанням хлору та зарину, було здійснено сирійською державою проти мирного населення. Крім того, протягом того ж періоду, численні загальнодоступні джерела підтвердили використання Ісламською державою різних агентів іприту в Іраку проти американських і коаліційних сил.

Нарешті, важливо визнати, що вплив шкідливих хімічних речовин не обмежується використанням їх в якості зброї або військових конфліктах. Вплив токсичних промислових хімікатів (ТПХ) спричинив значну захворюваність та смертність у всьому світі протягом останніх кількох десятиліть. У 1984 році в Бхопалі, Індія, понад 250 000 людей отримали тривалі травми, у тому числі понад 2000 загинули, після випадкового витоку газу метилізоціанату на заводі з виробництва пестицидів Union Carbide. Майже 20 років потому у Франції понад 2000 людей отримали поранення і понад 5000 людей зазнали психологічних негативних наслідків в результаті вибуху на заводі з виробництва добрив. У зв'язку з розширенням хімічної промисловості та великою економічною залежністю, випадкові промислові хімічні аварії

продовжують представляти ризик, що, у свою чергу, вимагає оптимізації місцевих стратегій готовності до стихійних лих.

## II. ХІМІЧНА ДЕЗАКТИВАЦІЯ

Цілі дезактивації:

- Запобігти подальшому травмуванню пацієнта
- Захистити персонал лікарні
- Захист приміщень лікарні

*Скринька з додатковою інформацією: Дезактивацію постраждалих від хімічних речовин найкраще проводити за допомогою води або води з милом.*

*Скринька з додатковою інформацією: Дезактивацію найкраще проводити за межами лікарні, перед входом.*

Усі пацієнти, які зазнали впливу хімічних речовин, повинні пройти дезактивацію. Історичний досвід свідчить про те, що багато постраждалих від хімічного впливу прибувають безпосередньо до закладу охорони здоров'я без проведення дезактивації, як, наприклад, під час атаки заринном у Токіо в 1995 році. Таким чином, важливо покладатися на процедури дезактивації безпосередньо разом із надходженням до лікарні для надання медичної допомоги після хімічного впливу.

Важливість розробленого плану дезактивації та легкодоступного обладнання важко переоцінити. Двома найважливішими аспектами процесу дезактивації є (1) видалення пацієнта із забрудненого середовища та (2) видалення одягу пацієнта та сторонніх предметів. Дезактивацію масових постраждалих від хімічних речовин найкраще проводити за допомогою води або води з милом. Хоча також можна використовувати абсорбуючі порошки, 95% хімічного агента зазвичай можна видалити простим промиванням водою. Смоли можна використовувати для поглинання та інактивації іприту та багатьох інших маслянистих хімічних агентів. Хлорид кальцію, оксид магнію, активоване вугілля та інші речовини, навіть сухе молоко, борошно та глина, також використовувалися або пропонувалися до використання. Однак суха дезактивація є трудомісткою та складною. Протирання може бути небезпечним, оскільки можна ненавмисно рознести агент на не постраждалі ділянки. Зв'язок з приймаючими об'єктами надзвичайно важливий. Точні описи постраждалих, включаючи початкові симптоми та результати попереднього обстеження, можуть допомогти лікарням підготувати механізми прийому та забезпечити фармацевтичну підтримку, почавши мобілізацію відповідних схем лікування. Крім того, приймаючих закладів охорони здоров'я необхідно ефективно повідомляти з місця хімічного інциденту про кількість постраждалих, щоб можна було забезпечити належний догляд і потік пацієнтів.

Будь-яка дезактивація вимагає, щоб з постраждалого зняли одяг, упаковали до мішків та промаркували. Однак цю вимогу може бути складно виконати через низку причин, у тому числі через занадто низьку температуру навколишнього середовища, необхідність зберігати пристойність щодо постраждалих і цілісність родини, а також загалом недостатню підготовку у

випадку масового отруєння. Для проведення дезактивації недієздатних потерпілих, які мають органну недостатність або яким потрібна штучна вентиляція легенів, знадобиться спеціально підготовлений персонал. Для ефективної дезактивації великої кількості постраждалих на виробництві можна облаштувати намети або інші тимчасові приміщення. Імпровізовані споруди навіть облаштовували шляхом підвішування брезенту між двома пожежними автомобілями, припаркованими близько один до одного, і використання внутрішніх систем водопостачання для забезпечення потоку води великого об'єму але низького тиску для дезактивації. Зазвичай роблять дві смуги: одну смугу для постраждалих, які можуть самостійно проходити через душову зону, і окрему смугу для постраждалих з більш серйозними травмами та лежачих постраждалих, яких поміщають на носилки та проносять через душову зону. Слід звернути увагу на травми очей, - засоби для промивання очей повинні бути легко доступними. Ковдри або обігрівачі можуть знадобитися в холодному середовищі для запобігання гіпотермії.

Якщо дезактивація на місці неможлива, всіх постраждалих слід дезактивувати перед розміщенням в лікарні, відділенні швидкої допомоги або відділенні реанімації. Приміщення для дезактивації в лікарнях найкраще розташовувати поза будівлею, наприклад, на парковці. Вони повинні бути фізично віддалені від інших пацієнтів, які не потребують дезактивації. Зменшення ризику вторинного зараження для бригади медичної допомоги та персоналу екстреної допомоги є першорядним під час реагування на катастрофу. Для пацієнтів, які потребують серцево-легеневу реанімацію (СЛР) або невідкладне втручання для рятування життя, затримка якого з метою деконтамінації може мати смертельні наслідки, слід облаштувати спеціальне місце перед смугами для дезактивації. Не слід починати рятувальні заходи заражених пацієнтів, поки медичні працівники повністю не одягнули необхідні ЗІЗ. Слід спробувати здійснити допоміжну дезактивацію, як тільки це стане можливо з медичної точки зору. Зовнішні дезактиваційні об'єкти не повинні бути складними – їх можна облаштувати з брезенту або аварійних транспортних засобів, створивши смуги для дезактивації. Стічні води після дезактивації слід збирати у великі бочки, щоб уникнути забруднення ґрунту та підземних вод. Велике, водонепроникне покриття на підлозі можна розмістити таким чином, щоб можна було зібрати забруднену воду та забезпечити її належну утилізацію.

### **III. ОРГАНІЗАЦІЯ ЛІКАРНІ ДЛЯ ПРИЙОМУ ПОСТРАЖДАЛИХ ВІД ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН**

#### **A. Прийом пацієнтів**

Організоване реагування на інцидент з масовими постраждалими на місцях дуже важливо, так само як і подібне реагування на рівні приймаючих закладів охорони здоров'я. За межами об'єкту облаштовується гаряча зона, яка вважається забрудненою. Внутрішня частина закладу має підтримуватися в ідеальній чистоті для догляду за пацієнтами та для того, щоб команда з питань реагування на інцидент мала змогу координувати процес. Потенційно заражених осіб не можна впускати в лікарню. Пацієнти спочатку проходять через зону сортування, де оцінюють життєво важливі ознаки, а постраждалих розподіляють на амбулаторних чи неамбулаторних. На цьому етапі слід розглянути лише два основних питання: (1) чи може пацієнт ходити? і (2) чи потрібна інтубація пацієнта? Пацієнти, які можуть ходити, можуть зняти свій власний одяг, пройти дезактивацію та отримати свіжий одяг або інший відповідний одяг до того, як потраплять у

лікарню або обсерваційне відділення. Неамбулаторні пацієнти проходять дезактивацію на ношах і потребують нагляду з боку персоналу, який є більш підготовленим.

Після дезактивації пацієнти проходять вторинне сортування. Пацієнтів зі складними травмами, наприклад, після вибухів, які також зазнали впливу хімічних речовин, зазвичай розміщують у відділенні невідкладної допомоги для подальшої стабілізації та лікування. Залежно від тяжкості захворювання або травми, осіб призначають до відділення реанімації або іншої невідкладної допомоги, або розміщують в зоні для утримання/нагляду. Для збереження можливості підтримувати поточну кількість наявних ліжок в стаціонарному відділенні та відділенні швидкої допомоги за межами лікарні можна облаштувати спостережний блок. Через величезний психологічний вплив такого нападу для підтримки постраждалих ідеально підходять лікарі, які працюють з психічним здоров'ям.

*Скринька з додатковою інформацією: Потенційно заражених осіб не можна впускати в лікарню.*

## **В. Захист персоналу та об'єктів**

Як продемонструвала пандемія COVID-19, непрацездатні медичні працівники можуть мати руйнівний вплив на місткість лікарень та надійність реагування. Захист персоналу від хімічного зараження під час догляду за пацієнтом має першорядне значення. Медичним працівникам, які працюють із постраждалими від хімічних речовин, необхідно надати відповідні ЗІЗ. Існують різні капюшони та маски, від пасивного дихального обладнання до дихальних пристроїв з фільтрами та електричним приводом. Управління з охорони та безпеки праці (OSHA) Захист рівня С, який включає маску, яка закриває все обличчя, капюшон з електроприводом або без, пристрій для фільтрації каністри та хімічний бар'єрний костюм з рукавичками та черевиками, - цього швидше за все, буде достатньо для більшості персоналу, який виконує дезактивацію в лікарні. Слід звернути увагу на те, щоб рукавички та чоботи приклеювали до хімічного бар'єрного костюма, щоб підвищити захист у потенційних проміжках між компонентами ЗІЗ.

*Скринька з додатковою інформацією: Медичним працівникам необхідно надати відповідні ЗІЗ.*

Технологія створення загальновійськового легкого інтегрального комплексу обмундирування (JSLIST) використовується американськими військовими як дуже важлива частина їхнього захисту від атак токсичними речовинами. Костюм має внутрішній шар, просочений деревним вугіллям, який поглинає біологічні агенти, хімічні токсини та радіоактивні альфа- та бета-частини. Поверх цього внутрішнього шару розташований щільно сплетений зовнішній шар. Капюшон, маска, захисні гумові рукавички та бахіли доповнюють костюм, який називається захисне спорядження, орієнтоване на місію (MOPP). На відміну від цього, цивільні ЗІЗ зазвичай включають герметичний водонепроникний костюм з капюшоном, маскою, рукавичками та черевиками.

Лікарі повинні бути знайомі з засобами індивідуального захисту, які вони будуть носити для захисту від хімічних агентів, а також вміти їх одягати та знімати. Допоміжний персонал повинен бути навчений своїм обов'язкам, а в ідеалі повинен мати посадові інструкції з детальним описом їхньої ролі у випадку інциденту з великою кількістю жертв.

Будь-яке планування та підготовка мають бути закріплені тренуваннями та вправами, в яких кожен бере участь. Ці тренування та вправи повинні включати всі зони реагування в лікарні, від зони прийому пацієнтів та місця дезактивації поза лікарнею, до зон для сортування та відділення невідкладної допомоги, а також стаціонарних палат, відділень реанімації та операційних. Деякі суттєві компоненти ефективної готовності до катастроф включають очікування можливого високого попиту на спеціальне обладнання, наприклад, апарати штучної вентиляції легень, засоби для внутрішньовенного доступу та специфічні ліки, а також збільшення кількості ліжок у відділеннях, наприклад, у відділенні невідкладної допомоги, інтенсивної терапії, відділеннях для ізоляції та спостереження. Підготовка також повинна включати планування пересування пацієнта, включаючи клінічну декомпенсацію пацієнта, яка вимагає негайного переведення на більш високий рівень лікування або виписку до зони або установи з менш постраждалими пацієнтами. Планування також повинно забезпечувати відповідний зв'язок між гарячою та холодною зонами. Коли відбувається хімічна атака, слід також враховувати можливість кількох одночасних атак. У разі хімічної атаки існує підвищена ймовірність того, що вона може супроводжуватися атаками інших форм, такими як викид біологічних агентів, використання звичайної зброї, пристроїв для розсіювання радіації або навіть кібератак. Необхідно вирішити питання безпечного транспортування пацієнтів через зону дезактивації лікарні та всередині лікарні, а також питання безпеки та інші способи захисту приміщень лікарні від забруднення. В випадку забруднення лікарня втрачає можливість лікувати постраждалих. Персонал повинен бути також захищений, щоб забезпечити як власну безпеку, так і належний догляд за постраждалими.

*Скринька з додатковою інформацією: У випадку забруднення лікарні хімічними агентами, її необхідно закрити та не допускати лікування постраждалих.*

### **С. Накопичення запасів**

Готуючись до ймовірної хімічної атаки слід підготувати та забезпечити доступ до безлічі ліків і витратних матеріалів за короткий проміжок часу. Поширені хімічні атаки можуть включати використання нервово-паралітичних агентів, подразників дихальних шляхів або ціаніду. У разі впливу нервово-паралітичної речовини повинні бути швидко доступні специфічні для нервово-паралітичного агента антидоти, щоб пом'якшити захворюваність і смертність. Традиційно, Mark 1 NAAK (набори автоін'єкторів нервових агентів) використовувалися у військових умовах на додаток до нервового автоін'єктора антидоту (ATNAA). Хоча автоін'єктори Mark 1 більше не виробляються, вони все ще доступні у військових запасах США. Також на ринку існує громадянський DuoDote, який поставляється у вигляді автоін'єктора аналогічного дизайну. У лікарняних умовах окремі компоненти цих наборів, атропін і пралідоксиму хлорид (2-PAM), ймовірно, будуть найбільш доступними антидотами. Через потенційну необхідність повторного вживання атропін необхідно мати у великих кількостях. Бензодіазепіни, такі як діазепам і лоразепам, будуть необхідні для лікування судом і збудження. Автоін'єктори діазепаму випускаються у формі судомного антидоту нервово-паралітичного агента (CANA). Крім того, під час інцидентів, пов'язаних із подразниками дихальних шляхів, такими як хлор або фосген, широко використовуються бронходилататори та стероїди. Зараз гідроксокобаламін є найефективнішим препаратом для лікування отруєння ціанідами. Крім того, повинні бути доступні набори антидотів, що містять нітрит натрію та тіосульфат натрію. Нарешті, також мають бути негайно доступні основні засоби для створення та підтримки безпечних дихальних шляхів,

отримання доступу для внутрішньовенного введення та обладнання штучної вентиляції легенів.

Може пройти багато годин, перш ніж державні та федеральні агентства зможуть надати додаткові ліки, якщо вони не були включені в попередньо встановлені пакети. До прибуття аварійних запасів усі об'єкти можна облаштувати для сортування пацієнтів і використовувати наявне обладнання у ефективний спосіб. Попереднє планування, навчання та підготовка, а також розумне накопичення матеріалів можуть різко знизити захворюваність і смертність.

#### **D. Догляд за пацієнтами в реанімації**

Зрештою, найбільш тяжко хворих та поранених пацієнтів розміщують у відділенні реанімації. Навички фахівців із реанімації – це саме ті, які найбільше знадобляться при будь-якому хімічному отруєнні. Пацієнтів спочатку діагностують, сортують, стабілізують та лікують у відділенні невідкладної допомоги. Лікарі реанімації, лікарі-терапевти, підготовлений медичний персонал (APP), медсестри, респіраторні терапевти та фармацевти, які надають невідкладну допомогу, в кінцевому підсумку будуть доглядати за цими пацієнтами в відділенні реанімації або в межах об'єктів, об'єднаних для збільшення потужності відділення реанімації. Усі медичні працівники, які працюють у групі невідкладної допомоги, повинні бути знайомі з патофізіологією різних форм хімічного впливу, антидотами та підтримуючими препаратами, необхідними для лікування. Важливо володіти навичками з сортування, основними навичками щодо роботи з дихальними шляхами та мати змогу швидко забезпечувати судинний доступ.

Реанімаційна палата є обмеженим ресурсом з обмеженою кількістю ліжок, обмеженою кількістю кваліфікованих лікарів та інших медичних працівників та обмеженими засобами невідкладної допомоги. Таким чином, в реанімації слід сортувати лише найбільш тяжко хворих чи поранених. Коли ресурси обмежені, лише пацієнтів із реальною можливістю одужання слід поміщати на штучну вентиляцію легень, а в відділення інтенсивної терапії мають бути госпіталізовані лише ті, хто потребує невідкладного реанімаційного втручання та лікування з потенційно оборотним шоком та поліорганною недостатністю. Стандартні апарати штучної вентиляції легенів із можливістю використання різноманітних режимів вентиляції, за допомогою яких можна лікувати пацієнтів із тяжкою дихальною недостатністю, наприклад, з гострим респіраторним дистрес-синдромом (ГРДС), вторинним по відношенню до легеневих подразників, слід зарезервувати для пацієнтів, які потребують більш розширеного титрування ШВЛ. І навпаки, однорежимні або транспортні апарати штучної вентиляції легень можна використовувати для пацієнтів, які інтубуються виключно для забезпечення роботи дихальних шляхів. Коли переважна кількість пацієнтів потребує невідкладної допомоги, медичні бригади повинні діяти гнучко та адаптувати наявні ресурси до менш традиційного використання.

Щоб забезпечити оптимальний догляд за пацієнтами, конкретна інформація про постачання та логістику повинна бути легкодоступною. Сюди входить кількість ліжок у відділенні реанімації, кількість та типи доступних апаратів штучної вентиляції легень, а також наявна кількість доступних фармацевтичних засобів, таких як атропін, паралідоксін, нітрит натрію, амлінітрил і тіосульфат натрію. Крім того, необхідно визначити, чи вистачить поточних медичних засобів до надходження додаткової державної допомоги.

*Скринька out Vox: Інформація, яка має бути легкодоступною, включає кількість ліжок у*



*відділенні реанімації, які можна швидко надати, кількість і типи доступних апаратів штучної вентиляції легень, а також наявну кількість антидотів.*

## **IV. ХІМІЧНІ АГЕНТИ**

Бойові хімічні речовини та інші небезпечні агенти класифікуються за їх фізіологічною дією або військовим використанням. Інформацію про ці агенти наведено в **Таблиці 11-2**; в першу чергу ми розглянемо сім категорій агентів. Серед них нервово-паралітичні речовини, везиканти, ціаніди та легеневі агенти також класифікуються відповідно до їх військового використання. Кожен клас агентів має різні патофізіологічні ознаки та симптоми і передбачає різне лікування. Контроль впливу бойових хімічних речовин вимагає специфічних знань про біологічний ефект та клінічного досвіду діагностики та лікування інтоксикацій. На початкової фазі впливу токсин зазвичай невідомий. Таким чином, важливо розпізнати ознаки та симптоми (синдром інтоксикації окремого бойового хімічного агента), отримати інформацію про тип використовуваного агента та почати специфічне/емпіричне лікування.

Як зазначалося раніше, розповсюдження та правильне носіння ЗІЗ мають вирішальне значення, якщо є підозра на хімічну атаку. Запобігання вторинному впливу хімічних речовин на медичних працівників є першочерговим завданням у боротьбі з підозрюваною хімічною атакою, - це дозволяє обмежити додаткові жертви та зберегти максимальну кількість персоналу. Агресивна дезактивація та сортування одразу після застосування ЗІЗ. У рамках цього процесу має бути передбачено розумне використання препаратів невідкладної допомоги, наприклад, внутрішньом'язові ін'єкції антидотів. Оскільки пористі сторонні тіла в ранах можуть містити активні речовини, необхідне видалення та негайна дезактивація сторонніх предметів, як правило, концентрованим розчином гіпохлориту. Особливу увагу слід приділити вивезенню та дезактивації військової та медичної техніки. Увага до деталей під час лікування отруєних хімічними речовинами має вирішальне значення для усунення загрози постійних джерел впливу на пацієнтів та медичних працівників, оскільки постраждалі переміщуються через гарячі, теплі та холодні зони.

### **A. Нервово-паралітичні речовини**

Нервово-паралітичні речовини вперше були розроблені в 1930-х роках в Німеччині для військового використання. Вони за хімічним складом споріднені з фосфорорганічними інсектицидами та викликають токсичну дію, пригнічуючи фермент ацетилхолінестеразу. Інгібування спочатку є оборотним, але зв'язок між агентом і ацетилхолінестеразою може стати постійним і незворотним в рамках процесу, який називається окиснення. Накопичення надмірної концентрації ацетилхоліну в холінергічних синапсах викликає надмірну стимуляцію нервових імпульсів і холінергічний криз. Холінорецептори розташовані в центральній нервовій системі, очах, дихальних шляхах, шлунково-кишковому тракті, сечовому міхурі, серцевому м'язі, потових залозах і кровоносних судинах. Нижче наведено агенти, які викликають найбільше занепокоєння в Інституті медичних досліджень армії США та їхні дволітерні коди, присвоєні НАТО:

- Зарин (GB)
- Табун (GA)

- Зоман (GD)
- Циклогексил зарин (GF)
- Метилфосфонотієва кислота (VX)
- «Новичок» або нервово-паралітичні речовини «А-серії» — це нервово-паралітичні речовини четвертого покоління, але інформація про ці речовини дуже обмежена. Вважається, що вони походять від агентів серії G і V і були розроблені в Радянському Союзі в період між 1970 і 1990 роками. Немає доступної інформації щодо належного захисту, дезактивації або лікування у випадку отруєння цими агентами.

**Таблиця 11-2.** Бойові хімічні агенти

<b>Нервово-паралітичні речовини</b>	<b>Ознаки</b>	<b>Симптоми</b>	<b>Лікування</b>
Зарин Табун Зоман Циклозарин Метилфосфонотієва кислота Агенти типу «Новичок».	Звужені зіниці, спазми бронхів, зупинка дихання, надмірне слиновиділення, посилення виділень, діарея, зниження функції пам'яті, погана концентрація, сплутаність свідомості, фасцикуляція, втрата свідомості, судоми	<i>Помірний вплив:</i> розповсюджені м'язові судоми, нежить, ускладнене дихання, біль в очах, слезотеча, нечіткій зір, потемніння в очах, підвищене потовиділення, кашель, стиснення в грудях, головний біль, тремтіння м'язів <i>Значний вплив:</i> те саме, що вище, плюс раптова втрата свідомості, судоми, слабкість, млявий параліч	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Атропін, 2 мг внутрішньом'язово/внутрішньовенно кожні 5 хвилин</li> <li>▪ Кисень</li> <li>▪ Вентиляційна підтримка</li> <li>▪ 2-РАМ, 600–1800 мг внутрішньом'язово або 1 г внутрішньовенно протягом 20–30 хвилин (максимум 2 г внутрішньом'язово або внутрішньовенно на годину)</li> <li>▪ Повторити прийом атропіну та 2-РАМ за потреби залежно від симптомів</li> <li>▪ Бензодіазепін для лікування судом</li> </ul>
<b>Везиканти</b> Сірчаний іприт Люїзит Азотистий іприт Оксим фосгену	Безсимптомний латентний період (іприт), еритема на шкірі та утворення пухирів, підвищене слезовиділення, набряклі очі, відшарування верхніх дихальних шляхів і набряк легенів, метаболічна	Печіння, свербіж, почервоніння шкіри, подразнення слизових оболонок (виразна слезотеча, печіння та почервоніння очей), набряк повік, задишка, нудота та блювота, кашель, стиснення в грудях, біль у горлі	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Іприт: протиотрути немає</li> <li>▪ Люїзит: Британський анти-люїзит (димеркапрол), якщо є</li> <li>▪ Підтримуюча терапія при опіках</li> </ul>

	недостатність, пригнічення функції кісткового мозку		
<b>Ціаніди</b> Ціанід водню Хлористий ціан	<i>Помірний вплив:</i> метаболічний ацидоз, рівень кисню у венозній крові вище норми, гіпотонія, рожевий колір шкіри <i>Значний вплив:</i> те саме, що вище, плюс кома, судоми, зупинка дихання та серця	<i>Помірний вплив:</i> запаморочення, серцебиття, просторова дезорієнтація, нудота та блювота, головний біль, подразнення очей, гіпервентиляція, сонливість, неспокій <i>Значний вплив:</i> негайна втрата свідомості, судоми, дихальна недостатність, смерть протягом 15 хвилин	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Кисень</li> <li>▪ Гідроксокобаламін*, 5–10 г внутрішньовенно</li> <li>▪ Нітрит натрію, 600 мг внутрішньовенно протягом 5–10 хвилин і</li> <li>▪ Тіосульфат натрію 25 г внутрішньовенно *Бажано використовувати гідроксокобаламін. Якщо немає, можна використати нітрит натрію та тіосульфат натрію (як набір або окремі компоненти).</li> </ul>
<b>Пульмонологічні агенти</b> Хлор Фосген Дифосген Хлоропікрин	Набряк легень з деяким подразненням слизової оболонки, респіраторний дистрес-синдром дорослих або некардіогенний набряк легень, інфільтративні зміни в легенях	Задишка, стиснення в грудях, свист під час дихання, спазми в гортані, подразнення слизових оболонок і шкіри, кашель, відчуття печіння в очах і горлі, нечіткий зір	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Протиотрути немає</li> <li>▪ Мінімізувати навантаження</li> <li>▪ Кисень</li> <li>▪ Контроль виділень</li> <li>▪ Розгляньте бронходилататори та внутрішньовенні стероїди</li> </ul>
<b>Хімічні засоби боротьби з заворушеннями</b> Хлороацетофенон Орто-хлорбензиліден малонітрил Перцевий аерозоль	Сльозотеча, еритема, пошкодження рогівки, ринорея, кашель, задишка, часте дихання, хрипи або хрипи, гіпоксемія, набряк легень, еритема шкіри та утворення пухирів	Подразнення та почервоніння очей, нечіткий зір, кашель, хриплий голос, задишка, біль у горлі, дисфагія, слинотеча, печіння ротоглотки та носа	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Протиотрути немає</li> <li>▪ Зняти одяг</li> <li>▪ Промити очі</li> <li>▪ Підтримка дихання</li> </ul>
<b>Заспокійливі засоби</b> Карфентаніл Суфентаніл Альфентаніл Реміфентаніл Фентаніл	Звужені зіниці, зниження частоти дихання, зниження кишкових шумів	Психічний статус коливається від ейфорії до коми, зниження рівня пильності	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Налоксон 0,4–2 мг внутрішньовенно, повторювати кожні 2–3 хвилини за потреби, не перевищувати 10 мг</li> </ul>
<b>Токсичні промислові хімікати</b>	Еритема шкіри, кашель, хрипи,	Печіння шкіри, задишка, нудота, подразнення	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Підтримуюча терапія</li> </ul>

Подразнюючі гази Кородуючі речовини Асфіксанти Пестициди Метали/металоїди	блювота (враховуючи широкий спектр агентів, ознаки можуть бути обширними та неспецифічними)	очей, біль у горлі (враховуючи широкий спектр агентів, симптоми можуть бути обширними та неспецифічними)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Негайна консультація токсиколога</li> <li>▪ Спрямований контроль відомих впливів</li> </ul>
---	---	--	--

Скорочення: ГРДС, гострий респіраторний дистрес-синдром; в/м, внутрішньом'язово; в/в, внутрішньовенно; 2-РАМ, пралідоксим.

## 1. Діагностика впливу нервово-паралітичних речовин

Поява симптомів залежить від способу отруєння та типу агента. Симптоми можуть проявитися протягом кількох секунд після отруєння шляхом вдихання та до 30 хвилин після потрапляння на шкіру, або ж симптоми можуть з'явитися аж через 18 годин. У той час як респіраторні симптоми зазвичай з'являються вперше після вдихання, шлунково-кишкові симптоми зазвичай з'являються першими після проковтування, що може виникнути при ковтанні фосфорорганічних інсектицидів у випадку спроби самогубства або у випадку випадкового проковтування.

Ацетилхолінові рецептори поділяються на два класи: мускаринові та нікотиніві. Обидва види рецепторів надмірно стимулюються ацетилхоліном, що призводить до сукупності симптомів, які спостерігаються при отруєнні нервово-паралітичними газами. Мускариновий ефект проявляється ускладненнями функції зору, дихальних шляхів, шлунково-кишкового тракту та серцево-судинної системи. Стимуляція нікотинових рецепторів призводить до підвищеної стомлюваності та загальної слабкості, а також до розсіяних м'язових фасцикуляцій та судом.

Міоз (звуження зіниць) і кон'юнктивіт є найпершими ознаками, які зникають після прямого впливу на очі. Розмір зіниць залежить від балансу між симпатичною та парасимпатичною стимуляцією. Тому звуження зіниць може бути асиметричним або уповільненим. Додаткові очні ефекти включають біль в області очей, головний біль і фасцикуляцію повік.

Навіть при мінімальному впливі на дихальні шляхи можливий швидкий розвиток респіраторних симптомів. Ранні респіраторні прояви впливу включають явну ринорею, гіперемію носа, стиснення в грудях і хрипи. Звуження в грудях поступово посилюється по мірі всмоктування агента в системний кровотік. Хоча брадикардія може бути результатом холінергічної стимуляції, насправді тахікардія може розвинути через посилення симпатичної активності, що виникає внаслідок стимуляції нікотинових гангліїв. Вплив на центральну нервову систему включає напруженість, тривогу, хвилювання, неспокій, емоційну нестабільність та запаморочення. При більш сильному впливі можуть виникати головний біль, тремор, сонливість, складність із концентрацією уваги та погіршення пам'яті. За цим може послідувати кома, втрата рефлексів і дихання Чейна-Стокса (ненормальний тип дихання, що включає збільшення частоти дихання, потім зниження частоти дихання, а потім період повної відсутності дихання [апноє]). Смерть настає в основному від дихальної недостатності, спричиненої паралічем дихальних м'язів, втратою контролю дихальних шляхів та профузною бронхореєю (надмірна водянистість слизу).

Абревіатури SLUDGE і DUMBELLS можна використовувати, щоб запам'ятати основний клінічний синдром, викликаний нервово-паралітичними агентами (Таблиця 11-3).

**Таблиця 11-3.** Ознаки та симптоми нервово-паралітичних речовин

SLUDGE/DUMBELLS	Симптоми
S	Слиновиділення (Salivation)
L	Сльозотеча (Lacrimation)
U	Нетримання сечі (Urinary incontinence)
D	Дефекація (Defecation)
G	Розлад ШКТ (GI distress)
E	Блювота (Emesis)
D	Дефекація (Defecation)
U	Сечовипускання (Urination)
M	Міоз (Miosis)
B	Бронхоспазм (Bronchospasm)
E	Блювота (Emesis)
L	Сльозотеча (Lacrimation)
L	Млявість (Lethargy)
S	Слиновиділення (Salivation)

*Скринька з додатковою інформацією: Терапія атропіном усуває ринорею, слиновиділення та сльозотечу; контролює брадикардію та пригнічення кровообігу; розширює бронхи; та усуває бронхорею.*

## **2. Контроль впливу нервово-паралітичних речовин**

Видалення пацієнтів із токсичного середовища є одним з найважливіших кроків у боротьбі з впливом нервово-паралітичних речовин. Дезактивація запобігає подальшому поглинанню нервово-паралітичної речовини та вторинному впливу на медичних працівників. У випадку впливу на шкіру слід здійснити формалізовану дезактивацію в польових умовах та/або перед надходженням до лікарні. Ендотрахеальна інтубація та вентиляція зазвичай необхідні для лікування вентиляційної недостатності та надмірної респіраторної секреції.

Швидкість як появи симптомів, так і окиснення агента ацетилхолінестерази має великий вплив на ефективність антидотів. Атропін і 2-РАМ є двома основними антидотами, які використовуються після впливу нервово-паралітичного газу. Атропін є конкурентним антагоністом мускаринових рецепторів, який усуває ринорею, слиновиділення та сльозотечу; контролює брадикардію та пригнічення кровообігу; розширює бронхи; та зменшує бронхорею. Нудота, блювота і діарея припиняються, з'явиться запор. Судоми можуть бути заблоковані атропіном на дуже обмежений час після впливу нервово-паралітичних речовин. Оскільки інші системи нейромедіаторів залучаються до холінергічної гіперстимуляції мозку (наприклад, гамма-аміномасляна кислота, глутамат), нервово-м'язова передача не може бути відновлена атропіном, що призводить до стійкого дефіциту самостійного дихання.

Рекомендована доза атропіну становить 2 мг внутрішньовенно (в/в), що повторюється кожні 5-10 хвилин до поліпшення вентиляції та усунення бронхіального секрету. Пацієнтам із тяжким отруєнням слід призначити початкову дозу 6 мг. Сукупні дози до 40 мг або вище використовувалися для пацієнтів, які проковтнули фосфорорганічні інсектициди. Подібні дози, ймовірно, знадобляться пацієнтам які зазнали впливу нервово-паралітичної речовини; при плануванні запасів слід враховувати потенційну необхідність застосування індивідуальних доз. Місцевий гоматропін необхідний для лікування міозу, оскільки системний атропін не матиме ефекту, і його слід застосовувати для лікування будь-яких пацієнтів, які зазнали впливу нервово-паралітичних речовин.

Як згадувалося раніше, атропін не регенерує ацетилхолінестеразу. Хлорид пралідоксиму, який є другим агентом у наборі Mark I, відновлює зв'язування нервового агента з ацетилхоліном, регенеруючи ацетилхолінестеразу та дозволяючи ферменту метаболізувати ацетилхолін. Він може реактивувати ацетилхолінестеразу у всій нервовій системі, хоча в меншій мірі в центральній нервовій системі, за умови, що фермент ще не окислився. Після окислення лише утворення нового ацетилхоліну призведе до клінічного поліпшення, а цей процес може тривати від кількох днів до тижнів. Нервово-паралітичні речовини мають різний час окислення; зоман окислюється за 2 хвилини, а зарин – за 5 годин. Типові дози 2-РАМ коливаються від 600 до 1800 мг внутрішньом'язово або 1 г внутрішньовенно протягом 20–30 хвилин (максимум 2 г в/м або в/в на годину). Залежно від тяжкості впливу можуть бути призначені додаткові дози атропіну та 2-РАМ. Рекомендується використовувати до 3 наборів Mark I для лікування ураження нервово-паралітичними речовинами в польових умовах.

Діазепам історично був одним із найефективнішим протисудомним засобом для лікування судом, пов'язаних із ураженням нервово-паралітичними речовинами. Антихолінергічні засоби центральної дії, такі як скополамін, також можуть бути ефективними допоміжними засобами, якщо їх застосовувати протягом 5 хвилин від початку нападу. У стаціонарі діазепам можна вводити внутрішньовенно до зникнення судом, зазвичай доза для дорослих складає приблизно 5–10 мг кожні 10–20 хвилин, але не більше 30 мг протягом 8-годин. Навіть великі дози можуть бути неефективними, якщо лікувати із запізненням. Для використання в польових умовах автоін'єктори діазепаму в наборі CANA доступні в дозуванні 10 мг. Найбільш часто використовувані бензодіазепіни, лоразепам і мідазолам, зазвичай можуть бути використані в умовах реанімації, а також в умовах обмежених ресурсів. Дані, що з'явилися, свідчать про те, що мідазолам може бути більш ефективним, ніж діазепам, хоча лоразепам, ймовірно, є найбільш ефективним засобом для припинення судомної активності після впливу нервово-паралітичного агента. Слід зазначити, що леветирацетам, фенітоїн, фосфенітоїн, карбамазепін, вальпроєва кислота та інші поширені ліки від судом не ефективні для лікування судом, які виникли внаслідок впливу нервово-паралітичних речовин.

## **В. Везиканти**

Везикантні хімічні бойові агенти або блістерні агенти історично є найбільш часто використовуваною хімічною зброєю. Ці агенти є цитотоксичними, алкілюючими агентами, які мають високу ліпофільність і легко проникають через поверхні слизової оболонки, пошкоджуючи місце впливу та в кінцевому підсумку призводячи до значних системних ефектів. Шкіра та очі є типовими анатомічними місцями травми. Іприт є найбільш поширеним і визнаним агентом цієї

групи. Вперше його використали в якості хімічної зброї під час Першої світової війни і досі він залишається загрозою в сучасних зонах конфліктів. Ці сполуки зв'язуються з різними молекулами за допомогою реакційно-здатного іона сульфонію. Вони мають високу спорідненість з нуклеїновими кислотами, а також сірчаними та сульфгідрильними групами в білках. Як згадувалося раніше, вони діють як алкілюючі агенти, негативно впливаючи на такі процеси, як поділ клітин і синтез ДНК. Найімовірніші везиканти, з якими можна стикнутися (та їх коди НАТО):

- Сірчаний іприт (іприт, HD)
- Люїзит (L)
- Азотистий іприт (HN)
- Оксим фосгену (CX)

### 1. Діагностика впливу везикантів

Розпізнати ураження може бути складно, оскільки симптоми можуть бути неспецифічними та проявлятися від кількох годин до днів після початкового ураження, що в кінцевому підсумку затримує або повністю унеможлиблює дезактивацію. Тривалість безсимптомного періоду та тяжкість травми залежать від способу ураження, тривалості контакту, концентрації агента та температури поверхні як навколишнього середовища, так і пацієнта. Висока температура пацієнта та волога шкіра пов'язані з більш серйозними ураженнями шкіри та коротшими прихованими періодами симптомів. Такі ураження шкіри переважно присутні на ділянках, покритих одягом. Спосіб ураження також відіграє важливу роль у прояві симптомів. Прихований період для появи симптомів при впливі рідких везикантів може становити лише 1 годину після контакту з рідиною або кілька днів після легкого впливу пари; однак типовий прихований період впливу пари становить від 6 до 12 годин. У той час як сірчаний іприт має класичний запах, схожий на часник або гірчицю, чистий сірчаний іприт це безбарвна рідина, яка може майже не мати запаху, що ще більше ускладнює діагностичний процес.

Після контакту зі шкірою, вдихання та/або ковтання ці агенти викликають пошкодження епідермального шару шкіри, з яким контактують, та пошкодження епітелію на поверхнях слизової оболонки. У пацієнтів із клінічно вираженим впливом також зазвичай спостерігається ураження очей. Очі відносно швидко реагують на вплив везикантів, оскільки через рогівку можна легше проникнути та вона більш чутлива, ніж шкіра. Очні симптоми можуть розвинутися протягом періоду від 30 хвилин до 3 годин після ураження. Спочатку з'являється світлобоязнь, сльозотеча, роздратування і блефароспазм, а потім геморагічний кон'юнктивіт. Зміни рогівки розвиваються повільніше, ніж кон'юнктивальні, та починаються з поверхневих ерозій з наступним клінічним прихованим періодом приблизно 8 годин, після якого може виникнути помутніння рогівки. Звіти Організації Об'єднаних Націй, що задокументують втрати під час ірано-іракської війни, демонструють класичний вигляд впливу везикантів на шкіру та очі (**Малюнки 11-1, 11-2 і 11-3**).

**Малюнок 11-1.** Ураження очей, набряк очей та кон'юнктивальна ін'єкція через 7 днів після впливу хімічного агента



Відтворено з дозволу Willems JL. Клінічне ведення постраждалих від іприту. *Ann Med Milit Belg.* 1989;35:12.

**Малюнок 11-2.** Пухирі на лобі та щоках через 17 годин після впливу хімічного агента



Відтворено з дозволу Willems JL. Клінічне ведення постраждалих від іприту. *Ann Med Milit Belg.* 1989;35:12.



### Малюнок 11-3. Пухирі на спині та сідницях через 16 годин після впливу хімічного агента



Відтворено з дозволу Willems JL. Клінічне ведення постраждалих від іприту. *Ann Med Milit Belg.* 1989;3S:12.

*Скринька з додатковою інформацією: Характерною ознакою впливу іприту на шкіру є тривалий безсимптомний період до появи симптомів.*

Вдихання пари везикантів може призвести до значного ураження ендотелію дихальних шляхів. Симптоми спочатку включають біль в пазухах, подразнення носа, біль у горлі та надрильний кашель, з подальшим прогресуванням до захриплості та втрати голосу. Вдихання великих доз везикантів може пошкодити нижні дихальні шляхи, спричинити задишку та продуктивний кашель. Далі можуть виникнути гнійний бронхіт і плямиста пневмонія. Згодом можуть розвинутися псевдомембрани, які можуть закупорювати бронхи або трахею та призвести до задухи, якщо не обробити дихальні шляхи та не забезпечити гігієну легенів.

## 2. Контроль впливу везикантів

Лікування після впливу везикантів насамперед є допоміжним для більшості жертв, які пережили ураження іпритом. Єдиним ефективним засобом запобігання токсичної дії цих агентів є рання дезактивація. Медичні працівники повинні носити захисний одяг під час лікування таких пацієнтів. Опікові відділення можуть бути найбільш підходящими місцями для лікування найбільш тяжких пацієнтів, оскільки інфекція є найважливішим ускладнюючим фактором у загоєнні опіків після впливу вези кантів. Місцеві антибіотики слід застосовувати для лікування пухирів і виразок на шкірі, - використання стероїдів для цієї мети на даний момент залишається спірним. Очні ускладнення можна лікувати за допомогою офтальмологічних антибіотиків, стероїдів та лубрикантів. Легке ураження дихальних шляхів зазвичай не потребує лікування, але бронхолітики можуть бути корисними у випадку бронхоспазмів. Для лікування пневмонії можуть знадобитися антибіотики, але не рекомендується їх застосовувати профілактично. Хелатуючий агент британський анти-люїзит (димеркапрол) можна використовувати, якщо везикант - це люїзит, який нагадує іприт за симптомами, ознаками та лікуванням, хоча вплив люїзиту зазвичай проявляється більш різко. Бужування (процедура, що включає просування тонкого жорсткого

циліндричного пристрою в дихальні шляхи для руйнування та зміщення обструкцій) використовується при хронічному лікуванні псевдомембран дихальних шляхів.

## **C. Ціаніди**

Ціанідні агенти часто називають агентами крові, тому що вони поглинаються кров'ю або лімфатичними шляхами і системно розподіляються по всіх тканинах і органах тіла. Ціаніди перешкоджають аеробному диханню, пригнічуючи мітохондріальну цитохромоксидазу, що призводить до тканинної гіпоксії та лактоацидозу. Ціанід-іон утворює стабільний комплекс з тривалентним залізом ( $\text{Fe}^{3+}$ ) в ферментах цитохромоксидази, таким чином пригнічуючи клітинне дихання. Таким чином, останній етап перенесення електронів між субстратом водню та киснем у мітохондріях блокується. Це зупиняє вироблення аденозинтрифосфату, що призводить до втрати енергії, необхідної для метаболізму. Наслідком цього є метаболічний збій, який виникає, незважаючи на нормальне надходження кисню. Ціаніди та їхні коди, присвоєні НАТО:

- Ціанід водню (АС)
- Хлористий ціан (СК)
- Ціанідні солі (наприклад, ціанід натрію та ціанід калію)

### **1. Діагностика впливу ціанідів**

Симптоми токсичності ціаніду залежать від концентрації агента та тривалості впливу. Пацієнти зазвичай відчувають симптоми, подібні до типової інфекції верхніх дихальних шляхів із ринореєю та болем у горлі, що супроводжується відчуттям печіння. Деякі пацієнти повідомляють про запах гірко-мигдалю. Після впливу менших концентрацій ціаніду симптоми з'являються протягом кількох секунд або хвилин, незабаром розвивається гіпервентиляція. Клінічний синдром також нагадує гіпоксію, однак ціаноз майже відсутній. Додатковими симптомами можуть бути головний біль, транзиторна стимуляція ЦНС та запаморочення. Вплив високих концентрацій ціаніду призводить до негайного кисневого голоду, втрати свідомості, судом і дихальної недостатності, що призводить до смерті протягом 1–15 хвилин. Діагноз ставиться на підставі клінічної картини, але високий венозний  $\text{Po}_2$  порівняно з артеріальним  $\text{Po}_2$  є результатом нездатності тканин витягувати кисень, що призводить до класичних «вишнево-червоних» слизових оболонок.

### **2. Контроль впливу ціанідів**

Основним методом лікування ціанідів є вилучення пацієнта з джерела впливу, надання кисню та забезпечення штучної вентиляції легенів, якщо необхідно. Основним способом лікування є гідроксикобаламін у типовій дозі 10 г внутрішньовенно. Гідроксикобаламін працює таким чином, що безпосередньо зв'язується з ціанідом. Крім того, доступні набори ціанідів, які включають нітрит натрію та тіосульфат натрію. Їх можна вводити як окремі компоненти, а також із нітритом натрію 600 мг в/в протягом 5-10 хвилин і тіосульфатом натрію 25 г в/в протягом 10 хвилин в якості типової дози. Додатковий вміст нітриту натрію слід вибирати з урахуванням рівня гемоглобіну та ваги пацієнта. Нітрит натрію вводиться для сприяння секвестрації ціаніду,

оскільки він викликає метгемоглобінемію, з якою ціанід переважно зв'язується порівняно з гемоглобіном. Тіосульфат натрію з'єднується з будь-яким вільним ціанідом, що залишився, утворюючи тіоціанат, який виводиться із сечею. Нарешті, якщо доступна, гіпербарична киснева терапія (НВО<sub>2</sub>) може використовуватися як додаткове лікування на додаток до специфічної антидотної терапії, згаданої раніше. Слід зазначити, що амільнітрат раніше був доступний для застосування у вигляді інгаляції та вважався агентом першої лінії для лікування уражень токсичними ціанідами. Однак він більше не вважається прийнятним агентом після виключення в 2018 році Управлінням з контролю за якістю харчових продуктів і лікарських засобів США (FDA) зі списку затверджених антидотів токсичних ціанідів.

*Скринька з додатковою інформацією: Гідроксокобаламін безпосередньо зв'язується з ціанідом.*

## **D. Пульмонологічні агенти**

Легеневі агенти – це леткі гази або сполуки, які викликають прямі легеневі ускладнення, такі як бронхоспазм, ураження дихальних шляхів, і можуть призвести до ГРДС. Фосген був основним легневим агентом, який використовувався в хімічній війні. Як і іприт, він вперше був використаний в Німеччині під час Першої світової війни, - тоді він спричинив 80% усіх смертей від впливу хімічних речовин. Фосген – це безбарвний газ, який нелегко всмоктується шкірою, а при вдиханні в першу чергу призводить до набряку легенів і може викликати бактеріальну пневмонію з ускладненнями. Крім ураження органів дихання, ці агенти можуть викликати значний кон'юнктивіт. Найбільш застосовуваним респіраторним агентом у сучасних війнах є газоподібний хлор. Він широко доступний та його легко використовувати за допомогою вибухівки. Крім використання в якості хімічної зброї, він також пов'язаний з промисловими аваріями. Пульмонологічні агенти та їхні коди, присвоєні НАТО:

- Хлор (CL)
- Фосген (CG)
- Дифосген (DP)
- Хлорпікрин (PS)

### **1. Діагностика впливу пульмонологічних агентів**

Характерною ознакою отруєння фосгеном є масивний набряк легенів. Початкові симптоми включають задишку, стиснення в грудях, свист під час дихання, спазми в гортані, почервоніння слизових оболонок, кашель, відчуття печіння в очах і горлі, нечіткий зір. Задишка, кашель, тахіпноє та ціаноз зазвичай передують набряку легенів. Напруга посилює і прискорює появу симптомів. Якщо пацієнт виживає після початкового синдрому, виведення починається протягом 48 годин, і за відсутності ускладнюючої інфекції залишкові ушкодження можуть бути незначними або відсутніми взагалі.

### **2. Контроль впливу пульмонологічних агентів**

Специфічного лікування отруєння фосгеном або хлором не існує. Підтримуюча терапія має

вирішальне значення. Кисень слід вводити із зволоженням, щоб підтримувати належне насичення киснем. Бронходилататорна терапія  $\beta$ 2-агоністами (такими як альбутерол) і мускариновими антагоністами (такими як іпратропій) є основою терапії бронхоспазмів. Кортикостероїди можуть бути корисними при лікуванні тяжкого бронхоспазму, особливо у осіб, які мають в анамнезі реактивне захворювання дихальних шляхів, хоча немає остаточних клінічних доказів ефективності щодо зменшення тяжкості гострого ураження легень або набряку легень або покращення виживання.

*Скринька з додатковою інформацією: Підтримуюча терапія є основою лікування інгаляційного отруєння фосгеном або хлором.*

## **Е. Хімічні засоби боротьби з заворушеннями**

Хімічні засоби боротьби з заворушеннями або натовпом зазвичай використовуються для тимчасового виведення з ладу і вважаються не смертельними. Вони характерно діють на очі та слизові оболонки, викликаючи сильний біль і сльозотечу. Високі концентрації подразнюють верхні дихальні шляхи та шкіру та можуть викликати нудоту та блювоту. Хімічні засоби боротьби з заворушеннями та їхні коди, присвоєні НАТО:

- Хлороацетофенон (Масе, CN)
- Орто-хлорбензиліден малонітрил (CS)
- Перцевий аерозоль (OC)

### **1. Діагностика впливу хімічних засобів боротьби з заворушеннями**

Дія хімічних засобів боротьби з заворушеннями відчувається майже відразу, зазвичай протягом кількох секунд або хвилин після впливу, і може тривати від 5 до 10 хвилин. Діагностування цих агентів здійснюється за запахом та наявністю впливу на очі та дихальні шляхи. Вплив на очі включає сльозотечу, еритему, пошкодження рогівки та блефароспазм. Респіраторні ознаки включають ринорею, кашель, задишку, тахіпноє, хрипи, гіпоксемію та набряк легень. Ці агенти можуть загострити вже існуючі захворювання легень. Вплив на шкіру включає відчуття печіння, еритему, дерматит і, рідко, утворення пухирів.

### **2. Контроль впливу хімічних засобів боротьби з заворушеннями**

Хімічні засоби боротьби з заворушеннями зазвичай мають короточасний ефект і навряд чи здатні призвести до летального результату. Лікування зазвичай включає зняття одягу та промивання очей. Респіраторна підтримка складається з додаткового кисню та бронходилататорів, якщо сталося серйозне ураження органів дихання. Еритема та відчуття печіння на шкірі є тимчасовими і не потребують лікування. Більш важкі шкірні реакції можна лікувати за допомогою місцевих засобів, таких як лосьйон з каламіном або кортикостероїдний крем. Важливо зазначити, що при використанні не за призначенням ці подразники можуть спричинити постійну інвалідність і смерть через вторинні серцево-легеневі ускладнення від симпатичного сплеску або гострої обструкції дихальних шляхів. Повідомлялося про значну

захворюваність внаслідок використання пристроїв, що перевищують рекомендовані дози та подальшої паніки серед натовпу.

## **F. Заспокійливі засоби**

26 жовтня 2002 року російські військові провели операцію в театрі, де в заручники було захоплено понад 800 осіб. Перед штурмом було застосовано невідомий газ, щоб вивести людей з ладу. Через чотири дні міністр охорони здоров'я росії заявив, що «для нейтралізації терористів було використано похідні фентанілу». Ефективність аерозолів фентанілу та похідних фентанілу як заспокійливих засобів обумовлена їх дією на опіоїдні рецептори, що призводить до синдрому передозування опіоїдами. Хоча ці засоби мають короточасний ефект, як засоби для боротьби з заворушеннями, смертельна інтоксикація можлива через їхню потужність, а також мінливість розподілу дози та поглинання після розпилення аерозолу.

### **1. Діагностика та контроль впливу заспокійливих агентів**

Оскільки легко впізнавані звужені зіниці є ознакою дії нервово-паралітичних речовин, а також опіоїдів, спочатку може бути важко відрізнити потенційні причини. Цікаво, що спочатку пацієнтів з російського театру лікували антидотами нервово-паралітичної речовини, які виявилися неефективними. В умовах невідомого впливу передбачувана токсичність нервово-паралітичної речовини є розумним вибором, оскільки забезпечення киснем і вентиляційна підтримка також є основою терапією опіоїдної інтоксикації. Хоча аерозолі фентанілу і похідні фентанілу, наприклад карфентаніл, які були використані в російському театрі, за структурою не схожі на природні опіати, вони викликають знеболювальний ефект, пригнічують функцію дихання та роботу центральної нервової системи, а також викликають міоз.

Опіоїдний антагоніст налоксон є основою фармакологічного лікування. Хоча стандартних рекомендацій щодо дозування налоксону не існує, зазвичай прийнято використовувати мінімальну клінічно ефективну дозу для підтримки адекватного дихання за допомогою повторного внутрішньовенного болюсного введення. Звичайні діапазони дозування становлять 0,1–0,2 мг кожні 2–3 хвилини для часткової реверсії та 0,4–2,0 мг кожні 2–3 хвилини для повної реверсії. Якщо пацієнт все ще дихає самостійно, легені адекватно насичуються киснем, а дихальні шляхи захищені, спочатку розгляньте можливість часткової реверсії (зменшення) дози; але якщо розширене лікування дихальних шляхів неминуче, подумайте про повну реверсивну дозу. При застосуванні налоксону існує потенційна кардіотоксичність, включаючи тахікардію, шлуночкову тахікардію та фібриляцію і навіть зупинку серця, тому слід рекомендувати застосовувати «необхідну» дозу залежно від ступеня центральної та дихальної недостатності від передозування опіоїдами. Цей препарат можна вводити в/в, в/м, підшкірно, інтраназально та через ендотрахеальну трубку, хоча дози для різних способів дещо відрізняються. Якщо для підтримки клінічної стабільності потрібне часте повторне введення, є доступні номограми для оцінки дозування для безперервної інфузії: зазвичай встановлюють погодинну інфузійну дозу на рівні двох третин ефективного в/в введення. Рекомендується тривалий клінічний моніторинг, оскільки фентаніл та його похідні добре розчиняються в жирах і мають широкий обсяг розподілу. Дослідження на тваринах показали, що наркотичний ефект карфентанілу може повторюватися до 24 годин після введення налоксону.

## **G. Токсичні промислові хімікати (TICs)**

У глобальному масштабі хімічна промисловість є величезною, швидко розширюється і становить значну частину промислової бази в розвинених країнах і країнах, що розвиваються. Ці хімічні речовини потрібні в різних сферах повсякденного життя, включаючи, зокрема, пестициди, добрива та побутові засоби для чищення. Враховуючи величезні запаси хімічних речовин, які часто зустрічаються в слаборозвинених країнах, їх потенціал для використання в якості зброї або випадкового вивільнення, ймовірно, продовжуватиме зростати. ТПХ визначаються як промислові хімічні речовини з середньою смертельною дозою менше 100 000 мг/м<sup>3</sup> на хвилину для видів ссавців і виробляються в кількості, що перевищує 30 тонн на рік на одному виробничому об'єкті. Місцевий контроль (як адміністративні, так і фізичні бар'єри) має вирішальне значення для обмеження навмисного або випадкового ураження. Крім того, очисні споруди, спільно з місцевими органами влади, повинні знати про конкретні сховища або виробничі потужності, щоб забезпечити їх готовність. ТПХ включають наступне:

- Подразнюючі гази (аміак, хлор і діоксид сірки)
- Корозійні речовини (азотна, сірчана та фтористоводнева кислоти)
- Задушливі засоби (сірководень і ціаніди)
- Пестициди (малатіон і паратіон)
- Метали/металоїди (миш'як і ртуть)

### **1. Діагностика та контроль впливу токсичних промислових хімічних речовин**

Діагностика впливу ТПХ сильно залежить від присутності відомого хімікату в даному місці. Ці хімічні речовини можуть спричинити травми через безліч механізмів через респіраторний, очний і шкірний вплив або шляхом проковтування. Враховуючи широкий спектр хімічних речовин, характер ушкодження, пов'язаний із конкретним впливом, буде змінюватись із зусиллями, спрямованими на виявлення та лікування певної етіології. Якщо можливо, слід якомога раніше залучити клінічних токсикологів, особливо якщо очікується масове ураження. У світлі широкого спектру засобів підтримуюча терапія залишається основним лікуванням.

### **Ключові моменти: Невідкладна допомога при ураженні хімічними речовинами**

- Медичні працівники повинні зберігати високу пильність у випадку інциденту з хімічними речовинами, коли до лікарні надходить наплив пацієнтів із подібним комплексом симптомів, часом, а також історією ураження або локалізації. Історія має ключове значення для диференціації впливу хімічних речовин від спалахів інших захворювань.
- Більшість пацієнтів звертаються до лікарні без попередньої дезактивації. Навіть якщо дезактивація проводиться на місці інциденту, її слід завершити до того, як пацієнти надходять до приймаючого закладу охорони здоров'я.
- Унікальні вимоги до ведення пацієнтів після ураження хімічними агентами висувуються до персоналу, простору та медичних ресурсів на додаток до необхідних зусиль з дезактивації.

- Потрійна мета дезактивації: (1) захистити пацієнтів від подальшого ураження залишками агента на одязі та шкірі, (2) захистити медичних працівників від травм, спричинених контактом із залишком агента, та (3) виключити зараження закладу і таким чином продовжити лікування постраждалих.
- Медичні працівники повинні носити під час роботи з постраждалими від хімічного впливу засоби індивідуального захисту, бажано рівня С OSHA.
- Ступінь тяжкості симптомів у пацієнтів' залежить від токсичності хімічної речовини, її концентрації та тривалості контакту.
- Симптоми зараження нервово-паралітичними речовинами відрізняються залежно від способу та дози впливу. Варіанти лікування включають дезактивацію, оцінку дихальних шляхів, дихання та кровообігу, підтримуючу терапію та антидоти. Лікування атропіном слід титрувати до виділень. Смерть зазвичай є вторинною після асфіксії. Введення пралідоксиму є важливим на ранньому етапі, оскільки це єдиний ефективний антидот.
- Шлях, доза та час впливу ціанідів, незалежно від того, чи є вони швидкодіючими леткими газами чи безбарвною рідиною, визначають тяжкість системного отруєння. Гідроксиокобаламін є основним препаратом з тіосульфатом натрію та нітритом натрію, які постачаються в наборах антидотів ціаніду. Якщо розпізнати і почати лікувати вчасно, одужання, як правило, настає швидко. Додатковий гіпербаричний кисень можна застосовувати в установах, які мають таку можливість.
- Везиканти швидко проникають як через шкіру, так і через слизові оболонки і впливають на очі, шкіру, легені, слизові оболонки та органи кровотворення. Враховуючи відсутність специфічного антидоту, варіанти лікування зводяться до дезактивації, місцевих ліків та антибіотиків, протиблювотних засобів, підтримуючих препаратів крові та рідинної терапії. Гостра смертність відносно низька, але захворюваність висока.
- Легеневі агенти пошкоджують альвеолярно-капілярну мембрану, викликаючи значний витік рідини в легені. Варіанти лікування включають дезактивацію, підтримуючу терапію, внутрішньовенне введення рідини, ШВЛ та судинозвужувальні засоби.
- Агресивна підтримуюча терапія залишається основою лікування впливу більшості хімічних засобів боротьби з заворушеннями, заспокійливих засобів і токсичних промислових хімікатів (включаючи використання налоксону для заспокійливих засобів). Для визначення та лікування впливу цих агентів необхідна консультація з токсикологом на ранньому етапі.

## Рекомендована література

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents (MIMI). Volume III. 2001. Атланта, Джорджія: Міністерство охорони здоров'я та соціального забезпечення США, Служба охорони здоров'я (US Department of Health and Human Services, Public Health Service).
2. California Emergency Medical Services Authority/Hospital and Healthcare System Disaster Interest Group. Patient Decontamination Recommendations for Hospitals. 2005. [www.emsa.ca.gov/disaster/recommend.asp](http://www.emsa.ca.gov/disaster/recommend.asp).
3. Chemical Casualty Care Division. Medical Management of Chemical Casualties Handbook, 3rd ed.

Aberdeen Proving Ground, лікар: Медичний науково-дослідний інститут хімічної оборони армії США (US Army Medical Research Institute of Chemical Defense (USAMRICD)); 2000 рік.

4. Ciottone GR. Toxidrome Recognition in Chemical-Weapons Attacks. *N Engl J Med*. 2018;378(17):1611–1620.
5. Dart RC, Goldfrank LR, Erstad BL та ін. Expert Consensus Guidelines for Stocking of Antidotes in Hospitals That Provide Emergency Care. *Ann Emerg Med*. 2018;71(3):314–325.e1. doi: 10.1016/j.annemergmed.2017.05.021. Еpub 29 червня 2017 р PMID: 28669553.
6. Franca TCC, Kitagawa DAS, Cavalcante SFA та ін. The Dangerous Fourth Generation of Chemical Weapons. *Int J Mol Sci*. 2019;20(5):1222.
7. Haar RJ, Iacopino V, Ranadive N, Weiser SD, Dandu M. Health impacts of chemical irritants used for crowd control: a systematic review of the injuries and deaths caused by tear gas and pepper spray. *BMC Public Health*. 2017;17(1):831. Опубліковано 19 жовтня 2017 р. doi:10.1186/s12889-017-4814-6
8. Involving the Release of Hazardous Substances. [www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/html/hospital\\_firstreceivers.html](http://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/html/hospital_firstreceivers.html). Опубліковано в січні 2005 року.
9. Leikin JB, Thomas RG, Walter FG, Klein R, Meislin HW. A review of nerve agent exposure for the critical care physician. *Crit Care Med*. 2002;30(10):2346–2354.
10. Mishra R, Geiling J. Chemical Agents in Disaster: Care and Management in the Intensive Care Unit. *Crit Care Clin*. 2019;35(4):633–645. doi: 10.1016/j.ccc.2019.05.002. Еpub 2019 15 липня.
11. Noeller TP. Biological and chemical terrorism: recognition and management. *Cleve Clin J Med*. 2001;68(12):1001–1002.
12. Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, та ін. The Tokyo subway sarin attack: disaster management, part 1: community emergency response. *Acad Emerg Med*. 1998;5(6):613–617.
13. Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, та ін. The Tokyo subway sarin attack: disaster management, part 2: hospital response. *Acad Emerg Med*. 1998;5(6):618–624.
14. Okumura T, Suzuki K, Fukuda A, та ін. The Tokyo subway sarin attack: disaster management, part 3: national and international responses. *Acad Emerg Med*. 1998;5(6):625–628.
15. Rodgers GC Jr, Condurache CT. Antidotes and treatments for chemical warfare/terrorism agents: an evidence-based review. *Clin Pharmacol Ther*. 2010;88:318.
16. Russell D, Simpson J. Emergency planning and preparedness for the deliberate release of toxic industrial chemicals. *Clin Toxicol (Phila)*. 2010;48(3):171–176. doi: 10.3109/15563651003698042. PMID: 20334545
17. Sidell FR, Takafuji ET, Franz DR, eds. Medical aspects of chemical and biological warfare. In: Zajtchuk R, Bellamy RF, eds. *Textbook of Military Medicine, Part I: Warfare, Weaponry and the Casualty*. Washington, DC: US Department of the Army, Office of the Surgeon General, and Borden Institute; 1997 рік.
18. Szinicz L. History of chemical and biological warfare agents. *Toxicology*. 2005;214(3):167–181.
19. US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. OSHA Best Practices for Hospital-Based First Receivers of Victims from Mass Casualty Incidents. [https://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/html/hospital\\_firstreceivers.html](https://www.osha.gov/dts/osta/bestpractices/html/hospital_firstreceivers.html)
20. Wax PM, Becker CE, Curry SC. Unexpected “gas” casualties in Moscow: a medical toxicology



perspective. *Ann Emerg Med.* 2003;41(5):700–705. doi: 10.1067/mem.2003.148. Erratum in: *Ann Emerg Med.* 2003;42(2):265.

21. Wax PM, Becker CE, Curry SC. Unexpected “gas” casualties in Moscow: a medical toxicology perspective. *Ann Emerg Med.* 2003;41(5):700–705. doi: 10.1067/mem.2003.148. Erratum in: *Ann Emerg Med.* 2003;42(2):265.
22. Zilker T. Medical management of incidents with chemical warfare agents. *Toxicology.* 2005;214(3):221–231.

## Рекомендовані веб-сайти

1. Агенція з реєстрації токсичних речовин та захворювань. Департамент охорони здоров'я та соціальних служб (Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Department for Health and Human Services). <http://www.atsdr.cdc.gov>.
2. Агенти, хвороби, а також готовність до надзвичайних ситуацій та реагування. Центри контролю та профілактики захворювань (Agents, Diseases, and Emergency Preparedness and Response. Centers for Disease Control and Prevention). <http://www.emergency.cdc.gov/agent/>.
3. Ліквідація хімічної зброї. Центри контролю та профілактики захворювань (Chemical Weapons Elimination. Centers for Disease Control and Prevention). <https://www.cdc.gov/nceh/demil/default.htm>
4. Готовність до надзвичайних ситуацій та реагування на надзвичайні ситуації з використанням хімічної зброї. Центри контролю та профілактики захворювань (Emergency Preparedness and Response Chemical Emergencies. Centers for Disease Control and Prevention). <https://emergency.cdc.gov/chemical/>
5. Рекомендації з медичної допомоги при гострих хімічних впливах. Агенція з реєстрації токсичних речовин та захворювань (Medical Management Guidelines for Acute Chemical Exposures. Agency for Toxic Substances and Disease Registry). <https://www.atsdr.cdc.gov/mmg/index.asp>
6. Медичний науково-дослідний інститут хімічної оборони армії США (US Army Medical Research Institute of Chemical Defense). <https://usamricd.amedd.army.mil/>
7. Всесвітня організація охорони здоров'я – рекомендації та публікації щодо інцидентів із використанням хімічних речовин (World Health Organization – Chemical Incidents Guidelines and Publications). [https://www.who.int/health-topics/chemical-incidents#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/chemical-incidents#tab=tab_1)