



О.С. Шевченко¹, В.В. Макаров¹, Р.С. Шевченко¹,
Л.Д. Тодоріко², К.М. Смоляник¹, О.О. Погорелова¹

¹Харківський національний медичний університет, Харків

²Буковинський державний медичний університет, Чернівці

Непроникні торакальні травми, пов'язані з бойовими діями (огляд літератури)

Торакальна травма, пов'язана з бойовими діями, є причиною захворюваності та смертності постраждалих під час військових дій. Наскрізні, тупі та вибухові поранення — найпоширеніші механізми травм. Візуалізація відіграє ключову роль у лікуванні постраждалих.

Для вивчення механізмів та візуалізаційних виявів непроникних торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями, проведено пошук у системі PubMed за запитом Thoracic AND Trauma AND Combat. Виявлено 235 джерел, з них 34 відібрано для аналізу.

У сучасних війнах травма грудної клітки призводить до 8,6–16,0 % втрат особового складу. Комп'ютерна томографія та рентгенографія органів грудної клітки є методами візуалізації, які найчастіше використовують при оцінці пацієнтів із політравмою, отриманою під час бойових дій та у мирний час. Рентгенограми грудної клітки можуть бути швидко отримані у пацієнтів з тупою травмою та невідкладними станами (напружений пневмоторакс, великий гемоторакс, роздроблення грудної клітки тощо). Комп'ютерна томографія грудної клітки є важливим компонентом оцінки зображення травми, оскільки порівняно з рентгенограмою дає змогу визначити на 20 % більше патологій та ідентифікувати приховану травму грудної клітки внаслідок удару тупим предметом у 71 % пацієнтів. Вона забезпечує 38–81 % додаткових діагнозів порівняно з рентгенографією грудної клітки.

Торакальні травми часто діагностують у місцях проведення бойових дій. Оскільки технологія медичної візуалізації наближається до районів бойових дій завдяки розвитку портативних візуалізаційних систем, цей інструмент стає доступнішим для діагностики, а отже, дає змогу швидше розпочати лікування торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями. Клінічне і хірургічне лікування травмованого пацієнта ґрунтується на навичках, опанованих під час навчання, та досвіді, отриманому під час бойових дій. Однак зображення тупих і вибухових травм може бути різним у мирних та військових умовах. Чіткий малюнок ушкодження і атипові візуалізаційні вияви тупої травми та вибухового ушкодження легень важливо розпізнати на ранній стадії через гостроту цієї патології та вплив точного діагнозу на клінічне лікування.

Наведено власні спостереження пацієнтів, які перебували на лікуванні у медичних закладах м. Харкова у 2022 р. з приводу непроникних торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями.

Ключові слова

Торакальна травма, непроникні поранення, травма, пов'язана з бойовими діями.

Торакальна травма, пов'язана з бойовими діями, є важливою причиною захворюваності та смертності постраждалих під час військових дій. Наскрізні, тупі та вибухові поранення — найпоширеніші механізми травми. Візуалізація відіграє ключову роль у лікуванні постраждалих.

Мета роботи — детально вивчити механізми та візуалізаційні вияви непроникних торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями.

Матеріали та методи

Виявлено 235 джерел у системі PubMed за запитом Thoracic AND Trauma AND Combat, з

Таблиця. Класифікація вибухової травми з відповідними рентгенологічними виявами

Тип травми	Механізм ушкодження	Рентгенологічні знахідки
Первинна	Надмірний тиск вибуху контактує з жертвою, що призводить до прямого пошкодження тканин	Рентгенографія: центральні затемнення Комп'ютерна томографія: перибронховаскулярні матові та консолидаційні затемнення
Вторинна	Вибух зміщує уламки, які вступають у контакт з жертвою, це призводить до поєднання проникної та тупої травми	Залишений осколковий матеріал, травма грудної клітки, забій легені та травматична ампутація
Третинна	Ударна хвиля фізично переміщує жертву і призводить до тупих травм від контакту з навколишніми предметами	Травма грудної клітки, забій легені, перелом хребта
Четвертинна	Інші травми (опіки, хімічний вплив та інгаляційні травми), спричинені безпосередньо вибухом, але не класифіковані як первинні, вторинні чи третинні	Фіброз легені

них 34 відібрано для подальшого детального вивчення.

Наведено власні спостереження пацієнтів, які перебували на лікуванні у медичних закладах м. Харкова у 2022 р. з приводу непроникних торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями.

Результати та обговорення

У минулому торакальна травма, пов'язана з бойовими діями, спричиняла 8–15 % втрат особового складу, а смертність, спричинена нею, перевищувала 50 %. Удосконалення методів лікування сприяло зниженню рівня смертності від травм грудної клітки з 63 % під час Громадянської війни в США і до 2–4 % під час війни у В'єтнамі. Більшість смертельних поранень від снарядів під час громадянської війни в Сомалі припадали на незахищені зони: голова, шия, таз і пах [14]. У сучасних війнах травма грудної клітки призводить до 8,6–16,0 % втрат.

У період з 2003 до 2011 р. на частку тупої травми і вибухових поранень припадало 32 % від травм грудної клітки у світі [14]. Пневмоторакс та забої легень були найпоширенішими травмами грудної клітки, також спостерігалися контузії грудної клітки, пошкодження судин грудної клітки та розриви легень. За даними досліджень, у цивільного населення тупа травма є причиною 25 % смертей. Найчастіше вона спричинена дорожньо-транспортною пригодою або нещасними випадками під час будівництва [13]. У цивільного населення частка пневмотораксу і переломів ребер є однаковою у структурі травм грудної клітки на відміну від травм, пов'язаних з бойовими діями, але нижчою частка контузії легень, імовірно, через меншу кількість вибухів [17].

Нині вибухові травми класифікують за чотирма механізмами ушкодження (таблиця) [9, 34]. Первинна вибухова травма є найпоширенішою

причиною смерті на місці вибуху, тоді як вторинні та третинні найчастіше мають місце у госпіталізованих постраждалих.

Рентгенографія органів грудної клітки і комп'ютерна томографія (КТ) є методами візуалізації, які найчастіше використовують при оцінці стану пацієнтів із політравмою під час бойових та небойових ситуацій. Рентгенограми грудної клітки можна швидко отримати у пацієнта з тупою травмою та невідкладними станами (напружений пневмоторакс, великий гемоторакс, роздроблення грудної клітки тощо) [4].

Комп'ютерна томографія грудної клітки є важливим компонентом оцінки зображення травми. Порівняно з рентгенографією КТ грудної клітки дає змогу виявити на 20 % більше патологій, ідентифікувати приховану травму грудної клітки внаслідок удару тупим предметом у 71 % пацієнтів [29], забезпечує 38–81 % додаткових діагнозів [6].

Переломи ребер. На переломи ребер припадає 35 % від усіх травм грудної клітки [12]. Ця травма часто спостерігається у пацієнтів, уражених високошвидкісними снарядами, які або безпосередньо вдаряють в грудну стінку, або вторинно через передачу енергії снаряда твердій пластині бронежилета, що спричиняє тупу травму ребер. Пацієнтів під час вибуху також може відкинути вибухова хвиля, що призведе до третинної вибухової травми та перелому ребра. Пацієнти більш ніж з трьома переломами ребер мають підвищений ризик вісцеральної травми [15].

Переломи ребер є важливою підказкою для діагностики інших ушкоджень грудної клітки, пов'язаних з тупою травмою. Переломи, виявлені в перших трьох ребрах, спричинені високоенергетичними силами і можуть бути пов'язані з пошкодженням плечового сплетення та підключичної судинної мережі. Найпоширенішими

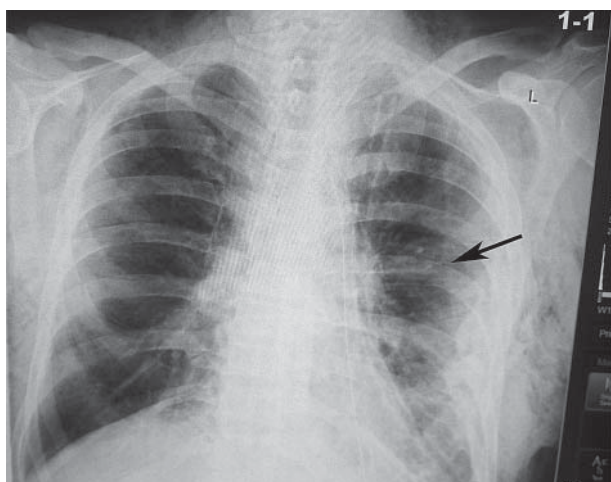


Рис. 1. Чоловік, 28 років, із закритою травмою лівої половини грудної клітки

На оглядовій рентгенограмі органів грудної клітки визначається осколковий перелом ребра зліва (чорна стрілка), інфільтрація прилеглої паренхіми нижньої частки лівої легені, гематома м'яких тканин лівої половини грудної клітки (власне спостереження).

є переломи ребер, виявлені в 4–8-му ребрах. Переломи останніх чотирьох ребер можуть бути пов'язані з травмою органів черевної порожнини. Переломи ребер у будь-якому місці також можуть спричинити забій або розрив легень [22].

Рентгенографію грудної клітки часто використовують для виявлення переломів ребер, незважаючи на її відносно низьку чутливість (пропуск переломів ребер у близько 50 % пацієнтів). Комп'ютерна томографія з багатоплощинними реконструкціями є найчутливішим методом візуалізації, доступним у фронтових госпіталах для виявлення переломів ребер [12].

Найважливішими аспектами клінічного лікування перелому ребра є контроль болю та профілактика і лікування уражень легень. Блокади міжреберних нервів за допомогою бупівакаїну можуть забезпечити локальне полегшення. Пацієнтам із численними переломами ребер також зазвичай призначають додатково епідуральну анальгезію [26]. Поганий контроль болю може призвести до значного порушення дихальної екскурсії грудної клітки, ателектазу та пневмонії [12]. Власне спостереження перелому ребер внаслідок закритої травми грудної клітки представлене на рис. 1.

Роздроблення грудної клітки. Роздроблення грудної клітки — це три або більше суміжних переломів ребер у двох або більше місцях, що призводить до парадоксального руху ушкодженого сегмента грудної клітки під час дихання. Це спричинено значною тупою травмою грудної клітки. Роздроблена грудна клітка трапляється у 4 рази частіше серед поранених у бойових діях порівняно з цивільним населенням [14]. На част-

ку цієї травми припадає 1,3 % від усіх поранень грудної клітки під час військових дій [12]. Вона майже завжди пов'язана з іншими пораненнями грудної клітки, такими як забій та розрив легень, пневмоторакс і гемоторакс [7], тому КТ зазвичай необхідна для цієї групи пацієнтів, оскільки рентгенографія не має 100 % чутливість щодо виявлення роздроблення грудної клітки [12].

Роздроблення грудної клітки є одним із небагатьох показань до хірургічного втручання на грудній стінці. Більшість таких пацієнтів потребують фіксації та мають численні додаткові показання до проведення операції [4]. Хірургічна фіксація необхідна при тяжких травмах грудної клітки, якщо пацієнта не вдається відлучити від вентиляції [26]. У рандомізованому контрольному дослідженні показано, що відкрита редуційна внутрішня фіксація забезпечує значне полегшення болю, що сприяє поліпшенню дихальної функції та зменшує тривалість штучної вентиляції легень [29]. Роздроблення грудної клітки супроводжується сильним болем, що призводить до утруднення з вентиляцією, ателектазу та може бути ускладнене пневмонією. Епідуральна анальгезія є кращим методом контролю болю при роздробленні грудної клітки [26].

Рівень смертності від роздроблення грудної клітки становив 16 % серед поранених під час бойових дій. У цивільного населення оцінка тяжкості травми за шкалою ISS (Injury Severity Score) > 31, вік > 65 років, двосторонній розкол грудної клітки та наявність контузії легень прогнозують смертність [6].

Забій легень. Забій легень є найпоширенішим ушкодженням паренхіми легень, яке виникає під час тупої травми грудної клітки. На його частку припадає 50,2 % від усіх ушкоджень грудної клітки під час бойових дій [12]. Частина пошкоджень, імовірно, пов'язана з появою індивідуальних бронежилетів, які ефективно перетворюють проникні травми на тупі. Сила стиснення і зсуву при переломах ребер, спричинена тупою травмою, призводить до альвеолярного крововиливу без порушення альвеолярної архітектури [33]. Травма є найвиразнішою, якщо грудна стінка залишається неушкодженою, оскільки паренхіма легені поглинає більшу частину сили. У цивільного населення забій легень найчастіше виникає під час фази гальмування зіткнення автомобіля та падінь [8]. Забій легень спричиняє порушення дихання через заповнені крововиливом альвеоли, збільшення фракції шунта, підвищений опір легеневих судин і зменшення легеневого кровотоку. Це призводить до значного погіршення оксигенації. Контралатеральна легенева паренхіма також пошкоджується внаслідок посилення

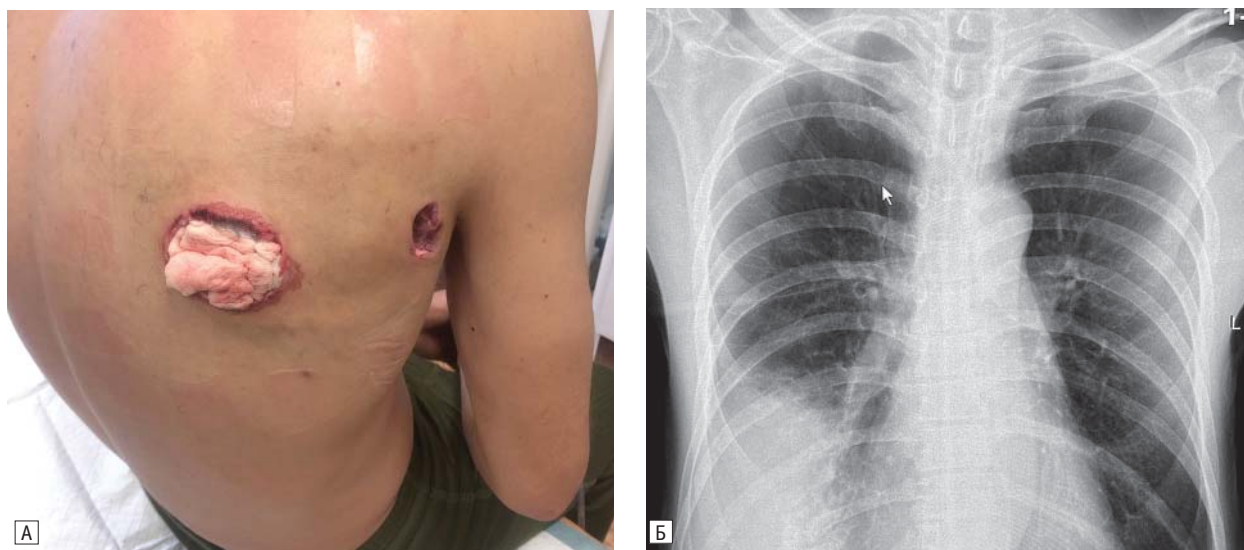


Рис. 2. Забій легень (власне спостереження)

А — чоловік, 34 роки, з вогнепальним непроникним наскрізним пораненням м'яких тканин правої половини грудної клітки. Рана правої половини грудної клітки після осколкового поранення, великі синці та набряк м'яких тканин (власне спостереження); Б — чоловік, 34 роки, із забоем нижньої частки правої легені після непроникного поранення правої половини грудної клітки. Рентгенограма грудної клітки показує відповідну інфільтрацію паренхіми нижньої частки правої легені (власне спостереження).

запалення, яке може швидко прогресувати до гострого респіраторного дистрес-синдрому [26].

Забой легень на рентгенографії грудної клітки виглядають як плямисті консолідації в гострому стані. Межі забиття нечітко визначені та несегментарні, не відповідають анатомічним межах [8]. Комп'ютерна томографія для діагностики та оцінки контузії легень є кращою, ніж рентгенографія [22]. Легеневі контузії виглядають як серпоподібні матові помутніння та зони консолідації. Важливо, що вони часто не обмежуються ураженими частками. Пневматоцеле, внутрішньобронхіальний крововилив і лобарний інфаркт можна побачити на томограмах, але часто вони не потребують втручання [24]. З огляду на те, що багато пацієнтів відчувають тимчасову втрату свідомості під час травми і можуть бути не в змозі захистити дихальні шляхи, аспіраційне ураження є важливим у диференційній діагностиці ділянок периферичної консолідації в легенях у пацієнтів з травмою. Уламки або рідина в центральних дихальних шляхах можуть підтвердити цей діагноз.

Рентгенологічна картина може бути відтермінованою: 47 % пацієнтів мають ознаки контузії при первинному зверненні порівняно з 92 % пацієнтів через 24 год [23]. Значне збільшення контузій через 24 год є негативним прогностичним показником [8]. Контузії розсмоктуються протягом кількох днів, і нові консолідації, які з'являються через кілька днів після травми, є підставою запідозрити пневмонію, аспірацію або жирову емболію [12]. Контузія легень може прогресувати до гострого респіраторного дистрес-

синдрому. Пацієнтів, які не можуть підтримувати власні дихальні зусилля, можна лікувати синхронізованою переривчастою механічною вентиляцією [24]. Також застосовують ендобронхіальні блокатори, консервативне лікування та контроль болю [8]. Хоча забій легень асоціюється з нижчим ризиком смертності порівняно з іншими травмами грудної клітки, отриманими військовослужбовцями, рівень смертності може досягати 25 % через тупу травму [3].

Власне спостереження забою легень внаслідок поранення грудної клітки представлено на рис. 2.

Розрив легень. Розрив легень — це руйнування паренхіми легень і наступний розрив через сили зсуву, спричинені тупими предметами та травмами прискорення/уповільнення, які спостерігаються у пацієнтів після вибуху [32]. На основі механізму ушкодження описано чотири типи розриву легень. Тип I, компресійний розрив, є найпоширенішою формою, уражує переважно центральну частину легень, оскільки вона стискається трахеобронхіальним деревом із розривом. Тип II, компресійний зсув, уражує нижні частки, які зазнають компресійного зсувного ушкодження, оскільки вони розчавлюються об хребет. Тип III, пряме проникнення, виникає, коли переломи ребер проникають і розривають периферичну легеневу паренхіму, спричиняючи пневмоторакс. Тип IV — це спайковий розрив, також виявляється на периферії зазвичай під час розтину або операції [22]. Унаслідок еластичності легеневої тканини навколишня легенева паренхіма часто втягується навколо розриву, залишаючи порожнину, яка виповнюється повітрям,

кров'ю або і тим і іншим. Розриви легень виявляються в 9 % випадків травм грудної клітки під час бойових дій [12]. Зазвичай вони не спричиняють симптоми, але біль і задишка можуть бути вторинними щодо переломів ребер або основного забиття легень.

Розриви легень можуть спочатку не бути помітні на рентгенограмі грудної клітки, оскільки еластична віддача нормальної легеневої паренхіми оточує розрив. Ці ушкодження можуть з'явитися на рентгенограмі через 48–72 год після травми [22]. Розриви легень можуть виглядати схожими на забої легень на рентгенограмі грудної клітки і потребують проведення КТ для встановлення остаточного діагнозу [32]. Механізм ушкодження, а також наявність переломів ребер можуть свідчити про розрив легень на рентгенограмі органів грудної клітки.

Легеневі розриви виглядають як округлі або овальні кістозні порожнини на томограмі з рівнями та щільністю рідини, що відповідають крові. Лінійний вигляд розривів у твердих органах не спостерігається, оскільки легені виповнені повітрям і мають притаманну еластичну віддачу. Як повітря, так і кров можуть виповнити порожнину, утворену розривом, що призведе до пневматоцеле або легеневої гематоми відповідно. Якщо наявні численні невеликі розриви, вони можуть мати вигляд «швейцарського сиру». Розриви легень часто пов'язані з навколишніми контузіями [22].

Лікування розриву легень зазвичай є підтримувальним за допомогою додаткового кисню та механічної вентиляції. Якщо об'єм внутрішньоплевральної кровотечі становить понад 300 мл/год, необхідна негайна торакотомія [19]. Розрив легень заживає впродовж кількох тижнів або місяців і може бути пов'язаний з утворенням рубців та спайок. Іноді може виникнути легеневий абсцес або бронхоплевральна норія [22]. Розриви легень належать до трійки найбільших травм грудної клітки з найвищим рівнем смертності під час бойових дій [14]. Серед цивільного населення частота розривів легень досягає 40 %, зазвичай унаслідок наїзду автомобіля [19].

Вибухове ушкодження легень. Вибухове ушкодження є складним за механізмом процесом. Вторинні та третинні вибухові ушкодження грудної клітки аналогічні проникній і тупій травмі. Однак первинне вибухове ураження легені варте особливої уваги. Воно виникає внаслідок застосування саморобних вибухових пристроїв під час нападів як на цивільних осіб, так і на військовослужбовців. Патологічно вплив хвиль вибухового тиску є найсильнішим на поверхнях розділу матеріалів з великою різницею за щільністю. В організмі людини ці ушкодження спо-

стерігаються на межі між повітрям і тканинами. Найчастіше вражають слухову, легеневу та шлунково-кишкову системи. Ураження слуху є найпоширенішим і виникає при найнижчому тиску (близько 35 кПа), тоді як травми легень і шлунково-кишкового тракту потребують більшого вибухового тиску (75–100 кПа) [34].

Вибухове поранення грудної клітки спричиняє короткочасний високий внутрішньогрудний тиск через стиснення грудної стінки. До гістологічних знахідок належать серйозне альвеолярне перерозтягнення, периваскулярні «манжетоподібні» крововиливи, повітряна та жирова емболія [31]. Повідомлялося також про небезпечні для життя легеневі кровотечі, набряки і фістули [5].

У 2008–2013 рр. у госпіталі НАТО в Афганістані частота первинного вибухового ураження легень становила 11,2 % [1]. Вибухове ураження легень збільшується втричі, коли і вибух, і жертва розташовані в замкнутому просторі, наприклад, в автобусі, порівняно з відкритим [3]. У ретроспективному дослідженні оцінки вибухової травми легень у жертв терористичних вибухів у Єрусалимі в період з 1983 до 2004 р. виявлено, що під час вибухів у закритому просторі 72 % осіб постраждали від вибухової травми легень порівняно з 24 % осіб, які перебували на відкритому просторі [5]. Установлено, що загальна смертність від вибухів у відкритому та закритому просторі становила 7,8 і 49,0 % відповідно [16]. Рівень смертності від вибухових ушкоджень легень у закритому просторі становив 11–23 % [27]. При дослідженні 59 осіб, які вижили під час вибуху, виявлено, що частота вибухових ушкоджень легень становила 27,1 % серед солдат, що перебували у машинах, і 72,8 % серед піхотинців. Отже, транспортні засоби створюють бар'єр від вибухової хвилі [21]. Якщо пасажирів транспортного засобу лише частково закриті або вибухом пробито корпус транспортного засобу, то це призводить до вторинної хвилі зі складним внутрішнім відбиттям. J.A.G. Singleton та співавт. спостерігали збільшення смертності з асоційованим вибуховим ушкодженням легень у солдатів, які перебували всередині транспортного засобу, порівняно з піхотинцями [27].

Вибухове ураження легень дуже рідко виникає ізольовано і часто пов'язане з різними вторинними, третинними та четвертинними ушкодженнями. Під час огляду понад 1000 пацієнтів S. Hare та співавт. виявили, що жертви вибуху мають великий ризик отримати травму трьох частин тіла або більше [10]. Провідними причинами смерті у поранених, які перебували всередині транспортного засобу, є травми голови (53 %) і грудної клітки (23 %), тоді як смертельні травми нижніх

кінцівок (48 %) є основним механізмом у піхотинців [27]. Після вибуху 86 % смертельних травм оцінюють як первинне вибухове ушкодження [20].

При первинному вибуховому ураженні легень найпоширенішими симптомами є задишка, кашель, кровохаркання та гіпоксія. У пацієнтів можуть також спостерігатися системні симптоми шоку [34]. Ступінь гіпоксемії визначають співвідношенням парціального тиску артеріального кисню та фракції вдихуваного кисню (PaO_2/FiO_2) і використовують для стратифікації тяжкості вибухового ураження легень, призначення лікування та прогнозування. Величина співвідношення > 200 свідчить про легке ураження, $60-200$ – про помірне, < 60 – про тяжке [25]. Найпоширеніші асоційовані торакальні вибухові травми (пневмоторакс, гемоторакс, підшкірна емфізема, пошкодження трахеї та пневмомедіастинум) [10]. При фізикальному обстеженні цих пацієнтів можна виявити ослаблення дихальних шумів і крепітацію. Артеріальна повітряна емболізація є тяжким вторинним ускладненням вибухового ураження легень та може призвести до високої захворюваності та смертності через інсульт, інфаркт міокарда, інфаркт спинного мозку та інші пошкодження різних органів.

Пацієнту, який надходить до відділення невідкладної допомоги після вибуху, слід провести рентгенографію органів грудної клітки. Рентгенолог має насамперед запідозрити вибухове ураження легень, пневмоторакс, проникні осколки та переломи кісток [10]. Рентгенографія грудної клітки також важлива для швидкої ідентифікації та локалізації рентгенконтрастних ділянок осколків від вибухової травми. Описано відтермінований вияв захворювання легень після вибухової травми, тому доцільно провести повторне обстеження через кілька годин, навіть якщо початкове зображення не виявило захворювання.

Вибухове ушкодження легень діагностують насамперед за допомогою рентгенографії органів грудної клітки. Таке ураження легень зазвичай описують як «крило летючої миші» або «метелика» – двосторонні центральні променисті помутніння на рентгенограмі довкола коренів легень [5]. Ця модель неспецифічна та може бути змінена у військовослужбовців через накладання бронжилетів і агресивну реанімацію перед візуалізацією. Початковим ефектом вибухової хвилі в тканині є зсув і розрив на межі розділу повітря – тканина. У легенях це виявляється як порушення альвеолярної цілісності з подальшим інерційним ефектом вибуху, який відокремлює альвеолярну тканину від кореня. Ефект імпульсу спостерігається, коли тиск у грудній клітці знову врівноважується і спричиняє додатковий розрив через над-

мірне розтягнення [8]. Перибронховаскулярний малюнок може допомогти відрізнити первинне вибухове ушкодження легень від тупої травми, яка найчастіше призводить до периферичних контузій [5]. Легеневі контузії також можуть бути спричинені зміщенням грудної стінки. Через альтернативний механізм тупої травми можливе пошкодження легеневої паренхіми.

Як зазначено вище, барабанні перетинки та шлунково-кишковий тракт можуть бути пошкоджені під час вибухів, тому їхній стан також слід оцінити. Рентгенографія корисна для виявлення вторинних і третинних ушкоджень від вибуху. Проведення КТ грудної клітини виправдане, якщо очевидні інші значні ушкодження або стан дихання погіршується, незважаючи на нормальну рентгенографію грудної клітки [18]. Також КТ є методом вибору для визначення таких патолого-анатомічних змін як внутрішньоальвеолярні крововиливи і травматичне пневматоцеле [27].

Респіраторна декомпенсація є найтяжчим ускладненням для постраждалого від вибуху з ушкодженням легень. Кілька джерел стверджують, що у хворого з вибуховим ураженням легень найімовірніше виникне дихальна недостатність у перші 2 год після вибуху. Хворі зі стабільною дихальною функцією через 2 год не потребують тривалого стаціонарного спостереження [5, 25, 27], але у деяких пацієнтів розвивається дихальна недостатність, що потребує штучної вентиляції легень. Слід приділяти увагу оптимізації дихальної функції до фізіологічного вихідного рівня з акцентом на адекватному контролі болю та використанні неінвазивної вентиляційної підтримки [34]. Вибухове ураження легень призводить до поганої легеневої податливості [28]. $PaO_2/FiO_2 > 200$ є сильним предиктором того, що пацієнт не потребуватиме штучної вентиляції легень [5]. Якщо потрібна вентиляція з позитивним тиском (PPV), то слід вжити заходів для зменшення ризиків (гіпоксія до 90 %, зниження дихальних об'ємів до 5–7 мл/кг, вентиляція з контрольованим тиском, позитивний тиск наприкінці видиху та пермісивна гіперкапінія) [34]. Пацієнти можуть мати погану легеневу податливість унаслідок інших пов'язаних травм (пневмоторакс або гемоторакс). Відповідний дренаж може зменшити потребу у вентиляції з позитивним тиском. Остання може погіршити баротравму легень і збільшити ризик повітряної емболізації через пневмоторакс або бронхоплевральні фістули [11]. Гіпербарична оксигенація є найефективнішим способом лікування повітряної емболії [30]. Якщо гіпербарична камера недоступна, то пацієнта поміщають у положенні лежачи на лівому боці з опущеною головою, щоб

запобігти потраплянню бульбашок у коронарні та церебральні судини [2].

Пацієнти, які вижили після початкової катастрофи, зазвичай мають хороший прогноз як щодо короткострокового, так і щодо довгострокового відновлення з рівнем виживаності 60–97 % [1, 5, 27]. Великий діапазон виживаності пояснюється різноманітням травм, отриманих пацієнтами. У більшості випадків пацієнти помирають від інших вибухових травм, а не від первинного вибухового ураження легень.

Висновки

Торакальні травми часто діагностують у місцях проведення бойових дій. Оскільки технологія

медичної візуалізації наближається до районів бойових дій завдяки розвитку портативних візуалізаційних систем, цей інструмент стає дедалі доступнішим для допомоги в діагностиці та швидкому лікуванні торакальних травм, пов'язаних з бойовими діями. Клінічне та хірургічне лікування травмованого пацієнта ґрунтується на навичках, опанованих під час навчання, та досвіді, отриманому під час бойових дій. Однак зображення тупих і вибухових травм може бути різним у мирних та військових умовах. Чіткий малюнок ушкодження і атипові візуалізаційні вияви тупої травми та вибухового ушкодження легень важливо розпізнати на ранній стадії через гостроту цієї патології та вплив точного діагнозу на клінічне лікування.

Конфлікту інтересів немає. Участь авторів: концепція і дизайн дослідження — О.С. Шевченко; збір матеріалу — К.М. Смоляник; обробка матеріалу — В.В. Макаров; написання тексту — О.О. Погорелова; опрацювання даних — Р.С. Шевченко; редагування тексту — Л.Д. Тодоріко.

Список літератури

- Aboudara M, Mahoney PF, Hicks B, Cuadrado D. Primary blast lung injury at a NATO Role 3 hospital. *J R Army Med Corps.* 2014;160(2):161-6. doi: 10.1136/jramc-2013-000216.
- Argyros GJ. Management of primary blast injury. *Toxicology.* 1997;121(1):105-15. doi: 10.1016/s0300-483x(97)03659-7.
- Arnold JL, Tsai M-C, Halpern P, Smithline H, Stok E, Ersoy G. Mass-casualty, terrorist bombings: epidemiological outcomes, resource utilization, and time course of emergency needs (Part I). *Prehosp Disaster Med.* 2003;18(3):220-34. doi: 10.1017/s1049023x00001096.
- Athanassiadi K, Gerazounis M, Theakos N. Management of 150 flail chest injuries: analysis of risk factors affecting outcome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2004;26(2):373-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.04.011.
- Avidan V, Hersch M, Armon Y, et al. Blast lung injury: clinical manifestations, treatment, and outcome. *Am J Surg.* 2005; 190(6): 927-31. doi: 10.1016/j.amjsurg.2005.08.022.
- Battle CE, Evans PA. Predictors of mortality in patients with flail chest: a systematic review. *Emerg Med J.* 2015;32(12):961-5. doi: 10.1136/emermed-2015-204939.
- Borman JB, Aharonson-Daniel L, Savitsky B, Peleg K, Israeli Trauma Group. Unilateral flail chest is seldom a lethal injury. *Emerg Med J.* 2006;23(12):903-5. doi: 10.1136/emj.2006.037945.
- Cohn SM, Dubose JJ. Pulmonary contusion: an update on recent advances in clinical management. *World J Surg.* 2010;34(8):1959-70. doi: 10.1007/s00268-010-0599-9.
- DePalma RG, Burris DG, Champion HR, Hodgson MJ. Blast injuries. *N Engl J Med.* 2005;352(13):1335-42. doi: 10.1056/NEJMra042083.
- Hare SS, Goddard I, Ward P, Naraghi A, Dick EA. The radiological management of bomb blast injury. *Clin Radiol.* 2007;62(1):1-9. doi: 10.1016/j.crad.2006.09.013.
- Ho AM, Ling E. Systemic air embolism after lung trauma. *Anesthesiology.* 1999;90(2):564-75. doi: 10.1097/00000542-199902000-00033.
- Ivey KM, White CE, Wallum TE, et al. Thoracic injuries in US combat casualties: a 10-year review of Operation Enduring Freedom and Iraqi Freedom. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(6):514-9. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2012.06.134.
- Kaewlai R, Avery LL, Asrani AV, Novelline RA. Multidetector CT of blunt thoracic trauma. *Radiographics.* 2008;28(6):1555-70. doi: 10.1148/rg.286085510.
- Keneally R, Szpisjak D. Thoracic trauma in Iraq and Afghanistan. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;74(5):1292-7. doi: 10.1097/TA.0b013e31828c467d.
- Lee RB, Bass SM, Morris JA, MacKenzie EJ. Three or more rib fractures as an indicator for transfer to a Level I trauma center: a population-based study. *J Trauma.* 1990;30(6):689-94. doi: 10.1097/00005373-199006000-00006.
- Leibovici D, Gofrit ON, Stein M, et al. Blast injuries: bus versus open-air bombings—a comparative study of injuries in survivors of open-air versus confined-space explosions. *J Trauma.* 1996;41(6):1030-5. doi: 10.1097/00005373-199612000-00015.
- Lichtenberger JP, Kim AM, Fisher D, et al. Imaging of combat-related thoracic trauma - blunt trauma and blast lung injury. *Military Medicine.* 2018;183(3-4):89-96. doi: 10.1093/milmed/usx033.
- Marti M, Parron M, Baudraxler F, Royo A, Leon NG, Alvarez-Sala R. Blast injuries from Madrid terrorist bombing attacks on March 11, 2004. *Emerg Radiol.* 2006;13(3):113-22. doi: 10.1007/s10140-006-0534-4.
- Matsumoto K, Noguchi T, Ishikawa R, Mikami H, Mukai H, Fujisawa T. The surgical treatment of lung lacerations and disruptions caused by blunt thoracic trauma. *Jpn J Surg.* 1998;28:162-6. doi: 10.1007/s005950050099.
- Mayorga MA. The pathology of primary blast overpressure injury. *Toxicology.* 1997;121(1):17-28. doi: 10.1016/s0300-483x(97)03652-4.
- Mellor SG. The relationship of blast loading to death and injury from explosion. *World J Surg.* 1992;16(5):893-8. doi: 10.1007/BF02066988.
- Oikonomou A, Prassopoulos P. CT imaging of blunt chest trauma. *Insights Imaging.* 2011;2(3):281-95. doi: 10.1007/s13244-011-0072-9.
- Pape HC, Remmers D, Rice J, Ebisch M, Krettek C, Tschern H. Appraisal of early evaluation of blunt chest trauma: development of a standardized scoring system for initial clinical decision making. *J Trauma.* 2000;49(3):496-504. doi: 10.1097/00005373-200009000-00018.
- Pharaon KS, Marasco S, Mayberry J. Rib fractures, flail chest, and pulmonary contusion. *Current Trauma Reports.* 2015. doi: 10.1017/cbo9780511844454.028.
- Pizov R, Oppenheim-Eden A, Matot I, et al. Blast lung injury from an explosion on a civilian bus. *Chest.* 1999;115(1):165-72. doi: 10.1378/chest.115.1.165.
- Simon B, Ebert J, Bokhari F, Capella J, Emhoff T, Hayward T, et al. Management of pulmonary contusion and flail chest: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice

- management guideline. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;73(5):351-61. doi: 10.1097/TA.0b013e31827019fd.
27. Singleton JAG, Gibb IE, Bull AMJ, Mahoney PF, Clasper JC. Primary blast lung injury prevalence and fatal injuries from explosions: insights from postmortem computed tomographic analysis of 121 improvised explosive device fatalities. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013;75(2):269-74. doi: 10.1097/TA.0b013e318299d93e.
 28. Sorkine P, Szold O, Kluger Y, et al. Permissive hypercapnia ventilation in patients with severe pulmonary blast injury. *J Trauma.* 1998;45(1):35-8. doi: 10.1097/00005373-199807000-00006.
 29. Tanaka H, Yukioka T, Yamaguti Y, et al. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilization? A prospective randomized study of management of severe flail chest patients. *J Trauma.* 2002;52(4):727-32. doi: 10.1097/00005373-200204000-00020.
 30. Tibbles PM, Edelsberg JS. Hyperbaric-oxygen therapy. *N Engl J Med.* 1996;334(25):1642-8. doi: 10.1056/NEJM199606203342506.
 31. Tsokos M, Paulsen F, Petri S, Madea B, Puschel K, Turk EE. Histologic, immunohistochemical, and ultrastructural findings in human blast lung injury. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(5):549-55. doi: 10.1164/rccm.200304-528OC.
 32. Wagner RB, Crawford WO, Schimpf PP. Classification of parenchymal injuries of the lung. *Radiology.* 1988;167(1):77-82. doi: 10.1148/radiology.167.1.3347751.
 33. Wicky S, Wintermark M, Schnyder P, Capasso P, Denys A. Imaging of blunt chest trauma. *Eur Radiol.* 2000;10(10):1524-38. doi: 10.1007/s003300000435.
 34. Wolf SJ, Bebartha VS, Bonnett CJ, Pons PT, Cantrill SV. Blast injuries. *Lancet.* 2009;374(9687):405-15. doi: 10.1016/S0140-6736(09)60257-9.

O.S. Shevchenko¹, V.V. Makarov¹, R.S. Shevchenko¹, L.D. Todoriko², K.M. Smolianyuk¹, O.O. Pohorielova¹

¹Kharkiv National Medical University, Kharkiv, Ukraine

²Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Non-penetrating combat-related thoracic trauma (review)

Combat-related thoracic trauma is a significant cause of morbidity and mortality in all military operations. Penetrating, blunt, and explosive wounds are the most common mechanisms of injury. Visualization diagnosis plays a key role in the treatment. This review discusses the visualization signs of chest injuries from blunt trauma and blast trauma.

Objective was to study in detail the mechanisms and visualization signs of non-penetrating combat-related thoracic trauma. 235 literature sources were found in the PubMed system by the query Thoracic AND Trauma AND Combat, 34 of which were selected for further detailed study.

In modern warfare, thoracic trauma accounts for 8.6–16.0 % of casualties. Chest X-ray and CT are the visualization methods most commonly used in the evaluation of polytrauma patients from combat and peacetime. Chest X-ray can be quickly obtained in a patient with blunt trauma and emergency conditions that include tension pneumothorax, large hemothorax, chest compression, and others. Chest CT is an important component of trauma visualization. Compared to chest X-ray, chest CT identifies 20 % more pathology, and occult chest trauma due to blunt force trauma can be identified in 71 % of patients. CT provides 38–81 % additional diagnoses compared to chest X-ray.

Thoracic trauma is often diagnosed in places of combat. As medical imaging technology moves closer to combat areas, this tool is becoming increasingly available to aid in the diagnosis and rapid treatment of combat-related thoracic trauma. Clinical and surgical management of the traumatized patient relies on skills learned in modern civilian training and honed in war. However, imaging of blunt and explosive injuries may be different in civilian and military settings. The distinct injury pattern and atypical imaging findings of blunt trauma and blast lung injury are important to recognize at an early stage because of the severity of this pathology and the impact of an accurate diagnosis on clinical management.

The study was illustrated by own clinical cases of patients who were treated in Kharkiv medical facilities in 2022 for non-penetrating combat-related thoracic trauma.

Keywords: thoracic trauma, non-penetrating trauma, combat-related trauma.

Контактна інформація:

Шевченко Ольга Станіславна, д. мед. н., проф., зав. кафедри фтизіатрії та пульмонології
<https://orcid.org/0000-0002-5476-3981>
 61062, м. Харків, просп. Науки, 4. E-mail: os.shevchenko@knmu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції/Received 9.12.2022.

Стаття рекомендована до опублікування/Accepted 19.01.2023.

ДЛЯ ЦИТУВАННЯ

- Шевченко ОС, Макаров ВВ, Шевченко РС та ін. Непроникні торакальні травми, пов'язані з бойовими діями (огляд літератури). Туберкульоз, легеневі хвороби, ВІЛ-інфекція. 2023;1:73-80. doi: 10.30978/TB-2023-1-73.
- Shevchenko OS, Makarov VV, Shevchenko RS, Todoriko LD, Smolianyuk KM, Pohorielova OO. [Non-penetrating combat-related thoracic trauma (review)]. *Tuberculosis, Lung Diseases, HIV Infection (Ukraine).* 2023;1:73-80. doi:10.30978/TB-2023-1-73. Ukrainian.