

## М. Г. Проданчук, А. В. Басанець, Н. В. Курділь ЗАХВОРЮВАННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ВІД ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВОЄННИХ ДІЙ

Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л. І. Медведя Міністерства охорони здоров'я України

### ЗАХВОРЮВАННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІВ ДИХАННЯ ВІД ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПОВІТРЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВОЄННИХ ДІЙ

М. Г. Проданчук, А. В. Басанець, Н. В. Курділь

Резюме

Проблема розвитку захворювань дихальної системи у військових та цивільного населення від впливу забруднювачів повітря на території воєнних дій для України є новою. Зважаючи на різноманітність джерел забруднення повітря, комбінованого впливу різнопланових небезпечних чинників, питання потребує ретельного дослідження з вивченням досвіду, набутого в зонах бойових дій в різних країнах світу.

**Мета.** Аналіз епідеміологічних та клінічних даних щодо факторів забруднення атмосферного повітря на території воєнних дій та пов'язаних з їхнім впливом порушень стану бронхолегеневої системи у військових та цивільного населення.

**Матеріали та методи.** Аналітичний огляд наукових публікацій виконаний з використанням реферативних баз наукових бібліотек Pub Med, Medline і текстових баз даних наукових видавництв Pub Med, Central, BMJ group та інших VIP-баз даних.

**Результати.** До складу забруднювачів атмосферного повітря на території воєнних дій окрім порохових газів входять пари палива, сірчаний іприт, хлорорганічні речовини, забруднювачі ям для спалювання сміття: тверді частки, діоксин, п-гексан, бензол тощо, що формують складну комбіновану дію на систему органів дихання. Найбільш розповсюдженою хронічною патологією бронхолегеневої системи у осіб, що перебувають в зоні бойових дій, є бронхіальна астма, констриктивний бронхіоліт, сталі бронхообструктивні стани, інтерстиціальні захворювання легень: гіперсенситивний пневмоніт, криптогенна організуюча пневмонія, що відносяться до DRLD — Deployment-Related Lung Diseases (захворювання легень, пов'язані з військовим розгортанням). Дані щодо функціональних, візуалізаційних та патоморфологічних біомаркерів хронічних захворювань легень є недостатніми та суперечливими.

**Висновки.** Широкий спектр забруднювачів атмосферного повітря в зоні воєнних дій чинить комбіновану дію на організм військових та цивільного населення, призводячи до розвитку захворювань бронхолегеневої системи запального, алергічного, фіброзуючого, імунного характеру. Розуміння механізму розвитку таких захворювань, визначення біомаркерів функціональних, візуалізаційних та патоморфологічних ознак може стати серйозним інструментом в діагностиці патології легень у військових та населення, що перебувають в зоні воєнних дій.

**Ключові слова:** захворювання системи органів дихання, територія воєнних дій, впливу хімічних забруднювачів повітря.

Укр. пульмонолог. журнал. 2023;31(1):49–56.

Микола Проданчук

Директор ДП «Науковий центр превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л. І. Медведя

Міністерства охорони здоров'я України»

Член-кореспондент Національної академії медичних наук України

Доктор мед. наук, професор,  
03127, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 6

Тел. +38 044 258 47 73

office.medved@gmail.com

### RESPIRATORY DISEASES CAUSED BY EXPOSURE TO CHEMICAL AIR POLLUTANTS IN TERRITORY OF HOSTILITIES

M. G. Prodanchuk, A. V. Basanets, N. V. Kurdil

Abstract

The problem of the respiratory diseases in the military and civilians caused by exposure to air pollutants on the territory of hostilities is new for Ukraine. Given the variety of sources of air pollution, the combined exposure to diverse hazards, this issue requires careful research and analysis of experience gained in war zones in different countries of the world.

**Aim:** analysis of epidemiological and clinical data on air pollution in the territory of hostilities and its influence on respiratory system of the military and civilians.

**Materials and methods.** Analytical review of scientific publications was carried out using abstract databases of scientific libraries: Pub Med, Medline and text databases of scientific publishing houses Pub Med, Central, BMJ group and other VIP-databases.

**Results.** In addition to explosive gases, atmospheric air pollutants in the territory of hostilities include vehicle exhaust emission, sulfur mustard gas, organic chlorines, pollutants of burn pits: particulate matter, dioxin, n-hexane, benzene, etc., which form a complex combined effect on the respiratory system. The most common chronic respiratory diseases in combat zone are: bronchial asthma, constrictive bronchiolitis, persistent bronchoobstructive conditions, interstitial lung diseases (hypersensitivity pneumonitis, cryptogenic organizing pneumonia (so called deployment-related lung diseases)). Data on functional, imaging, and pathomorphological biomarkers of chronic respiratory diseases are insufficient and inconsistent.

**Conclusions:** A wide range of air pollutants in the war zone has a combined effect on the health of the military and civilians, leading to the development of inflammatory, allergic, fibrotic, immune-related respiratory diseases. Understanding the mechanism of development of such diseases, determining biomarkers of functional, imaging and pathomorphological signs can be a serious tool in the diagnosis of respiratory diseases in the military and civilian population in the war zone.

**Key words:** respiratory diseases, the territory of military operations, exposure to chemical air pollutants.

Ukr. Pulmonol. J. 2023;31(1):49–56.

Mykola G. Prodanchuk

Director of State enterprise "L.I. Medved's Research Center of Preventive Toxicology,

Food and Chemical Safety of the Ministry of Health of Ukraine"

Professor, corresponding member  
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine

03127, Kyiv, 6, Heroiv Oborony

Tel. +38 044 258 47 73

office.medved@gmail.com

Проблема розвитку захворювань дихальної системи у військових, персоналу миротворчих місій та цивільного населення від впливу забруднювачів повітря на території воєнних дій для України є новою. Якщо питаннями захворюваності військових внаслідок впливу різноманітних факторів розгортання воєнних операцій опікуються департаменти охорони здоров'я військових служб в різних країнах, здоров'я цивільного населення, що проживає в зонах збройних конфліктів, на жаль, залишається темою не вивченою. Відсутній систематичний медичний нагляд за постраждалими цивільними громадянами, алгоритм дій у випадках настання уражень від впливу специфічних забруднювачів, протоколи ведення таких пацієнтів. З огляду на проведення воєнних дій на значних територіях в декількох регіонах України, різноманітність джерел забруднення повітря, недоступність медико-санітарного обслуговування для цивільного населення на таких територіях, питання потребує ретельного дослідження з вивченням досвіду та матеріалів, набутих в зонах бойових конфліктів в різних країнах світу.

В країнах, що мають досвід участі у воєнних діях, при міністерствах охорони здоров'я, міністерствах зі справ ветеранів створені Департаменти з надання медичної допомоги та контролю за станом здоров'я військових та членів їх родин, що перебували у зонах бойових дій.

Небезпека для здоров'я населення, персоналу миротворчих та стабілізаційних місій, військових, що перебувають на території воєнних дій, вивчалась в декількох регіонах воєнних конфліктів, в основному дослідження стосуються постраждалих в Іраку і Афганістані, а також в Південно-Західній Азії. Відомі дослідження, що стосуються вивчення гігієнічних умов, рівнів експозиції токсичними речовинами, патології різних органів і систем у військових та працівників миротворчих місій, задіяних на території проведення воєнних дій. При цьому дані про захворювання бронхолегеневої системи у цивільного населення, що проживає на зазначених територіях, є обмеженими.

Зважаючи на специфіку забруднення атмосферного повітря, що включає комплекс небезпечних хімічних та фізичних факторів, специфічні географічні умови, в зоні воєнних дій найбільш розповсюдженою групою у військових та цивільного населення є хронічна патологія бронхолегеневої системи, яка включає захворювання запального, алергічного, фіброзного та імунного генезу в залежності від превалювання етіологічного чиннику.

У світовій практиці створена та використовується специфічна термінологія для груп захворювань, що розвиваються внаслідок впливу на організм забруднювачів саме під час військового розгортання та бойових дій.

*Мета дослідження* — провести аналіз епідеміологічних та клінічних даних щодо факторів забруднення атмосферного повітря на території воєнних дій та пов'язаних з їхнім впливом порушень стану бронхолегеневої системи у військових та цивільного населення.

### Матеріали та методи

Аналітичний огляд наукових публікацій виконаний з використанням реферативних баз наукових бібліотек

Pub Med, Medline і текстових баз даних наукових видавництва Pub Med, Central, BMJ group та інших VIP-баз даних.

### Результати та їх обговорення

На території зони воєнних дій в Іраку і Афганістані з 2004 по 2013 р. визначалось забруднення повітря твердими частками, діоксином, n-гексаном, бензолом, джерелом яких були ями для спалювання сміття, де утилізували пластикові пляшки, пенопластові лотки, медичні відходи тощо. Повідомляється також, що серйозне додаткове забруднення створювали піщані бурі, характерні для даної географічної локації. Це була перша війна, де використовувались саморобні вибухові пристрої (дорожні фосфатні бомби тощо), що не тільки були джерелом токсичних металів, але й вибухової хвилі, яка призводить до прямого ураження легень за рахунок збиткового тиску [1].

Значну частину забруднення повітря в зоні воєнних конфліктів становлять порохові гази, що являють собою суміш, до складу якої входять оксид та діоксин вуглецю, оксиди азоту, азот, водень, метан. Крім того, у складі порохових газів можуть визначатись ціаністи сполуки, сірководень, діоксин сірки. Концентрація газів, що утворюється під час стрільби, змінюється залежно від ступеню розкладання вибухових матеріалів і умов, в яких відбувається реакція горіння та детонація порошу. За певних атмосферних умов значна концентрація порохових газів може створюватись безпосередньо в окопах, бліндажах та інших бойових приміщеннях. Особливо небезпечна ситуація виникає при скупченні в закритих приміщеннях стріляних гільз, при розриві авіабомб, мін, снарядів у різного роду укриттях та спорудах [2]. При детонації таких вибухових речовин як аматол та гексоген, окрім згаданих речовин, описується виділення в атмосферне повітря формальдегіду та великої кількості ідентифікованої та неідентифікованої органіки [3].

Патологічний процес, що виникає при впливі на організм порохових газів та являє собою симптомокомплекс отруєння, носить назву «порохова хвороба». У патогенезі захворювання відіграють роль особливості впливу окремих хімічних сполук, що входять до складу порохових газів, у більшості випадків переважає клініка отруєнь монооксидом вуглецю, рідше вуглекислим газом і окислами азоту. При цьому токсична дія окремих речовин при їх поєднанні сумовується й потенціюється, викликаючи гостре отруєння, що проявляється патологічними ознаками з боку нервової, серцево-судинної, респіраторної систем, шлунково-кишкового тракту, крові, психічної сфери [2].

При вивченні даних щодо впливу сірчаного іприту, хлорорганічних речовин, парів палива, іонізуючого випромінювання на території воєнних дій вивчалась було проаналізовано публікації щодо епідеміологічних та біомоніторингових досліджень. Автори роботи роблять заключення, що лише дослідження, які аналізували молекулярні біомаркери, дадуть доказові висновки щодо впливу забруднень атмосферного повітря та ризику захворювань у військових та населення на таких територіях [4].

Небезпеки для здоров'я, які становлять серйозну епідеміологічну загрозу в зонах бойових дій — це захворювання, спричинені біологічними чинниками (бактеріями, вірусами), захворювання дихальної системи, хвороби, що передаються статевим шляхом, бойові поранення та не бойові травми, дорожньо-транспортні пригоди. Ще однією значною проблемою здоров'я на території бойових дій є психічні розлади, що можуть виникати як безпосередньо після травматичної події, так і опосередковано через деякий час [5].

При оцінці санітарно-гігієнічних умов слід враховувати не тільки безпосередню небезпеку від впливу наслідків вибухів, пожерів, але й різні геологічні та кліматичні умови. Наприклад, деякі з миротворчих місій ООН здійснювались у відносно стабільному геополітичному середовищі, тоді як стабілізаційні місії в Іраку та Афганістані, що були фактично бойовими діями, належать до групи найбільш небезпечних воєнних операцій у світі. Бойові дії, нагріваючий та охолоджуючий мікроклімат, географічна позиція (висота над рівнем моря тощо), незадовільні санітарно-гігієнічні умови спричиняють виникнення різноманітних ушкоджень організму у місцевого населення, військових, представників миротворчих місій, що представляють населення імігрантів. Міністерство по справах ветеранів в США ініціювало створення Реєстру Забруднювачів повітря в зоні воєнних операцій, що може використовуватись для моніторингу і оцінки стану повітря при військових розсортюваннях в будь-яких локаціях [5].

Розгортання військ у Південно-Західній Азії у 2003 року на підтримку операції Enduring Freedom/Iraqi Freedom/New Dawn створило унікальні умови для вивчення ризиків розвитку захворювань бронхолегеневої системи у населення та військових, що перебували та зазначеній

території. Небезпечними чинниками, що знаходяться в повітрі зони проведення бойових дій, були визначені зважений геологічний пил, дим від спалювальних ям для сміття, вибухові та вихлопні гази, промислове забруднення повітря, окремі випадки випромінювання. Зазначені фактори можуть спричинити як гострі респіраторні симптоми, так і розвиток хронічних захворювань легень. Хоча збільшення частоти респіраторних симптомів у населення та військових в зоні бойових дій добре задокументовано, залишаються малочисельними дослідження щодо впливу твердих часток у повітрі на розвиток хронічних розповсюджених та рідких захворювань легень. Такі патологічні стани як гостра еозинофільна пневмонія, заострення бронхіальної астми були належним чином задокументовані, однак, існують певні суперечки щодо потенційних наслідків впливу експозиції забруднювачами повітря в зоні бойових дій на розвиток такого рідкісного захворювання як констриктивний бронхіоліт. Також залишається відкритим питання щодо ролі куріння в розвитку патології у зазначеного контингенту [6].

Департамент здоров'я Міністерства по справах ветеранів США визначив перелік станів, що мають презумпцію при вирішенні питання їх зв'язку з експозицією забруднювачами повітря на території воєнних розгортювань, де розташовані спалювальні ями (табл.1). В переліку як онкологічних, так і інших захворювань при цьому превалює патологія бронхолегеневої системи [7].

З початком вивчення стану здоров'я у населення та військових на території проведення воєнних дій в науковій літературі та медичній спільноті з'явилась нова термінологія для визначення патології, що розвивається саме в таких специфічних умовах. Дослідженням, проведеним серед 224 військових, що приймали участь у збройному конфлікті в Іраку і Афганістані, встановлено, що 97,2 % з

Таблиця 1

**Перелік станів, що мають презумпцію при вирішенні питання їх зв'язку з експозицією забруднювачами повітря на території воєнних дій (США)**

Типи раку	Інші захворювання
Аденокарцинома трахеї	Бронхіальна астма діагностована після служби
Аденосквamatозна карцинома легень	Хронічний бронхіт
Рак мозку	ХОЗЛ
Гастроінтестинальний рак будь-якого типу	Хронічний риніт
Гліобластома	Хронічний синусит
Рак області голови будь-якого типу	Констриктивний облітеруючий бронхіоліт
Рак нирок	Емфізема
Великоклітинна карцинома легень	Гранульоматозні захворювання
Рак лімфатичної системи будь-якого типу	Інтерстиціальні захворювання легень
Лімфома будь-якого типу	Плеврит
Меланома	Легеневий фіброз
Рак області шиї будь-якого типу	Саркоїдоз
Рак підшлункової залози	
Рак репродуктивної системи будь-якого типу	
Рак респіраторної системи будь-якого типу	
Рак слинних залоз легень	
Рак слинних залоз трахеї	
Саркоматоїдна карцинома легень	
Сквamatозно клітинна карцинома гортані	
Типові та атипові карциноїди легень	

них експонувались різноманітними токсичними речовинами. В регресійній моделі було встановлено значну асоціацію між впливом токсичних речовин, в тому числі пестицидів, і розвитком так званих хронічних мульти-симптомних захворювань — CMI (Chronic Multisymptom Illness) [8]. Цим терміном охоплюють низку патологічних станів, що не знайшли медичного пояснення, у комбатантів в Перській затоці. Не було виявлено конкретних етіологічних чинників, що спричиняли розвиток таких симптомів, при цьому виявлено більш високу захворюваність порівняно з загальною популяцією, а також військовими, що перебували у інших зонах воєнних конфліктів [9].

Ще один термін, притаманний для хвороб у населення та військових в зоні збройних конфліктів — це DRLD — Deployment-Related Lung Diseases (захворювання легень, пов'язані з військовим розгортанням), а також IAW-LI — Iraq/Afganistan War-Lung Injury (захворювання легень, пов'язані з війною в Іраку/Афганістані), що використовується для опису сукупності респіраторних захворювань, пов'язаних із небезпекою війни.

В 2018 році в рамках міжнародної конференції Американського Торакального Товариства відбулась робоча група, яка поставила за мету визначити провідні дослідження стосовно респіраторного здоров'я військових під час воєнних дій та визначити головні питання, що потребують подальшого вивчення [10].

Майже 3 млн військових перебували на території воєнних дій в Південно-Західній Азії та Афганістані на протязі останніх 20 років. Чисельні епідеміологічні дослідження свідчать про високу частоту респіраторних симптомів у тих, хто перебуває в зоні бойових дій. Але залишається невизначеним, чи призводять вони до зниження легеневої функції, чи пов'язані з розвитком специфічних хронічних легеневих захворювань. У багатьох осіб, що перебували у зоні воєнних дій, діагностувалась патологія системи органів дихання, а саме: бронхіальна астма, риносинусити, бронхіоліт тощо. Механізми розвитку цих захворювань на сьогодні чітко не визначені. Обмежені дослідження свідчать про чисельні небезпечні фактори та різні шляхи патогенезу хвороб, що вони спричиняють. До етіологічних чинників відносять тверді частки від піщаних бурь, продуктів згорання, вибухових пристроїв, частинок вихлопних газів дизеля. Після вдихання ці частинки активують легеневі імунні та структурні клітини, ініціюють чисельні клітинні сигнальні шляхи та оксидативний стрес, Toll-подібні рецептори та ушкоджені цитокінами клітини (наприклад IL-33). Це в свою чергу призводить до прозапальної відповіді та гіперреактивності дихальних шляхів. Крім того, вплив твердих часточок та інших небезпечних факторів може призвести до розвитку й більш серйозних захворювань через додатковий комбінований вплив алергенів та сигаретного диму. Розуміння того, яким чином забруднювачі повітря на території бойових дій спричиняють розвиток BRLD може визначити ефективні шляхи запобігання розвитку хвороб та покращення якості життя населення та військових [11, 12].

В той же час згідно звіту Американського Центру спостереження за здоров'ям збройних сил 2010 року не було виявлено зв'язку між впливом твердих часток і роз-

витком респіраторних захворювань. За даними «Дослідження легеневих захворювань, пов'язаних з впливом навколишнього середовища серед військових під час активної служби» (STAMPEDE I та STAMPEDE II — Study of active duty military for pulmonary disease related to environmental deployment exposure) факторами, що сприяли розвитку даної патології, було визначено показники вживання тютюну, наслідки ожиріння, рецидиви попередньо діагностованої астми. Автори зазначають, що конкретні взаємозв'язки та механізми оцінки продовжують вивчатись та вдосконалюватись, але при цьому чіткі шляхи та асоціації залишаються невизначеними [13].

У науковому дослідженні STAMPEDE III проводилась клінічна оцінка розповсюдженості хронічних респіраторних симптомів, що пов'язані з впливом небезпечних факторів повітряного середовища на території бойових дій у військових, розгорнутих в Південно-Західній Азії. У звіті доповідається, що хоча хронічні респіраторні симптоми часто реєструються у тих, хто перебуває на території воєнних дій, повний спектр клінічних форм патології залишається недостатньо вивченим. Військово-службовці з респіраторними симптомами, насамперед з задишкою при фізичному навантаженні, були обстежені згідно стандартному протоколу у закладах охорони здоров'я третинного рівня. Тестування легеневої функції складалось зі спірометрії, визначення об'ємних показників легень, DLCO, імпульсної осцилометрії, проби з бронходилататором короткої дії. При наявності показань виконувався провокаційний тест з метахоліном, ларингоскопія, КТБРЗ, ЕКГ, трансторакальна ехокардіографія. Середній вік 380 осіб, включених в дослідження, становив 38,5 років. За результатами обстеження бронхіальна астма була діагностована у 87 пацієнтів (22,9%). Слід зазначити, що у 57 пацієнтів (15,0 %) діагностовано ізольовану бронхіальну гіперреактивність бронхів при нормальних показниках спірометрії. Решту розладів дихальної системи складали ушкодження гортані у 25 (6,6 %) та динамічний колапс дихальних шляхів у 16 (4,2 %). Інтерстиціальні захворювання легень були діагностовані у 6 обстежених (1,6 %), ХОЗЛ — у 11 (2,9 %). У 40 пацієнтів (10,5 %) діагностувались ізольовані порушення функції легень, у 16 (4,2 %) — різні інші розлади. Решта 122 пацієнта були класифіковані як недіагностована задишка при фізичному навантаженні. Значними супутніми патологічними станами, що діагностувались у обстежених, були: підвищення ІМТ 30 кг/м<sup>2</sup> (34,2 %), куріння (36,4 %), позитивний алергологічний тест (43,7 %), апное сну (38,5 %), езофагальний рефлюкс (13,6 %). Поширеними були також розлади психічного здоров'я та посттравматичний стресовий розлад [14].

За даними наукових публікацій найбільш поширеними наслідками впливу атмосферного забруднення у осіб, що перебували в зоні бойових дій, визначались астма, фіксована бронхіальна обструкція, констриктивний бронхіоліт. Крім того, у військових і населення діагностувалась пневмонія, пов'язана з впливом біологічних агентів, джерелом яких була стояча вода, верблюди та кози [1]. Серед військових на території бойових дій в Іраку та Афганістані зареєстровано 14 % осіб з респіраторними симптомами та 6,6 % — з вперше діагностованою брон-

хіальною астмою [15].

При ретроспективному дослідженні, що охопило 1816 осіб, які перебували в зоні воєнного конфлікту в Іраку та Афганістані з 2004 по 2010 р., та зареєстровані в Медичному центрі Нортпорта, Нью-Йорк, виявлений високий рівень захворювань легень (14,5 %) що потребували для діагностики проведення спірометрії. Аналогічний показник серед військових, що перебували в інших локаціях (5335 осіб), становив 1,8 % [15, 16].

В значній кількості опублікованих досліджень наголошується, що при наявності скарг з боку бронхолегеневої системи у осіб, що зазнали експозиції забруднювачів повітря на території воєнних дій (задишка при фізичному навантаженні, кашель, зниження толерантності до фізичних навантажень), у значної частини з них не виявляються зміни показників спірометрії, а також патологічні ознаки на рентгенографії та КТВР. При цьому на відкритій біопсії легень визначалось ремоделювання судинного русла, а в паренхімі легень — титан та інші метали [1, 15].

У ретроспективному дослідженні, що охопило 400 військових та працівників миротворчих місій з діагнозом бронхіальної астми, що перебували в зоні бойових дій в Іраку та Афганістані, було оцінено наявність респіраторних симптомів, даних спірометрії, проби з бронходилататором короткої дії, провокаційного тесту з метакхоліном. Діагноз бронхіальної астми було об'єктивізовано зниженням швидкісних показників спірометрії, результатом тесту з короткої дії (реверсильність бронхіальної обструкції), а також позитивним провокаційним тестом. У 98 пацієнтів (24,5 %) діагноз був встановлений після повернення з операції [17].

Слід зазначити, що в США з 4.06.2004 р. бронхіальна астма, діагностована у віці після 12 років, є критерієм виключення для призову на військову службу. Міністерство оборони повідомило, що 13% візитів до лікаря в армії пов'язано з новими діагностованими респіраторними захворюваннями. Дослідження проводилось в Медичному центрі Нортпорта, Нью-Йорк. Серед 6233 військових, що перебували в зоні бойових дій в Іраку та Афганістані з 2004 по 2007 рік, у 290 (4,7 %) було вперше діагностовано бронхіальну астму під час перебування в зоні бойових дій [18].

За даними ретроспективного аналізу історій хвороб 30 ветеранів бойових дій в Іраку та Афганістані в період з 2003 року по 2022 рік всі пацієнти відмічали появу задишки під час проходження служби. 21 з них було проведено неінвазивне обстеження функціонального стану легень: максимального тиску видиху (MEP — maximum expiratory pressure) та імпульсну осцилометрію (IOS). Також було реалізовано біопсію легень, результати якої порівнювались з аналогічними примірниками від подібної експозиції, а також примірниками цивільного контролю з бази даних університету Стоуні-Брук. Ретроспективно було вивчено дані візуалізаційних методів обстеження, бодіплетизмографії, в обмеженій когорті — дані біопсії. Легенева тканина досліджувалась на вміст вуглеводистих часток, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (Raman спектроскопія), титану, зв'язаного з залізом, інших металів, окислених металів, скопичення запальних клітин,

фіброзу, пилу, твердих часток, поляризованих кристалів. За даними результатів обстеження у всіх пацієнтів визначалось зниження показнику MEP до 42 % від належного рівню. Окрім того в пацієнтів було діагностовано аномальну реактивність дихальних шляхів, а також супротив периферичних/дистальних дихальних шляхів (D5-D20 %) за даними осцилометрії: в середньому 1369 % та 23 % відповідно від належного рівню. Дані тести підтвердили концепцію наявності у обстежених на території воєнного розсортування гіперреактивності дихальних шляхів і констрикцію дистальних відділів бронхів [19].

За результатами дослідження біоптатів у 5 осіб, що не курили, був діагностований констриктивний бронхіоліт. У всіх в паренхімі легень визначались ПАВ, титан та залізо. Всі метали були окислені, що підтверджує концепцію вдихання спалених металів. Температура згорання відповідала температурі згорівшого бензину, а не температурі згорання сигарет, що є більш високою. В 2х біоптатах визначались екстрацелюлярні нейтрофільні ловушки. Таким чином, було встановлено, що у військових та населення на території проведення військових дій, де джерелом забруднення повітря токсичними речовинами були ями для спалення сміття, вибухи саморобних пристроїв, піщані бурі, розвиваються хронічні патологічні стани бронхолегеневої системи, що проявлялись: констриктивним бронхіолітом, гіперреактивністю дихальних шляхів, звуженням дистальних відділів бронхів, зниженням сили дихальних м'язів [19].

При обстеженні 49 солдатів, що перебували на території пожеги в сірчаній шахті у зоні воєнного конфлікту в Іраку і Афганістані всі пацієнти скаржились на задишку, зниження толерантності до фізичних навантажень. При аналізі біоптатів легень 49 обстежених, отриманих при проведенні трансторакальної біопсії, у 38 з них виявлені ознаки констриктивного бронхіоліту. Військові, яким за даними гістологічного дослідження було діагностовано бронхіоліт, не мали патологічних ознак на рентгенографії. Натомість на КТВР у чверті обстежених діагностувались мозаїчна перфузія та центрлобулярні вузлики, що є ознаками інтерстиціальних захворювань легень. При цьому показники легеневої функції були в межах фізіологічної норми [20]. Робоча група ATS в 2018 році визначила констриктивний бронхіоліт та інші захворювання мілких бронхів, як одну з ключових патологій у тих, хто перебуває на території збройних конфліктів, що потребує подальшого детального вивчення з дослідженням особливостей на базі патоморфологічних досліджень та більш детального визначення зв'язку з експозицією небезпечними речовинами [10].

Серед патологічних станів респіраторної системи у військових та населення на території воєнних дій визначають також гостру еозинофілну пневмонію, ушкодження голосових зв'язок та інтерстиціальні захворювання легень [21].

Вивчення стану бронхолегеневої системи було проведено серед військовослужбовців на території воєнного конфлікту у Південно-Західній Азії шляхом проспективного стандартизованого обстеження терміном 2011–2014 рр. Джерелами забруднення повітря, що могли спричинити розвиток патології легень визначались

викиди від спалювання сміття та вибухи. 50 військовослужбовцям, що перебували на території конфлікту протягом 6 місяців, було проведено дослідження функціонального стану легень, КТВРЗ, провокаційний тест з метахоліном, бронхоскопію з вивченням БАЛ, біопсію легень (за наявності клінічних показів). У 20 пацієнтів (40 %) діагностовано гіперреактивність бронхів, з них у 8 виявлені ознаки бронхіальної астми. У 4 обстежених (8 %) встановлене зниження дифузійної здатності АКМ, 6 мали різні порушення функціонального стану легень. Ознак дифузного ураження паренхіми легень за даними КТВР не було виявлено у жодного з пацієнтів. 66 % обстежених мали розлади сну та психічного здоров'я [22].

Роль впливу небезпечних факторів повітряного середовища на території бойових дій на розвиток бронхіоліту широко визнана. Однак гістопатологічні особливості такого бронхіоліту, що відрізняють його від інших захворювань дистальних дихальних шляхів, остаточно не визначені. Такі особливості вивчались у 65 військових, що мали досвід бойових дій в Південно-Західній Азії та Афганістані у порівнянні з легеневидами біоптатами 8 пацієнтів з хронічним гіперсенситивним пневмонітом, 10 — з респіраторним бронхіолітом, пов'язаним з палінням, 11 — з аутоімунним та посттрансплантаційним облітеруючим бронхіолітом. У військових основними рисами було визначено: гіпертрофію гладкої мускулатури, перибронхіолярну метаплазію і лімфоцитарне запалення часто з констриктивним бронхіолітом (43,1 %); грануломатозне запалення (38,5 %), емфізема помірного або важкого ступеню (46,2 %); лімфоцитарне запалення плеври (89,2 %), судинні аномалії — у третини обстежених. Найбільш частими зонами ураження при цьому були нижні доли легень. Гістопатологічні ознаки у військових були подібними до рис хронічного гіперсенситивного пневмоніту, при якому також визначалось грануломатозне запалення, перибронхіальна метаплазія та емфізема [23].

Як вже зазначалось, часто військові, що перебувають в зоні бойових дій, при наявності скарг з боку бронхолегеневої системи часто мають нормальну функцію легень та відсутність патологічних ознак при візуалізаційному обстеженні. У дослідженні, проведеному серед військових збройних сил Канади, було обстежено 82 військових з клінічно підтвердженою астмою та ознаками ураження дистальних відділів бронхів, що перебували в зоні військового конфлікту в Південно-Західній Азії та Афганістані, а також 45 здорових осіб контрольної групи. Проводилась КТВР з оцінкою наявності емфіземи (за оцінкою % зон з показником щільності  $HU \leq 950$  [LAA %–950], потовщення стінки бронхів (Pi10), а також трьох параметрів повітряних пасток (експіраторна/інспіраторна ЗЄЛ, середній показник щільності, LAA %–856). За результатами дослідження показники спірометрії не мали відмінностей в групах обстежених, Pi10 та LAA%–950 були достовірно вищі в групі пацієнтів порівняно з контролем. Повітряні ловушки частіше виявлялись в контрольній групі, що було обумовлено різницею у віці (військові основної дослідної групи (42 роки) були значно молодшими за контроль (58 років  $p < 0,0001$ )), статусом паління (8 та 26 пакетів на рік відповідно,  $p = 0,007$ ).

Показники Pi10 та LAA %–950 значно корелювали зі зниженням швидкісних показників спірометрії: ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ та ОФВ<sub>1</sub>. Автори зробили висновок про більшу інформативність КТВР порівняно зі спірометриєю для діагностики захворювань бронхолегеневої системи у осіб, що перебувають в зоні бойових дій під впливом небезпечних факторів повітряного середовища [24].

Слід зазначити, що дослідження щодо об'єктивних фізіологічних даних та функціональних порушень дихальної системи у осіб на території бойових дій малочисельні. Відоме дослідження стану функції легень у військовослужбовців, що приймали участь в бойових діях на території Афганістану (OEF) та Іраку (OIFn), в яких часто діагностувались респіраторні симптоми. В дослідження були включені 267 військових, що мали скарги та непояснені симптоми ураження дихальної системи. Всім обстеженим проводилась спірометрія, 82 — визначення дифузійної здатності АКМ (DLCO). В результаті у 83 (36,6 %) обстежених було виявлено відхилення від фізіологічної норми показників спірометрії, 53 (63,9 %), з яких мали відхилення показника ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ. Лише один пацієнт (1,2 %) мав аномальне значення DLCO. Зі 104 обстежених, яким проводився інгаляційний тест з бронходилататором короткої дії, 6 (5,8 %) мали позитивну відповідь згідно критеріям ATS. Не було встановлено залежності між функціональним станом легень і терміном перебування обстежених на території бойових дій. Автори зробили висновок про залежність задишки від паління та зниження показника ОФВ<sub>1</sub> [25].

В ретроспективне дослідження функції зовнішнього дихання у військовослужбовців, що приймали участь в бойових діях на території Афганістану, було включено 143 особи. Більше 75 % обстежених мали нормальні показники спірометрії та легневих об'ємів. Однак, у 30 % визначалась ізольована редукція показника DLCO, що в загальній популяції є рідкісним проявом [26].

У ретроспективний аналіз стану здоров'я ветеранів Збройних сил Канади, що перебували в миротворчих місіях на території різних збройних конфліктів, було включено 30576 осіб. Вивчалась розповсюдженість таких хронічних захворювань як бронхіальна астма, ХОЗЛ, діабет, інфаркт міокарда, артеріальна гіпертензія, ревматоїдний артрит. Аналізувалась частота відвідування ветеранами сімейного лікаря, спеціалістів різних профілів, лікування у відділенні невідкладної допомоги, госпіталізацій. Контрольну групу склали 122 293 цивільних осіб. У перші 5 років після переходу до цивільного життя ветерани рідше, ніж загальна популяція страждали на астму (RR 0.50, 95 % CI 0.48–0.53), ХОЗЛ (RR 0.32, 95 % CI 0.29–0.36), інфаркт міокарда (RR 0.76, 95 % CI 0.63–0.92), ревматоїдний артрит (RR 0.74, 95 % CI 0.60–0.92), артеріальну гіпертензію (RR 0.74, 95 % CI 0.71–0.76), та діабет (RR 0.71, 95 % CI 0.67–0.76). Порівняно з загальною популяцією ветерани частіше відвідували сімейного лікаря (OR 1.76, 95 % CI 1.70–1.83), лікаря-спеціаліста (OR 1.39, 95 % CI 1.35–1.42), але рідше лікувались у відділенні невідкладної допомоги (OR 0.95, 95 % CI 0.92–0.97), ризики госпіталізації в обох групах були подібними. Автори роблять висновок про високу доступність до первинної та спеціалізованої медичної допомоги ветеранів Канади [27].

## Висновок

Таким чином, аналіз епідеміологічних та клінічних даних щодо факторів забруднення атмосферного повітря на території військових дій та пов'язаних з їхнім впливом порушень стану бронхолегеневої системи виявив наступне. Основними небезпечними забруднювачами повітря є надзвичайно широкий спектр вибухових газів та димів, продукти згорання сміття, геологічний пил, тверді частки, викиди дизельного палива, біологічні чинники, наслідки пожеж. Міністерство у справах ветеранів в США ініціювало створення Реєстру Забруднювачів повітря в зоні воєнних операцій, що охоплює всі групи факторів. Факторами, що можуть сприяти розвитку захворювань бронхолегеневої системи у військових та населення, є географічна зона, геологічні особливості місцевості, нагрівальний та охолоджуючий мікроклімат, безпосередньо прямий ушкоджуючий ефект вибухової хвилі.

У осіб, що перебувають та території бойових дій, часто реєструються скарги та респіраторні симптоми: задишка при фізичному навантаженні, кашель, зниження толерантності до фізичних навантажень тощо. При цьому дослідження щодо об'єктивних фізіологічних даних та функціональних порушень дихальної системи у осіб на території бойових дій малочисельні. В дослідженнях чисельних авторів зазначається, що при наявності скарг та симптомів з боку бронхолегеневої системи функція легень у більшості обстежених залишається нормальною, а патологічні ознаки при візуалізаційному обстеженні не визначаються. При цьому в деяких дослідженнях відзначають діагностування обструктивних (за даними спірометрії) порушень функціонального стану легень та ізольоване порушення дифузійної здатності АКМ, що є достатньо рідкісним явищем. Зазначене, очевидно, може бути обумовлено різним впливом комплексу етіологічних чинників, що призвели до зазначених порушень, а також терміном їх впливу.

За даними наукових публікацій найбільш розповсюдженою хронічною патологією бронхолегеневої

системи у осіб, що перебувають в зоні бойових дій, є бронхіальна астма, констриктивний бронхіоліт, сталі бронхообструктивні стани (очевидно, мова йде про ХОЗЛ). Також є свідчення щодо розвитку інтерстиціальних захворювань легень: гіперсенситивного пневмоніту, криптогенної організуючої пневмонії. Очевидно, що вплив токсичних і фіброгенних речовин в атмосферному середовищі може призводити також до розвитку інших ІЗЛ, що не були діагностовані та описані в публікаціях і це питання потребує ретельного вивчення.

При функціональному дослідженні стану легень у осіб, експонованих забруднювачами повітря в зоні бойових дій, виявляється бронхіальна гіперреактивність, що є патогенетичною ланкою ряду захворювань, таких як гіперсенситивний пневмоніт, реактивний синдром дисфункції дихальних шляхів, бронхіальна астма, що відносяться до DRLD — Deployment-Related Lung Diseases (за захворювання легень, пов'язані з військовим розгортанням). У ряді досліджень наголошується на постекспозиційному розвитку захворювань легень у таких пацієнтів, що характерно для фіброзуючих процесів в паренхимі на аутоімунному підґрунті (наприклад при силікозі, МПФ -масивному прогресуючому фіброзі), та потребує подальшого вивчення і роз'яснення саме в групі пацієнтів, експонованих забруднювачами повітря на території воєнних дій.

Слід зазначити, що на сьогодні залишаються обмеженими дослідження щодо вивчення патоморфологічних ознак інтерстиціальних захворювань, що спричиняються експозицією забруднювачів повітря на території воєнних дій, що відрізняють їх від інших подібних захворювань в загальній популяції. Визначення таких біомаркерів може стати серйозним інструментом в діагностиці патології легень у військових та населення, що перебувають в зоні воєнних дій. Потребують уточнення також специфічні ознаки візуалізаційних методів, ефективне використання яких надасть можливість уникнути застосування інвазивних методів діагностики у таких пацієнтів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Szema AM. Occupational Lung Diseases among Soldiers Deployed to Iraq and Afghanistan. *Occup Med Health Aff.* 2013;1:10.4172/2329-6879.1000117. doi: 10.4172/2329-6879.1000117. PMID: 24443711.
2. Ткачшин ВС, Фоменко КС. Вплив порохових газів на організм людини. *Медицина невідкладних станів.* 2016.6(77):121–131.
3. Сидоренко ВЛ, Азаров І. Оцінка потенційного ризику від аварії на артскладі. *Екологічна безпека.* 2010.1:52–56.
4. Gerretto M, Ferrari M, De Angelis R, et al. Occupational exposure and environmental health hazards of military personnel. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(10):5395. doi: 103390/ijerph18105395.
5. Korzeniewski K. Health hazards in areas of military operations conducted in different climatic and sanitary conditions. *Int Marit Health.* 2011;62(1):41–62.PMID: 21534225.
6. Morris MJ, Rawlins FA, Forbes DA, et al. Deployment-related Respiratory Issues. *US Army Med Dep J.* 2016;(2–16):173–178. PMID: 27215888.
7. The Presumptive Conditions List for Burn Pits Veterans Disability (woodslawyers.com). SOURCE: VA.GOV.
8. DeBeer BB, Davidson D, Meyer EC, et al. The Association Between Toxic Exposures and Chronic Multisymptom Illness in Veterans of the Wars of Iraq and Afghanistan. *J Occup Environ Med.* 2017;59(1):54–60. doi: 10.1097/JOM.0000000000000922.
9. Chronic Multisymptom Illness in Gulf War Veterans: Case Definitions Reexamined. Committee on the Development of a Consensus Case Definition for Chronic Multisymptom Illness in 1990–1991 Gulf War Veterans; Board on the Health of Select Populations; Institute of Medicine. Washington (DC): National Academies Press (US); 2014 Mar 12. PMID: **25590117** Bookshelf ID: NBK268875. doi: 10.17226/18623.

## REFERENCES

1. Szema AM. Occupational Lung Diseases among Soldiers Deployed to Iraq and Afghanistan. *Occup Med Health Aff.* 2013;1:10.4172/2329-6879.1000117. doi: 10.4172/2329-6879.1000117. PMID: 24443711.
2. Tkachyshyn VS, Fomenko KS. *Vplyv porokhovyykh gaziv na organizm lyudyny* (The effect of powder gases on the human body). *Medytsyna nevidkladnykh staniv.* 2016.6(77):121–131.
3. Sydorenko VL, Azarov I. *Otsinka potentsiynoho ryzyku vid avariyi na artskladi* (Assessment of potential risk from an accident at an art warehouse). *Ekologichna bezpeka.* 2010.1:52–56.
4. Gerretto M, Ferrari M, De Angelis R, et al. Occupational exposure and environmental health hazards of military personnel. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(10):5395. doi: 103390/ijerph18105395.
5. Korzeniewski K. Health hazards in areas of military operations conducted in different climatic and sanitary conditions. *Int Marit Health.* 2011;62(1):41–62.PMID: 21534225.
6. Morris MJ, Rawlins FA, Forbes DA, et al. Deployment-related Respiratory Issues. *US Army Med Dep J.* 2016;(2–16):173–178. PMID: 27215888.
7. The Presumptive Conditions List for Burn Pits Veterans Disability (woodslawyers.com). SOURCE: VA.GOV.
8. DeBeer BB, Davidson D, Meyer EC, et al. The Association Between Toxic Exposures and Chronic Multisymptom Illness in Veterans of the Wars of Iraq and Afghanistan. *J Occup Environ Med.* 2017;59(1):54–60. doi: 10.1097/JOM.0000000000000922.
9. Chronic Multisymptom Illness in Gulf War Veterans: Case Definitions Reexamined. Committee on the Development of a Consensus Case Definition for Chronic Multisymptom Illness in 1990–1991 Gulf War Veterans; Board on the Health of Select Populations; Institute of Medicine. Washington (DC): National Academies Press (US); 2014 Mar 12. PMID: **25590117** Bookshelf ID: NBK268875. doi: 10.17226/18623.

10. Garshick E, Abraham JH, Baird CP, et al. Respiratory health after military service in Southwest Asia and Afghanistan. An official American Thoracic Society Workshop Report. *Ann Am Thorac Soc.* 2019;16(8):e1–e16. doi: 10.1513/AnnalsATS.201904-344WS.
11. Berman R, Rose CS, Downey GP, et al. Role of Particulate Matter from Afghanistan and Iraq in Deployment-Related Lung Disease. *Chem Res Toxicol.* 2021;34(12):2408–2423. doi: 10.1021/acs.chemrestox.1c00090. PMID: 34808040.
12. Falvo MJ, Osinubi OY, Sotolongo AM, et al. Airborne hazards exposure and respiratory health of Iraq and Afghanistan veterans. *Epidemiol Rev.* 2015;37:116–130. doi: 10.1093/epirev/mxu009. PMID: 25589052.
13. Wauters RH, Foster BE, Banks TA. Environmental Exposures and Asthma in Active Duty Service Members. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2019;19(9):43. doi: 10.1007/s11882-019-0873-3.
14. Morris MJ, Walter RJ, McCann ET, et al. Clinical Evaluation of Deployed Military Personnel With Chronic Respiratory Symptoms: Study of Active Duty Military for Pulmonary Disease Related to Environmental Deployment Exposures (STAMPEDE) III. *Chest.* 2020;157(6):1559–1567. doi: 10.1016/j.chest.2020.01.024. PMID: 32017933.
15. Szema AM, Mirsaidi N, Patel B, et al. Proposed Iraq/Afghanistan War-Lung Injury (IAW-LI) Clinical Practice Recommendations: National Academy of Sciences' Institute of Medicine Burn Pits Workshop. *Am J Mens Health.* 2017;11(6):1653–1663. doi: 10.1177/1557988315619005.
16. Szema AM, Salihi W, Savary K, et al. Respiratory symptoms necessitating spirometry among soldiers with Iraq/Afghanistan war lung injury. *J Occup Environ Med.* 2011;53(9):961–965. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822c9f05. PMID: 21866049.
17. DelVecchio SP, Collen JF, Zacher LL, et al. The impact of combat deployment on asthma diagnosis and severity. *J Asthma.* 2015;52(4):363–369. doi: 10.3109/02770903.2014.973502. Epub 2014 Oct 22.
18. Szema AM, Peters MC, Weissinger KM, et al. New-onset asthma among soldiers serving in Iraq and Afghanistan. *J Allergy Asthma Proc.* 2010;31(5):67–71. doi: 10.2500/aap.2010.31.3383. PMID: 20929596.
19. Olsen T, Caruana D, Cheslack-Cheslaostava K, et al. Iraq/Afghanistan war lung injury reflects burn pits exposure. *Sci Rep.* 2019;9(1):14671. doi: 10.1038/s41598-022-18252-2.
20. King MS, Eisenberg R, Newman JH, et al. Constrictive bronchiolitis in soldiers returning from Iraq and Afghanistan. *N Engl J Med.* 2011;365(3):222–230. doi: 10.1056/NEJMoa1101388.
21. Hunninghake JC, Skabelund AJ, Morris MJ. Chronic Left Lower Lobe Pulmonary Infiltrates During Military Deployment. *Mil Med.* 2016;181(8):e955–e958. doi: 10.7202/MILMED-D-15-00331.
22. Morris MJ, Dodson DW, Lucero P, et al. Study of active duty military for pulmonary disease related to environmental deployment exposures (STAMPEDE). *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(1):77–84. doi:10.1164/rccm.201402-0372OC.
23. Rose CS, Moore CM, Zell-Baran LM, et al. Small airways and airspace inflammation and injury distinguish lung histopathology in deployed military personnel from healthy and diseased lungs. *Hum Pathol.* 2022;124:56–66. doi: 10.1016/j.humpath.2022.02.014. Epub 2022 Feb 28. PMID: 35240130.
24. Zell-Baran LM, Humphries SM, Moore DA, et al. Quantitative imaging analysis detects subtle airway abnormalities in symptomatic military deployers. *BMC Pulm Med.* 2022;22(1):163. doi: 10.1186/s12890-022-01960-w.
25. Holley AB, Sobieszczuk M, Perkins M, et al. Lung function abnormalities among service members returning from Iraq or Afghanistan with respiratory complaints. *Respir Med.* 2016;118:84–87. doi: 10.1016/j.rmed.2016.07.014. Epub 2016 Jul 25. PMID: 27578475.
26. Falvo MJ, Helmer DA, Klein JC, et al. Isolated diffusing capacity reduction is a common clinical presentation in deployed Iraq and Afghanistan veterans with deployment-related environmental exposures. *Clin Respir J.* 2018;12(2):795–798. doi: 10.1111/crj.12552.
27. Mahar AL, Cyr K, Enns JE, et al. Canadian Veteran chronic disease prevalence and health services use in the five years following release: a matched retrospective cohort study using routinely collected data. 2022;22(1):1678. doi:10.1186/s12889-022-14053-4.
10. Garshick E, Abraham JH, Baird CP, et al. Respiratory health after military service in Southwest Asia and Afghanistan. An official American Thoracic Society Workshop Report. *Ann Am Thorac Soc.* 2019;16(8):e1–e16. doi: 10.1513/AnnalsATS.201904-344WS.
11. Berman R, Rose CS, Downey GP, et al. Role of Particulate Matter from Afghanistan and Iraq in Deployment-Related Lung Disease. *Chem Res Toxicol.* 2021;34(12):2408–2423. doi: 10.1021/acs.chemrestox.1c00090. PMID: 34808040.
12. Falvo MJ, Osinubi OY, Sotolongo AM, et al. Airborne hazards exposure and respiratory health of Iraq and Afghanistan veterans. *Epidemiol Rev.* 2015;37:116–130. doi: 10.1093/epirev/mxu009. PMID: 25589052.
13. Wauters RH, Foster BE, Banks TA. Environmental Exposures and Asthma in Active Duty Service Members. *Curr Allergy Asthma Rep.* 2019;19(9):43. doi: 10.1007/s11882-019-0873-3.
14. Morris MJ, Walter RJ, McCann ET, et al. Clinical Evaluation of Deployed Military Personnel With Chronic Respiratory Symptoms: Study of Active Duty Military for Pulmonary Disease Related to Environmental Deployment Exposures (STAMPEDE) III. *Chest.* 2020;157(6):1559–1567. doi: 10.1016/j.chest.2020.01.024. PMID: 32017933.
15. Szema AM, Mirsaidi N, Patel B, et al. Proposed Iraq/Afghanistan War-Lung Injury (IAW-LI) Clinical Practice Recommendations: National Academy of Sciences' Institute of Medicine Burn Pits Workshop. *Am J Mens Health.* 2017;11(6):1653–1663. doi: 10.1177/1557988315619005.
16. Szema AM, Salihi W, Savary K, et al. Respiratory symptoms necessitating spirometry among soldiers with Iraq/Afghanistan war lung injury. *J Occup Environ Med.* 2011;53(9):961–965. doi: 10.1097/JOM.0b013e31822c9f05. PMID: 21866049.
17. DelVecchio SP, Collen JF, Zacher LL, et al. The impact of combat deployment on asthma diagnosis and severity. *J Asthma.* 2015;52(4):363–369. doi: 10.3109/02770903.2014.973502. Epub 2014 Oct 22.
18. Szema AM, Peters MC, Weissinger KM, et al. New-onset asthma among soldiers serving in Iraq and Afghanistan. *J Allergy Asthma Proc.* 2010;31(5):67–71. doi: 10.2500/aap.2010.31.3383. PMID: 20929596.
19. Olsen T, Caruana D, Cheslack-Cheslaostava K, et al. Iraq/Afghanistan war lung injury reflects burn pits exposure. *Sci Rep.* 2019;9(1):14671. doi: 10.1038/s41598-022-18252-2.
20. King MS, Eisenberg R, Newman JH, et al. Constrictive bronchiolitis in soldiers returning from Iraq and Afghanistan. *N Engl J Med.* 2011;365(3):222–230. doi: 10.1056/NEJMoa1101388.
21. Hunninghake JC, Skabelund AJ, Morris MJ. Chronic Left Lower Lobe Pulmonary Infiltrates During Military Deployment. *Mil Med.* 2016;181(8):e955–e958. doi: 10.7202/MILMED-D-15-00331.
22. Morris MJ, Dodson DW, Lucero P, et al. Study of active duty military for pulmonary disease related to environmental deployment exposures (STAMPEDE). *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;190(1):77–84. doi:10.1164/rccm.201402-0372OC.
23. Rose CS, Moore CM, Zell-Baran LM, et al. Small airways and airspace inflammation and injury distinguish lung histopathology in deployed military personnel from healthy and diseased lungs. *Hum Pathol.* 2022;124:56–66. doi: 10.1016/j.humpath.2022.02.014. Epub 2022 Feb 28. PMID: 35240130.
24. Zell-Baran LM, Humphries SM, Moore DA, et al. Quantitative imaging analysis detects subtle airway abnormalities in symptomatic military deployers. *BMC Pulm Med.* 2022;22(1):163. doi: 10.1186/s12890-022-01960-w.
25. Holley AB, Sobieszczuk M, Perkins M, et al. Lung function abnormalities among service members returning from Iraq or Afghanistan with respiratory complaints. *Respir Med.* 2016;118:84–87. doi: 10.1016/j.rmed.2016.07.014. Epub 2016 Jul 25. PMID: 27578475.
26. Falvo MJ, Helmer DA, Klein JC, et al. Isolated diffusing capacity reduction is a common clinical presentation in deployed Iraq and Afghanistan veterans with deployment-related environmental exposures. *Clin Respir J.* 2018;12(2):795–798. doi: 10.1111/crj.12552.
27. Mahar AL, Cyr K, Enns JE, et al. Canadian Veteran chronic disease prevalence and health services use in the five years following release: a matched retrospective cohort study using routinely collected data. 2022;22(1):1678. doi:10.1186/s12889-022-14053-4.