

УДК 616.12-001-031.14

Лазоришинець В. В., Генеральний директор ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України». Академік НАМН України, академік НАН України, доктор медичних наук, професор, заслужений лікар України (<https://orcid.org/0000-0002-1748-561X>)

Руденко М. Л., Завідувач відділу хірургічного лікування ішемічної хвороби серця та ревааскуляризації міокарда. Доктор медичних наук. (<https://orcid.org/0000-0002-0292-3250>)

Руденко К. В., Заступник генерального директора з науково-координаційної роботи. Член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор, експерт МОЗ України за напрямом «Хірургія серця та магістральних судин». (<https://orcid.org/0000-0002-1508-9293>)

Вітовський Р. М., Завідувач відділу хірургічного лікування патології серця з поліорганною недостатністю. доктор медичних наук, професор, кардіохірург вищої категорії, професор кафедри хірургії серця та магістральних судин НМАПО імені П.Л. Шупика. (<https://orcid.org/0000-0001-5318-6708>)

Сіромаха С. О., Заступник генерального директора з клінічних та організаційних питань на громадських засадах. Професор. (<https://orcid.org/0000-0002-7031-5732>)

ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії імені М. М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

Клініко-діагностичні та хірургічні особливості уламкової емболії правого шлуночка в умовах мінно-вибухової травми

На окреме місце серед уламкових поранень виходить уламкова емболія серця та судин, що є рідкісним наслідком балістичних ушкоджень, і полягає в травматичному проникненні в кровеносну судину стороннього тіла (зазвичай кулі або уламка), яке потім продовжує мігрувати вздовж траєкторії судини в іншу частину тіла. Рідкісність такого ураження і значна варіабельність клінічних проявів призвели до відсутності напрацьованих стратегій лікування або ведення такого стану.

Мета. На основі досвіду лікування мінно-вибухових поранень представити особливості перебігу, діагностики та тактики лікування уламкової емболії правих відділів серця.

Матеріал та методи. Наш досвід лікування мінно-вибухових поранень складає 90 випадків. Поранення безпосередньо серця спостерігалось у 41 (45,8 %) пораненого. Локалізація уламків у порожнині правого шлуночка діагностована у 14 пацієнтів. Уламкова емболія порожнини правого шлуночка серця спостерігалась в 2 випадках, що склало 2,5 % від загальної кількості хворих з мінно-вибуховими пораненнями. Провідним діагностичним методом, що дозволив виявити уламок, була КТ з контрастним підсиленням та синхронізацією.

Результати. В результаті мінно-вибухового уламкового ураження обидва представлені пацієнти були поранені в верхні або нижні кінцівки. При цьому порушення цілісності грудної клітки або діафрагми не спостерігалось. У всіх поранених виявлені уламки в порожнині правого шлуночка. Діагностика наявності уламка в серці відбулась в різний термін після поранення, від 1 дня до 5 місяців. Всі хворі прооперовані зі штучним кровообігом доступом через тристулковий клапан. В усіх випадках ознак порушення цілісності стінок серця не виявлено. Неодимовий магніт застосовувався на кожній операції.

Висновки. Попадання уламків в венозні судини верхніх та нижніх кінцівок може супроводжуватись міграцією снаряда до правих відділів серця з подальшою фіксацією до трабекул правого шлуночка та можливістю попадання в басейн легеневої артерії. На наш погляд, для запобігання міграції уламків у судини басейну легеневої артерії тактика видалення уламків, що знаходяться в порожнині ПШ, має бути пріоритетною.

Ключові слова: вибухова травма, уламкові поранення, емболія правого шлуночка, КТ діагностика уламкових уражень, видалення уламків, тактика лікування, ознаки уламкової емболії.

Повномасштабне вторгнення росії в Україну призвело до масштабних бойових дій. Ця війна не лише змінила геополітичну ситуацію в Європі, а й поставила перед медичною спільнотою нові виклики, зокрема в галузі військової медицини. Епідемія вогнепальних поранень (ВП) і травм внаслідок війни з росією продовжує зростати, а знання про ВП стають все актуальнішими [1].

Наслідки мінно-вибухової травми, вогнепальні поранення не бувають однаковими двічі. Вид снаряда, розрив, швидкість проникнення чи тип ушкоджених м'яких тканин – аспекти, які впливають на подальшу симптоматику та стан пацієнта, діагностику та методи лікування [1, 5].

Серед багатьох типів бойових травм особливу увагу привертає уламкова травма серця та судин. Поранення серця в переважній більшості супроводжуються високою летальністю. Однак є випадки поранення серця, що потребують хірургічного втручання у відносно віддалений термін після поранення. При цьому уражаючий агент може локалізуватися в різних ділянках серця, включаючи як його порожнини, так і стінки, що може створювати додаткову потенційну небезпеку в разі імовірної міграції в рухомому об'єкті, яким є серце [4, 5].

На окреме місце серед уламкових поранень виходить уламко-

ва емболія серця та судин. Уламкова емболія (УЕ) є рідкісним наслідком балістичних ушкоджень, таких як вогнепальні поранення, що полягає в травматичному проникненні в кровоносну судину стороннього тіла (зазвичай кулі або уламка), яке потім продовжує мігрувати вздовж траєкторії судини в іншу частину тіла. Потенційні ускладнення уламкової емболії включають ішемію кінцевих органів, сепсис і аномалії клапанів серця залежно від уражених судин, супутніх запальних процесів і кінцевого пункту призначення, куди уламок емболізує [1].

Частоту кульової емболії важко визначити, але в літературі повідомлялося, що 0,3 % із приблизно 7500 жертв війни у В'єтнамі та 1,1 % із 346 жертв у війнах в Афганістані та Іраку продемонстрували ознаки кульової або уламкової емболії [4]. Низький рівень частоти таких станів у бойових сценаріях пояснюється негайними смертельними ускладненнями, пов'язаними з високошвидкісними снарядами, оскільки високошвидкісні снаряди з більшою ймовірністю створюють вихідні рани та побічні пошкодження тканин через високу кінетичну енергію, збільшуючи ризик смерті [5].

У більшості випадків УЕ виникає внаслідок ушкоджень, спричинених кулями малого калібру або уламками з відносно низькою кінетичною енергією [5, 6]. Оскільки снаряд втрачає швидкість під час проходження крізь м'які тканини, його кінетична енергія прогресивно зменшується [10]. До моменту, коли снаряд проникає в кровоносну судину, кінетична енергія кровотоку здатна подолати кінетичну енергію снаряда, яка потім здатна пробити лише одну стінку кровоносної судини, залишаючись у її просвіті, звідки він потім рухається кровообігом до різних сегментів цієї судини, інших кровоносних судин або до камер серця. УЕ може виникнути в артеріальних або венозних кровоносних судинах, причому артеріальна емболізація снаряда зазвичай викликає більш негайні симптоми, вторинні після артеріальної обструкції та ішемії відповідних тканин [8]. Тому артеріальну емболію слід ліквідувати шляхом термінового ендovasкулярного лікування або відкритої хірургії [8].

Венозні кровоносні судини частіше уражаються УЕ, причому нижня порожниста вена (25 %), стегнові вени (15 %) і підключичні вени (10 %) є найбільш поширеними місцями входу снаряда [8, 16]. У більшості випадків венозної УЕ снаряд зрештою мігрує до серця, особливо до правої камери.

Рідкісність такого ураження і значна варіабельність клінічних проявів призвели до відсутності напрацьованих стратегій лікування або ведення цього стану [8]. Сучасна література свідчить про те, що кульові емболи, які присутні в артеріальному кровообігу, найкраще лікувати шляхом своєчасного хірургічного або

ендоваскулярного видалення через високу ймовірність майбутньої ішемії. Пропоноване лікування венозної емболії варіюється та залежить від клінічних симптомів [9]. Такі методи візуалізації, як комп'ютерна томографія (КТ), є найкращими діагностичними засобами. Зрештою, поєднання багатьох факторів визначатиме прогноз і лікування пацієнта.

Через відсутність великого досвіду в будь-якому окремому закладі існують певні суперечки щодо відповідних діагностичних та терапевтичних підходів до лікування таких випадків.

Мета. На основі досвіду лікування мінно-вибухових поранень представити особливості перебігу, діагностики та тактики лікування уламкової емболії правих відділів серця.

Матеріал та методи

Наш досвід лікування мінно-вибухових поранень складає понад 90 випадків. Практично всі ці випадки були пов'язані з ураженням органів грудної клітки (ГК), а саме легенів, серця або органів середостіння. Знаходження уламка в грудній порожнині передбачало ураження грудної стінки, або діафрагми, що явилось місцем входження уражаючого агента. Поранення безпосередньо серця спостерігалось у 41 (45,8 %) поранених. Локалізація уламків в порожнині правого шлуночка діагностована у 14 пацієнтів. Разом з тим, в окремих випадках знаходження металевого уламка в порожнині правого шлуночка було неможливо пояснити проникаючим пораненням у зв'язку з відсутністю пошкодження грудної клітки або діафрагми. Окрім того, проникаюче поранення правого шлуночка серця передбачає наявність гемоперикарда та ознак пошкодження самого перикарда.

В цій статті ми представляємо наш досвід діагностики та лікування пацієнтів з мінно-вибуховими уламковими травмами, наслідками яких явилась уламкова емболія порожнини правого шлуночка серця.

В даній статті ми описуємо 2 випадки діагностики та хірургічного лікування уламкових емболій серця, що склало 2,5 % від загальної кількості хворих з мінно-вибуховими пораненнями, що пройшли лікування в нашому центрі. Чоловіки віком 29 та 44 роки. Провідним діагностичним методом, що дозволив виявити уламок, була КТ з контрастним підсиленням та синхронізацією. Цей метод дозволив з належною точністю визначити локалізацію уламка, ступінь проникнення в тканини серця, розмір та щільність за Хаундфільдом Юнітсом (НУ), що дає додаткову інформацію про характер проникаючого снаряда.

Результати

Слід зазначити, що у всіх поранених виявлені уламки в порожнині правого шлуночка.

Таблиця 1. Дані про дату, місце уламкового ураження, маніпуляції на етапах лікування та дату виявлення уламка в серці.

№ з/п	Дата поранення	Місце поранення	Маніпуляції на етапах	Дата виявлення уламка в серці
1	20.09.22 р.	Непроникаюче поранення грудної клітини, праве плече, обидва стегна	ПХО ран. КТ – 20.09.22 р. КТ з контр. – 22.09.22 р.	20.09.22 р. при виконанні КТ
2	12.05.24 р.	Поранення правої нижньої кінцівки, кровотеча	ПХО рани. КТ – 03.10.24 р. виявила уламок	03.10.24 р. при виконанні КТ черевної порожнини

Дані таблиці 1 свідчать про те, що в результаті мінно-вибухового уламкового ураження всі представлені пацієнти були поранені у верхні або нижні кінцівки, а також в пахову ділянку. При цьому порушення цілісності грудної клітки або діафрагми не спостерігалось.

У пацієнтів діагностика наявності уламка в серці відбулась в різний термін після поранення. Так, у першого пацієнта 29 років з пораненням правого плеча та обох стегон, перше КТ грудної клітини було виконано в день поранення (20.09.22 р.) у зв'язку з підозрою на проникаюче поранення ГК, якого не діагностовано. Відсутні дані про гемопневмоторакс, ознаки ураження легень. При цьому виявлено уламок в серці, що потребувало направлення пацієнта в кардіохірургічне відділення. Пацієнт був скерований до ІССХ. КТ з контрастуванням, виконане в Інституті 22.09.22 р., деталізувало локалізацію уламка в порожнині правого шлуночка біля стулок тристулкового клапана (рис. 1). Таким чином, пацієнт потрапив до спеціалізованого центру серцево-судинної хірургії вже за 2 доби після поранення.

Другий пацієнт мав іншу історію виявлення уламка серця. Поранення відбулось 12.05.24 р. В результаті вибуху міни відбулось множинне уламкове ураження правої нижньої кінцівки в стегову ділянку ззаду зі значною кровотечею. Хірургічне втручання, що відбулось в день поранення, дозволило відновити функцію судин. Пацієнт в задовільному стані перебував на реабілітації. За 5 місяців після поранення діагностичне КТ черевної порожнини 03.10.24 р., спрямоване на діагностику гострого панкреатиту, випадково виявило уламок в ділянці серця, що вимагало скерування пацієнта в Інститут серцево-судинної хірургії. КТ з контрастуванням показало наявність уламка в порожнині правого шлуночка між трабекулами, на діафрагмальній його поверхні (рис. 2). Ознайомлення з особливостями поранення, що відбулось 5 місяців тому, яке не

супроводжувалось травмою грудної клітини, та наявність металевого уламка, що вільно розташовувався в порожнині ПШ дозволило припустити можливість емболічного характеру потрапляння уламка в ПШ.

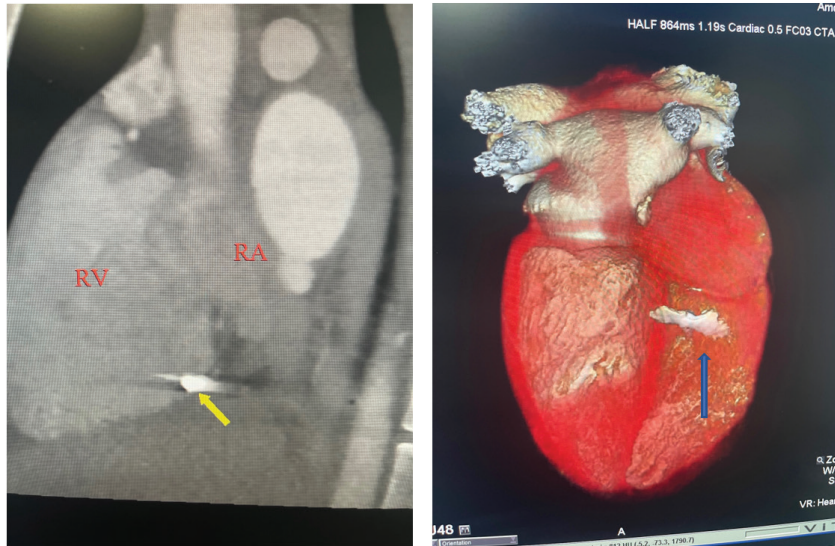


Рис. 1. КТ з контрастуванням демонструє наявність металевого уламка в порожнині правого шлуночка близько фіброзного кільця тристулкового клапана

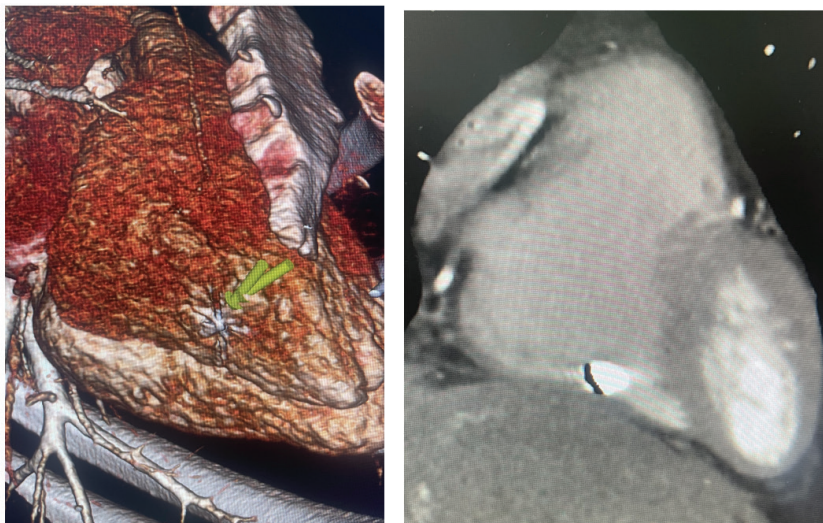


Рис. 2. КТ серця з контрастуванням з 3D проекцією демонструє наявність металевого уламка в порожнині правого шлуночка, на його діафрагмальній поверхні міжтрабекулами

Таким чином, представлені дані, які свідчать про відсутність в усіх випадках проникаючого поранення грудної клітки та наявність сторонніх тіл металевої щільності в порожнині правого шлуночка, в поєднанні з ураженням уламками нижніх кінцівок, дають можливість зробити висновок про наявність міграції уламків з током крові басейном нижньої порожнистої вени після їхнього потрапляння в просвіт крупних венозних судин з подальшим емболічним ураженням порожнини серця.

Всі представлені пацієнти перенесли хірургічне втручання, що полягало в видаленні уламка з порожнини ПШ. Дані про дату поступлення, дату та особливості хірургічного втручання представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Дані про дату лікування та особливості хірургічного втручання пацієнтів з уламковою емболією.

№ з/п	Дата поступлення	Дата операції	Локалізація уламка та розмір	Особливості операції
1	22.09.24 р.	23.09.24 р.	Під ТК, на межі септальної та задньої стулок. 8x5x3 мм	Порожнина перикарда чиста. Видалено магнітом через ТК без пошкодження стулок
2	13.11.24 р.	15.11.24 р.	В трабекулах діафрагмальної стінки ПШ.	Порожнина перикарда чиста. Видалено магнітом через ТК

Як видно з представлених в таблиці 2 даних про хід хірургічного лікування, в усіх випадках ознак пошкодження перикарда не спостерігалось. Наявності запального процесу або ознак гемоперикарда також не знайдено. Ознак порушення цілісності стінок серця також не виявлено.

Усі операції виконувались на зупиненому серці із застосуванням кардіоплегії, доступом через праве передсердя та тристулковий клапан. КТ з контрастуванням з можливістю 3D реконструкції дозволило точно локалізувати місце знаходження уламка в порожнині ПШ. Тому всі маніпуляції проводились саме у визначених його ділянках, що значно полегшувало виявлення металевої структури.

У першому випадку уламок розміром 8x5x3 мм розташовувався в ПШ під стулками ТК між передньою та задньою, фіксований тканинами ПШ (рис. 3А). Магніт, піднесений до тристулкового клапана, дозволив досить легко вилучити уламок, не пошкодивши стулки клапана (рис. 3Б).

У другого хворого ревізія порожнини ПШ через просвіт ТК по-

казала наявність уламків розміром до 1 см з гострими краями, що розташовувались між трабекулами на діафрагмальній стінці ПШ (рис. 4). В цьому випадку уламок легко вийшов при застосуванні магніту.

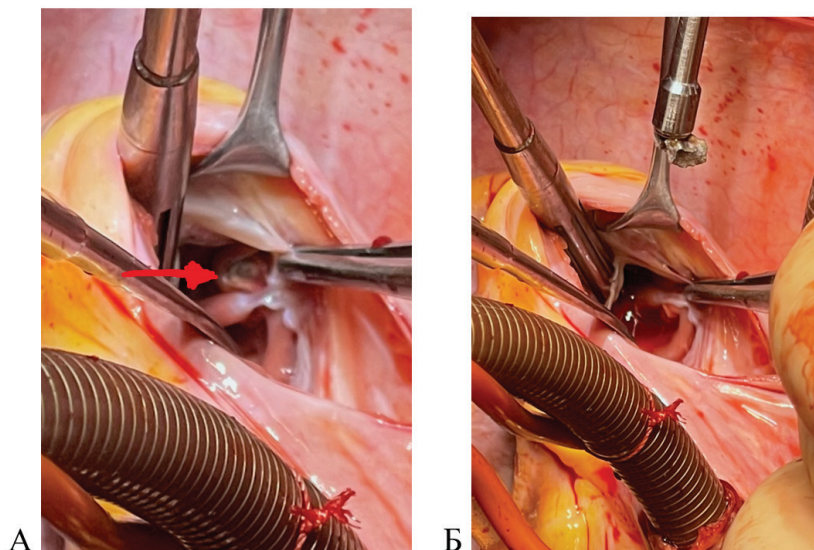


Рис. 3. Металевий уламок у серці: А – уламок, розташований під стулками ТК; Б – застосування магніту для видалення уламка.

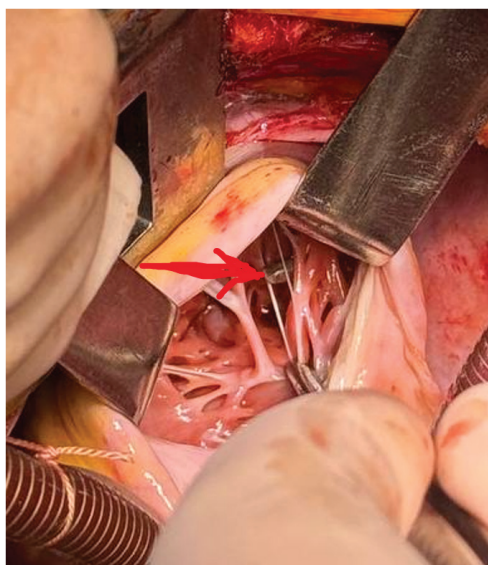


Рис. 4. Металевий уламок в порожнині ПШ, між трабекулами на діафрагмальній поверхні. Проекція через тристулковий клапан

Відновлення серцевої діяльності в усіх хворих відбулось без ускладнень. Післяопераційний період тільки в одному випадку був ускладнений неспроможністю швів на шкірі, що подовжило перебування пацієнта в стаціонарі. Усі хворі в задовільному стані були переведені до військового госпіталю для проходження реабілітації.

Таким чином, представлені дані свідчать про досить часте виникнення такого ускладнення мінно-вибухового уламкового поранення, як уламкова емболія серця. У наших спостереженнях місцем потрапляння уламків в судинну систему виявились в основному судини нижніх кінцівок. Потрапляння уламків в просвіт крупних венозних судин зі створенням умов, що сприяють переміщенню до правих відділів серця, сприяє виникненню такого ураження серця, як уламкова емболія.

Обговорення

Високошвидкісний уламок або кульовий ембол в серці є надзвичайно рідкісним явищем. Спочатку описаний у 1834 році, перший задокументований випадок розповідає про 10-річного хлопчика, який був смертельно поранений (дерев'яним фрагментом) у груди. Результати розтину виявили неушкоджений перикард із дерев'яною кулею, що знаходилася у правому шлуночку. Автори припустили, що після поранення легень куля пройшла з верхньої порожнистої вени через праве «передсердя» у правий шлуночок. Цікаво, що це було сприйнято скептично, оскільки концепція емболічного явища не була доведена, а тим більше прийнята [2, 3]. Перший задокументований випадок серцевої емболії свинцевою кулею з'явився в 1917 році [14]. Зокрема, уламок гільзи був знайдений у лівому шлуночку після поранення стегна у жертви з відкритим овальним отвором.

Артеріальна уламкова емболія як правило, призводить до болю, пов'язаного з ішемією периферичних і кінцевих органів, і її слід оперувати [8]. Залишається значна суперечка щодо оптимальної тактики лікування венозної уламкової емболії в серці, особливо тому, що більшість венозних емболій протікає безсимптомно [12]. Два найбільш поширені місця розташування венозних емболів є праве серце та судинна система легеневої артерії до 82 % [11, 12]. Немає чіткої думки щодо тактики лікування: деякі виступають за спостереження, тоді як інші також віддають перевагу видаленню з огляду на ризик тромбоемболії легеневої артерії, бактеріального ендокардиту, дисфункції клапанів або ерозії серцевої тканини [5].

Класифіковано та описано також такий феномен, як «невроз серця», коли пацієнт стає настільки одержимим знанням про

уламковий ембол, що він викликає психологічні розлади, включаючи страх руху, що може призвести до зміни місця розташування уламка. Справді, один пацієнт погрожував самогубством, якщо кулю не буде видалено, що саме і змусило хірургів виконати хірургічне втручання [10].

Враховуючи потенційний ризик, пов'язаний з операцією на відкритому серці, поява ендovasкулярних методів відкрила унікальну можливість у цих випадках. Перший випадок успішного ендovasкулярного видалення кулі описано у 1980 р. і включав видалення кульового емболу з правого шлуночка. Оскільки технології продовжують розвиватися, це, ймовірно, стане переважаючим терапевтичним підходом. Звичайно, за відсутності досвіду використання цих методів хірургічне втручання залишається життєздатним варіантом залежно від досвіду установи [4].

Дуже важливо якомога точніше локалізувати уламок, коли було прийнято рішення про втручання в умовах безсимптомної венозної емболії. Початковий рентген грудної клітки повинен бути виконаний для попереднього визначення локалізації та можливих доказів інших наслідків від уламка. У гемодинамічно стабільного та безсимптомного пацієнта наступним візуалізаційним дослідженням має бути комп'ютерна томографія грудної клітини з контрастним підсиленням, якої, як правило, вистачає для визначення тактики лікування [7]. Снаряд може створити занадто багато артефактів для точної локалізації, і може знадобитися додаткова візуалізація [5]. Додаткові методи візуалізації (ТТЕ, ТЕЕ, коронарографія) можуть допомогти в прийнятті рішень щодо консервативного підходу з регулярним спостереженням, черезшкірним або хірургічним видаленням [5].

Кілька нещодавно опублікованих рекомендацій пропонують суперечливі стратегії лікування. Одне з таких досліджень показує, що уламкову емболію в лівих відділах серця слід оперувати, якщо у пацієнта є симптоми, ембол є внутрішньопорожнинним або частково виступаючим в просвіт порожнини серця. Разом з тим, якщо у пацієнта немає симптомів і ембол повністю занурений в будь-яку стінку серця або у пацієнта немає симптомів із правостороннім кульовим емболом <5 мм, слід провести спостереження за допомогою серійної візуалізації [5, 8, 15]. Інший звіт свідчить про те, що безсимптомні венозні емболії слід вилучити будь-де, крім легеневої артерії. Далі в ньому зазначено, що слід видаляти лише ті емболи легеневої артерії, які доступні за допомогою ендovasкулярних методів [9]. На відміну від першої, ще одна публікація рекомендує хірургічне видалення уламкового ембола правого шлуночка у безсимптомного пацієнта через те що у 42 %

випадків виникають летальні ускладнення, якщо куля або інший снаряд емболізує легеневу артерію [13]. Справді, занепокоєння щодо наслідків від емболії легеневої артерії було головною причиною нашого рішення видалити уламки, враховуючи, що ~26 % венозних емболів зрештою осідають у басейні легеневої артерії з можливістю ерозії стінки судини та смертельної кровотечі.

В наших спостереженнях місцем проникнення уламка в судинну систему організму явився басейн нижньої порожнистої вени, це судини нижніх кінцівок. При цьому слід зазначити, що ознаки вираженої кровотечі можуть не спостерігатись. Тільки в одному випадку серед наших пацієнтів спостерігалась виражена кровотеча. Уламок пробив одну стінку судини та залишився в її просвіті, але не залишився на рівні проникнення в судину. Швидке переміщення уламків по венозній системі басейну нижньої порожнистої вени до правих відділів серця можливе тільки у випадках створення сприятливих умов для міграції. І такі умови, як правило, створюються відразу після поранення. Набуття горизонтального положення, що найчастіше відбувається після поранення в нижні кінцівки, дає можливість уламкам, що знаходяться в просвіті великої венозної судини, легко переміщуватися з потоком крові до правих відділів серця. З правого передсердя через тристулковий клапан металевий фрагмент потрапляє в порожнину ПШ. Затримці гострих уламків у порожнині ПШ сприяє виражена трабекулярність його внутрішньої поверхні, що дозволяє зафіксуватися снарядам між трабекулами. І не завжди ця фіксація може бути надійною.

В серії наших випадків уламкової емболії всі пацієнти були прооперовані зважаючи на імовірність подальшої міграції уламків в басейн легеневої артерії. Хочеться звернути увагу на різноманітний часовий проміжок між пораненням та виявленням уламка в порожнині правого шлуночка. Діагностика ураження серця через місяці після поранення і частіше випадково, після рентгендіагностики захворювання органів грудної клітини, пов'язано з відсутністю настороженості на можливість міграції уламків при пораненнях кінцівок. Неодимові магніти значно полегшили виявлення та видалення уражаючих агентів.

У наших спостереженнях клінічних симптомів, що були б пов'язані з наявністю стороннього тіла в правому шлуночку, не спостерігалось. Локалізація уламків в порожнині правого шлуночка загрожує подальшій його міграції в судини басейну легеневої артерії, що може супроводжуватись ускладненнями, які призводять до легневих кровотеч. Тому ми вважаємо, що тактика видалення уламків, що знаходяться в порожнині ПШ, має бути пріоритетною.

Підводячи підсумок нашого дослідження, слід зазначити, що враховуючи відсутність чітких і загальноприйнятих рекомендацій щодо лікування венозної уламкової емболії, дебати, ймовірно, триватимуть, коли кожна установа надасть перевагу власному клінічному та інституційному досвіду.

Висновки

Завжди потрібно пам'ятати про можливість міграції уламків судинною системою при мінно-вибухових ураженнях. Потрапляння уламків у венозні судини верхніх та нижніх кінцівок може супроводжуватися міграцією снаряда до правих відділів серця з подальшою фіксацією до трабекул правого шлуночка та можливістю потрапляння у басейн легеневої артерії. КТ з контрастуванням дозволяє чітко визначити локалізацію уламка та розпланувати тактику лікування. Рішення щодо лікування безсимптомних пацієнтів з уламковою емболією правого серця повинно враховувати інтереси пацієнта, доступні інституційні ресурси, обставини виявлення, анатомічне розташування емболу та досвід хірурга, якщо вирішується питання про відкритий доступ.

На наш погляд, для запобігання міграції уламків у судини басейну легеневої артерії тактика, яка спрямована на видалення уламків, що знаходяться в порожнині ПШ, має бути пріоритетною.

Стаття надійшла в редакцію / Received: 10.03.2026

Отримання позитивної рецензії: 18.03.2026

Прийнято до друку / Accepted: 27.03.2026

Clinical, Diagnostic, and Surgical Aspects of Right Ventricular Fragment Embolism Following Blast Trauma

V. V. Lazoryshynets, M. L. Rudenko, K. V. Rudenko, R. M. Vitovskyi, S. O. Siromakha

National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. A separate category of such injuries is fragment embolism of the heart and vessels, a rare consequence of ballistic trauma. This condition involves the traumatic penetration of a foreign body (usually a bullet or fragment) into a blood vessel, which then continues to migrate along the vessel to another part of the body. The rarity and high variability of clinical manifestations of such injuries have led to a lack of established treatment or management strategies.

Objective. Based on the experience of treating mine-blast injuries, to present the course, diagnosis, and treatment strategy for fragment embolism of the right heart chambers.

Material and Methods. Our experience includes 90 cases of mine-blast injuries. Direct heart injuries were observed in 40 patients. Localization of fragments in the right ventricular cavity was diagnosed in 14 patients. Fragment embolism of the right ventricular cavity was observed in 2 cases, accounting for 2.5% of the total number of patients with mine-blast injuries. The leading diagnostic method that enabled detection of the fragment was contrast-enhanced CT with synchronization.

Results. As a result of mine-blast fragment injuries, all 4 patients were wounded in the upper or lower limbs. No breaches of the chest cavity or diaphragm were observed. In all cases, fragments were found in the right ventricular cavity. Diagnosis of cardiac fragment presence was made at different times after injury, ranging from 1 day to 5 months. All patients underwent surgery using cardiopulmonary bypass via a trans-tricuspid approach. In all cases, there were no signs damage to the cardiac walls. A neodymium magnet was used during each operation.

Conclusions. The entry of fragments into the venous vessels of the upper and lower limbs may be accompanied by migration to the right heart chambers, with potential fixation to the trabeculae of the right ventricle and risk of entry into the pulmonary artery basin. In our opinion, to prevent fragment migration into the pulmonary artery system, priority should be given to the removal of fragments located in the RV cavity.

Keywords: blastinjury, shrapnelinjuries, rightventricularembolism, CT diagnosticsofshrapnellesions, removalofshrapnel, treatmenttactics, signsofshrapnelembolism.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

REFERENCES

1. Siromaha S. O., Danchenko P. A. Principles of providing medical care for combat cardiac trauma in drawings and algorithms. *Ukrainian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2022; 1 (30): 99–107. doi: <https://cvs.org.ua/index.php/ujcvs/article/view/476>.
2. C. N. Bagot, R. Arya. Virchow and his triad: a question of attribution. *British Journal of Haematology*, 143 (October (2)) (2008), pp. 180–190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2141.2008.07323>.
3. N. R. Barrett. Foreign bodies in the cardiovascular system. *British Journal of Surgery*, 37 (April (148)) (1950), pp. 416–445. <https://doi.org/10.1002/bjs.18003714804>
4. Ram Sharony, Liran Statlender, Yaron Shapira, Mordehay Vaturi, Shlomit Tamir. A shrapnel migration from a peripheral vein to the right ventricle: case report. *European Heart Journal – Case Reports*, Volume 8, Issue 9, September 2024. <https://doi.org/10.1093/ehjcr/ytae491>
5. A. H. Kuo, A. E. Gregorat, C. S. Restrepo, S. Vinu-Nair. Systematic review of civilian intravascular ballistic embolism reports during the last 30 years. *Journal of Vascular Surgery*. Volume 70, Issue 1, July 2019 Pages 298–306. 10.1016/j.jvs.2019.02.004
6. Sammy Shihadeh, Anwar Khan, Kristen Walker, Ali Al-Rawi, Alfredo Cordova. Penetrating cardiac injury resulting in a bullet embolus: a case report, *Journal of Trauma and Injury*. 2024; 37 (3): 233–237. <https://doi.org/10.20408/jti.2024.0018>
7. Pelosi R. B., Scarpelini S, Godinho M, et al. Right hepatic vein bullet embolism: a case report. *Trauma Case Rep*. 2023; 49: 100975. doi: 10.1016/j.tcr.2023.100975.
8. Reese M. W., Rendel R. E., Collins J. N. Management of venous and arterial bullet emboli. *Am Surg* 2023; 89: 3614–5. <https://doi.org/10.1177/00031348231167413>.
9. Donahue C, Al-Natour O, Gupta S, Scalea T. M. Pulmonary artery bullet embolization. *J Trauma Acute Care Surg* 2021; 91: e 150–1. <https://doi.org/10.1097/TA.0000000000002314>.
10. Nguyen P, Sirinit J, Milia D, Davis C. S. Management of intracardiac bullet embolisation and review of literature. *BMJ Case Rep* 2022; 15: e 247252. <https://doi.org/10.1136/bcr-2021-247252>.
11. Henderson L., Wachsman A., Chikwe J., Esmailian F. Venous bullet embolism to the right ventricle: case report and review of management. *Clin Case Rep* 2020; 9: 917–21. <https://doi.org/10.1002/ccr3.3284>.
12. Bakir D. A., Othman Y. N., Taha A. Y. Pulmonary bullet embolism following cardiac gunshot wound: case report of a bullet that traversed the heart twice. *Cardiothorac Surg*. 2020; 28: 5. <https://doi.org/10.1186/s43057-020-0017-5>.
13. Baum GR, Baum JT, Hayward D, MacKay BJ. Gunshot wounds: ballistics, pathology, and treatment recommendations, with a focus on retained bullets. *Ort hop Res Rev* 2022; 14: 293–317. <https://doi.org/10.2147/ORR.S378278>.
14. M. Schurr, M. Mc Cord, M. Croce. Paradoxical bullet embolism: case report and literature review. *Journal of Trauma*, 40 (6) (1996), pp. 1034–1036. DOI: 10.1097/00005373-199606000-00034.
15. K. R. Miller, M. V. Bennis, J. D. Sciarretta, B. G. Harbrecht, C. B. Ross, G. A. Franklin, et al. The Evolving Management of Venous Bullet Emboli: A case series and literature review. *Injury, Int. J. Care Injured*, 42 (2011), pp. 441–446. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.08.006>.
16. Brian Yoon, MC USA, DO, Samuel Grasso, MC USA, DO, Luke J Hofmann, MC USA, DO FACS. Management of Bullet Emboli to the Heart and Great Vessels. *Military Medicine*, Volume 183, Issue 9–10, September–October 2018, Pages e307–e313, <https://doi.org/10.1093/milmed/usx191>.