

Вітовський Р. М.^{1,2}, д-р мед. наук, професор, завідувач відділу хірургічного лікування поліорганної патології та кардіохірургії професор кафедри хірургії серця та магістральних судин
<https://orcid.org/0000-0001-5318-6708>.

Гуменюк К. В.³, канд. мед. наук, полковник медичної служби, головний хірург Збройних Сил України Командування Медичних сил, доцент кафедри військової хірургії, <https://orcid.org/0000-0001-8892-4061>

Ісаєнко В. В.^{1,2}, д-р мед. наук, доцент, кардіохірург відділення хірургічного лікування патології серця з поліорганною недостатністю, доцент кафедри, <https://orcid.org/0000-0002-7209-358X>

Вітовський А. Р.¹, лікар анестезіолог відділення анестезіології, <https://orcid.org/0000-0003-3282-6539>

Уніцька О. М.¹, медичний директор, <https://orcid.org/0000-0003-4588-3073>

Лазоришинець В. В.¹, д-р мед. наук, професор, академік НАН і НАМН України, директор, <https://orcid.org/0000-0002-1748-561X>

¹ДУ «Національного інституту серцево-судинної хірургії імені М.М. Амосова НАМН України», м. Київ, Україна

²Національний університет охорони здоров'я імені П.Л. Шупика, м. Київ, Україна

³Українська військово-медична академія

Особливості діагностики та хірургічного лікування уламкової емболії правого шлуночка при мінно-вибухових пораненнях

Резюме

На окреме місце серед уламкових поранень виходить уламкова емболія серця та судин, що є рідкісним наслідком балістичних ушкоджень і полягає в травматичному проникненні в кровоносну 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.

Матеріали та методи. Наш досвід лікування мінно-вибухових поранень складає 72 випадки. Поранення безпосередньо серця спостерігалось у 33 поранених. Локалізація уламків у порожнині правого шлуночка діагностована у 14 пацієнтів. Уламкова емболія порожнини правого шлуночка серця спостерігалась в 4 випадках, що склало 5,8% від загальної кількості хворих з мінно-вибуховими пораненнями. Провідним діагностичним методом, що дозволив виявити уламок, була КТ з контрастним підсиленням та синхронізацією.

Результати. Внаслідок мінно-вибухового уламкового ураження всі 4 представлені пацієнти були поранені у 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 відбулася у різний термін після поранення – від 1 дня до 4 місяців. Усі хворі були прооперовані зі штучним кровообігом, доступом через тристулковий клапан. В усіх випадках ознак порушення цілісності стінок серця не виявлено. Неодимовий магніт застосовувався під час кожної операції.

Висновки. Попадання 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 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.

Російсько-українська війна, розв'язана російськими окупантами у 2014 році, перетворилася на жорстоке й кровопролитне протистояння, у якому укра-

їнський народ відстоює незалежність своєї держави та право жити у вільній країні. Ця війна не лише змінила геополітичну ситуацію в Європі, а й поставила перед медичною спільнотою нові виклики, зокрема в галузі військової медицини. Використання сучасного озброєння спричиняє значно складніші, комбіновані поранення, що вражають різні частини тіла, органи й системи. 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 уражальний агент може локалізуватись 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 уламкова емболія (УЕ) серця та судин. 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 [1,15].

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 снаряду, 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 [3,8]. Тому артеріальну емболію слід ліквідувати шляхом термінового ендovasкулярного лікування або відкритої хірургії [3,8].

Венозні кровоносні судини частіше уражаються УЕ, причому нижня порожниста вена (25 %), стегнові вени (15 %) і підключичні вени (10 %) є найбільш поширеними місцями входу снаряда. При цьому спостерігається наступний розподіл місць локалізації уламків: праве передсердя (9,7 %), правий шлуночок (54,8 %), легенева артеріальне дерево (32,3 %) та нижня порожниста вена (3,2 %) [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 з аналізом досвіду численних авторів свідчить про те, що кульові емболи, які присутні в артеріальному кровообігу, найкраще лікувати шляхом своєчасного хірургічного або ендovasкулярного видалення через високу ймовірність майбутньої ішемії. Рекомендується видалення всіх артеріальних уламкових емболів та тих, що знаходяться в легеневій венозній системі [3]. Пропоноване лікування венозної емболії варіюється та залежить від клінічних симптомів [9]. Такі методи візуалізації, як комп'ютерна томографія (КТ), є найкращим діагностичним засобом. Зрештою, поєднання багатьох факторів визначатиме прогноз і лікування пацієнта.

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

Мета. Визначити особливості перебігу, діагностики та лікування уламкової емболії правих відділів серця у пацієнтів з мінно-вибуховими пораненнями та надати рекомендації щодо хірургічного ведення таких станів.

Матеріали та методи. Наш досвід лікування мінно-вибухових поранень становить 72 випадки. Практично всі вони були пов'язані з ураженням органів грудної клітки (ГК), а саме – легень, серця або органів середостіння. Наявність уламка в грудній порожнині передбачала ураження грудної стінки або діафрагми, що стало місцем входження уражального агента. Поранення безпосередньо серця спостерігалось у 33 (45,8 %) пацієнтів. Локалізацію уламків у порожнині правого шлуночка діагностовано у 14 пацієнтів.

Водночас в окремих випадках наявність металевого уламка в порожнині правого шлуночка було неможливо пояснити проникаючим пораненням через відсутність пошкодження грудної клітки або діафрагми. Окрім того, проникаюче поранення правого шлуночка серця зазвичай супроводжується гемоперикардом та ознаками пошкодження самого перикарда. У цій статті ми представляємо наш досвід діа-

гностики та лікування пацієнтів з мінно-вибуховими уламковими травмами, наслідком яких стала уламкова емболія порожнини правого шлуночка серця.

Наш досвід діагностики та хірургічного лікування уламкових емболій серця становить 4 випадки, що склало 5,5 % від загальної кількості хворих (72) з мінно-вибуховими пораненнями, які проходили лікування в нашому центрі. Усі пацієнти – чоловіки віком 24, 29, 43 та 44 роки. Провідним діагностичним методом, що дозволив виявити уламок, була КТ з контрастним підсиленням та синхронізацією.

Усім пацієнтам проводили послідовне КТ-дослідження грудної клітки та серця за наступним алгоритмом:

1. Нативна (безконтрастна) КТ грудної клітки – для виявлення уламків та сторонніх тіл, гемотораксу, пневмотораксу та оцінки паренхіми легень.
2. КТ серця з контрастуванням та ЕКГ-синхронізацією – для детальної оцінки уламків та сторонніх тіл, міокарда, перикарду, порожнини серця та коронарної анатомії.
3. КТ грудної клітки з контрастом – в артеріальну фазу для оцінки магістральних судин грудної клітки, включаючи аорту з її гілками та легеневі артерії.

Технічні параметри дослідження:

КТ-дослідження виконували на комп'ютерному томографі «Canon Aquilion One Genesis Edition» (Canon Medical Systems®, Японія) із застосуванням ЕКГ-синхронізації (640×0,5 мм, час обертання ген-три – 275 мс). Для контрастування використовували йодовмісну речовину йогексол у дозі 1 мл/кг маси тіла зі швидкістю введення 5–6 мл/с, з подальшою болюсною інфузією 60–90 мл фізіологічного розчину.

Модуляцію дози опромінення забезпечували відповідно до фаз інтервалу R–R (максимальне опромінення на 30–80 % циклу).

Постпроцесингову обробку зображень здійснювали лікарі-рентгенологи за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для тривимірної реконструкції на робочій станції «Vitrea Advanced»

(Canon Medical Systems®, Японія). Цей метод дозволив із належною точністю визначити локалізацію уламка, ступінь проникнення в тканини серця, розмір та щільність за одиницями Хаунсфілда (HU), що надає додаткову інформацію про характер проникаючого снаряда.

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

Дані таблиці 1 свідчать, що в результаті мінно-вибухового уламкового ураження всі представлені пацієнти були поранені у верхні або нижні кінцівки, а також у пахову ділянку. При цьому порушення цілісності грудної клітки або діафрагми не спостерігалося. У чотирьох пацієнтів діагностика наявності уламка в серці відбулася в різний термін після поранення (таблиця 1).

Так, у першого пацієнта, 24 роки, із пораненням правого плеча та обох стегон перше КТ грудної клітки було виконано в день поранення (20.09.22) у зв'язку з підозрою на проникаюче поранення грудної клітки, якого не було діагностовано. Дані щодо гемопневмотораксу та ознак ураження легень були відсутні. При цьому було виявлено уламок у серці, що вимагало направлення пацієнта до кардіохірургічного відділення. Пацієнта скерували до Інституту серцево-судинної хірургії (ІССХ). КТ із контрастуванням, виконане в інституті 22.09.22, деталізувало локалізацію уламка в порожнині правого шлуночка біля стулок тристулкового клапана (рисунк 1). Таким чином, пацієнт потрапив до спеціалізованого центру серцево-судинної хірургії вже за дві доби після поранення.

Другий пацієнт мав іншу історію виявлення уламка серця. Поранення відбулося 12.05.24 р. В результаті вибуху міни сталося множинне уламкове ураження правої нижньої кінцівки в стегнову ділянку ззаду зі значною кровотечею. Хірургічне втручання в день поранення дозволило відновити функцію судин. Пацієнт перебував у задовільному стані на реабілітації. За 5 місяців після поранення діагностичне КТ черевної порожнини 03.10.24 р., спрямоване на діагностику гострого панкреатиту, випадково виявило уламок

Таблиця 1

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

№ п/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
3.	28.05.24 р.	Поранення лівого стегна та лівої гомілки	ПХО ран, КВГ – 80 % атеросклер. ураження ПМШГ.	28.05.24 р. при виконанні КТ
4	20.10.24 р.	Поранення лівої нижньої кінцівки, лівої пахової ділянки, обличчя.	ПХО ран, 23.10. 24 р. – вида-лення уламків очей	24.01.25 р. при виконанні рентгенографії

Примітки: ПХО – первинна хірургічна обробка; КВГ – коронаровентрикулографія; ПМШГ – передня міжшлуночкова гілка (артерія).

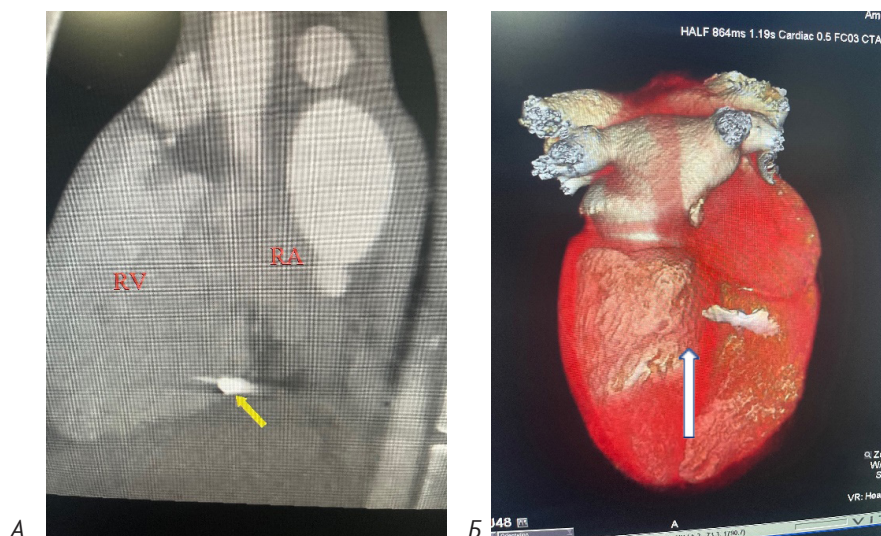


Рисунок 1. КТ з контрастуванням (А) демонструє наявність металевго уламка в порожнині правого шлуночка близько фіброзного кільця тристулкового клапана. 3D-реконструкція (Б) підтверджує локалізацію уламка на діафрагмальній стінці правого шлуночка поряд із тристулковим клапаном.

у ділянці серця, що вимагало скерування пацієнта до Інституту серцево-судинної хірургії. КТ з контрастуванням показало наявність уламка в порожнині правого шлуночка між трабекулами, на діафрагмальній його поверхні (рисунок 2). Ознайомлення з особливостями поранення, що сталося 5 місяців тому і не супроводжувалося травмою грудної клітки, та наявність металевго уламка, який вільно розташовувався в порожнині правого шлуночка (ПШ), дозволило припустити можливість емболічного характеру потрапляння уламка в ПШ, не діагностованого одразу після поранення.

Третій пацієнт, 44 років, 28.05.24 р. отримав уламкове поранення лівого стегна та лівої гомілки. Пройшов первинну хірургічну обробку (ПХО) ран та КТ грудної клітки. У проекції серця виявили уламок металевго щільності. 03.06.24 р. пацієнт у задовільному стані поступив до ІССХ. КТ з контрастуванням підтвердило наявність уламка в порожнині правого шлуночка (ПШ), на діафрагмальній його поверхні, фіксованого між трабекулами (рисунок 3).

Четвертий пацієнт, 20.10.24 р., в результаті вибуху міни отримав множинні уламкові поранення правої нижньої кінцівки, пахової ділянки та обличчя



Рисунок 2. КТ серця з контрастуванням (Б) з 3D-проекцією (А) демонструє наявність металевго уламка в порожнині правого шлуночка, на його діафрагмальній поверхні між трабекулами.



Рисунок 3. КТ з контрастуванням (Б, В) та 3D-реконструкцією (А) демонструє наявність металевого уламка в порожнині правого шлуночка на діафрагмальній поверхні, ближче до його верхівки між трабекулами.

(рисунок 4). 21.10.24 р. проведено первинну хірургічну обробку (ПХО) множинних ран із частковим видаленням уламків за допомогою магнітів. 23.10.24 р. здійснено видалення уламків з очей. Через 3 місяці після поранення, після рентгенівського дослідження грудної клітки, непередбачувано виявлено стороннє тіло металевої щільності в ділянці серця. 27.01.25 р. пацієнт у задовільному стані, без суттєвих скарг, поступив до ІССХ, де за допомогою КТ із контрастуванням діагностовано наявність металевого уламка в порожнині правого шлуночка в ділянці його верхівки (рисунок 5).

Таким чином, представлені дані, які свідчать про відсутність у всіх випадках проникаючого поранення грудної клітки та наявність сторонніх тіл металевої щільності в порожнині правого шлуночка, у поєднанні з ураженням уламками нижніх кінцівок, да-

ють змогу зробити висновок про наявність міграції уламків із током крові басейном нижньої порожнистої вени після їх потрапляння в просвіт крупних венозних судин із подальшим емболічним ураженням порожнини серця. Усі представлені пацієнти перенесли хірургічне втручання, що полягало у видаленні уламка з порожнини ПШ. Дані про дату поступлення, дату та особливості хірургічного втручання подані в таблиці 2.

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

Усі операції виконувалися на зупиненому серці із застосуванням фармакохолодової кардіоплегії,

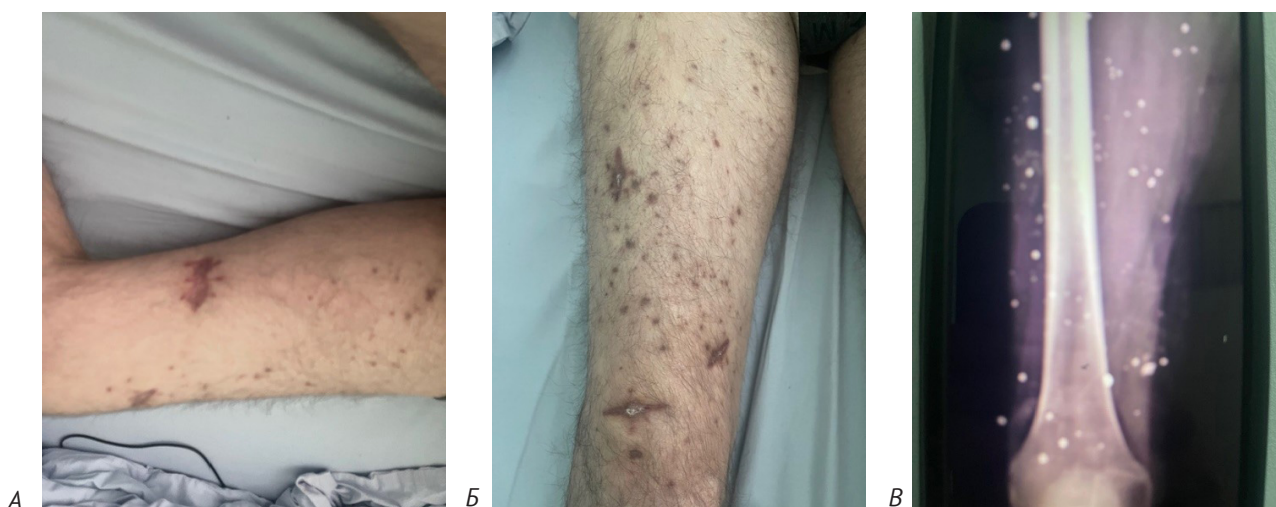


Рисунок 4. Наслідки уламкового поранення правої нижньої кінцівки (А – стегно, Б – гомілка), місця проникнення у м'які тканини гомілки та стегна. При рентгенівському обстеженні множинні уламки м'яких тканин (В).

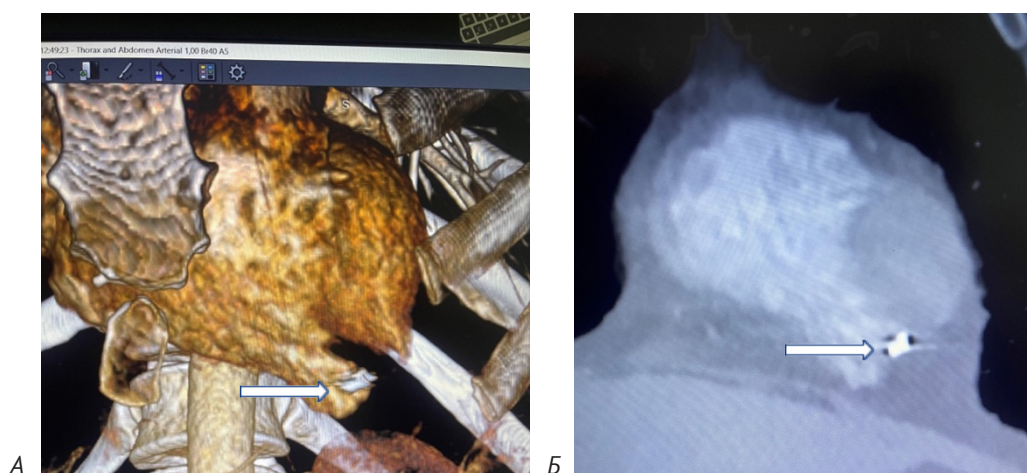


Рисунок 5. КТ з контрастуванням (Б) демонструє металевий уламок в порожнині правого шлуночка в ділянці його верхівки. А – 3D-реконструкція: уламок в порожнині ПШ.

Таблиця 2

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

№	Дата надходження	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. 8х5х3 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. 9х4х5 мм	Порожнина перикарда чиста. Видалено магнітом через ТК
3.	03.06.24 р.	05.06.24 р.	В трабекулах діафрагмальної стінки ПШ. 10х9х7 мм	Порожнина перикарда чиста. Видалено комбінованими маніпуляціями з магнітом через ТК
4.	27.01.25 р.	29.01.25 р.	Порожнина ПШ. Верхівка ПШ. 6х4х4 мм.	Порожнина перикарда чиста. Розріз ПШ на верхівці з визначенням локалізації магнітом.

Примітки: ТК – тристулковий клапан.

доступом через праве передсердя та тристулковий клапан. КТ з контрастуванням із можливістю 3D-реконструкції дозволила точно локалізувати місце знаходження уламка в порожнині ПШ. Тому всі маніпуляції проводилися саме у визначених його ділянках, що значно полегшувало виявлення металевієї структури. У разі відсутності візуального виявлення уламка застосовувалися неодимові магніти для уточнення його локалізації та полегшення видалення. Інтракардіальні маніпуляції в усіх чотирьох випадках відрізнялися.

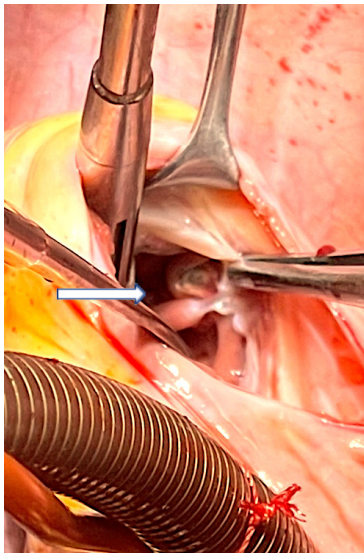
У першому випадку уламок розміром 8х5х3 мм розташовувався в ПШ під стулками ТК – між передньою та задньою, фіксований тканинами ПШ (рисунок 6А). Магніт, піднесений до тристулкового клапана, дозволив досить легко вилучити уламок, не пошкодивши стулки клапана (рисунок 6Б).

В другого та третього хворих ревізія порожнини ПШ через просвіт ТК показала наявність уламків розміром до 1 см з гострими краями, що розташовувались між трабекулами на діафрагмальній стінці ПШ (рисунок 7). В одному випадку уламок легко вийшов при застосу-

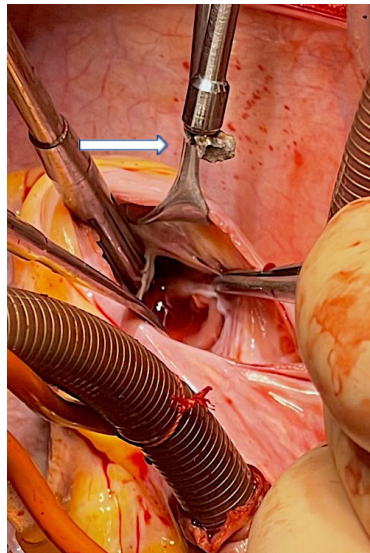
ванні магніту, в другому знадобилися додаткові маніпуляції за допомогою ножиць та пінцета для звільнення уламка з трабекулярної поверхні порожнини ПШ.

У четвертого пацієнта для видалення уламка з верхівкової частини порожнини правого шлуночка знадобився невеликий розріз стінки правого шлуночка в проекції уламка, точну локалізацію якого визначено неодимовим магнітом, що викликав реакцію примагнічування чужорідного тіла. Після вилучення уламка розріз шлуночка ушито безперервним дворядним швом поліпропіленовою ниткою 5.0.

Таким чином, порівняльний аналіз хірургічних маніпуляцій, які використовувалися при видаленні уламкових емболів порожнини ПШ у наших пацієнтів, дозволив виявити різні варіанти їхнього розташування та методів видалення. Так, із чотирьох випадків візуальне виявлення уламка після огляду порожнини правого шлуночка спостерігалось тільки у двох хворих. При цьому застосування неодимових магнітів, піднесених до металевих структур, дозволило легко вилучити уламки без застосування додаткових маніпуляцій і травматизації міокарда.



А



Б

Рисунок 6. А – металевий уламок розташований під стулками ТК. Доступ через праве передсердя. Пінцетом відведена задня стулка клапана. Б – застосування магніту для видалення уламка.

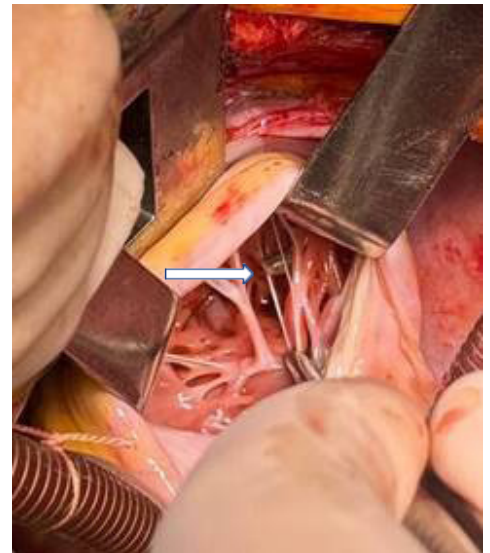


Рисунок 7. Металевий уламок в порожнині ПШ, між трабекулами на діафрагмальній поверхні. Проекція через тристулковий клапан

У інших двох пацієнтів уламки локалізувалися між трабекулами, глибоко в стінці правого шлуночка, що вимагало додаткових хірургічних маніпуляцій за допомогою ножиць, скальпеля та пінцета для їхнього видалення. При цьому один уламок на діафрагмальній стінці ПШ було видалено доступом через тристулковий клапан, а другий, з локалізацією на верхівці ПШ, вдалося видалити тільки за допомогою зовнішнього розтину стінки шлуночка з подальшим вилученням за допомогою магніту.

Слід зазначити, що застосування магнітної навігації у цих випадках допомогло локалізувати уламки та безпечно їх видалити з мінімальною травмою міокарда.

Відновлення серцевої діяльності в усіх хворих відбулося без ускладнень. Післяопераційний період лише в одному випадку був ускладнений неспроможністю швів на шкірі, що подовжило перебування пацієнта в стаціонарі. Всі хворі у задовільному стані були переведені до військового шпиталю для проходження реабілітації.

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

Обговорення. Уламкова емболія є потенційним ускладненням мінно-вибухового поранення, особливо при польоті низькошвидкісного снаряда. По-

трапивши в судинну систему, уламок може мігрувати до різних частин тіла, потенційно спричиняючи такі ускладнення, як ішемія, стаючи джерелом тромбоемболії або функціонуючи як осередок інфекції [6].

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 праві відділи серця 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].

Парадоксальні емболи є ще більш рідкісними. Це випадки парадоксальної уламкової емболії з венозної системи до артеріальної через відкритий овальний отвір [14].

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

Дуже важливо якомога точніше локалізувати уламки, коли прийнято рішення про втручання в умовах безсимптомної венозної емболії. Початкове рентгенографічне дослідження грудної клітки повинно бути виконане для попереднього визначення локалізації та можливих ознак інших наслідків наявності уламка. У гемодинамічно стабільного та безсимптомного пацієнта наступним методом візуалізації має бути комп'ютерна томографія грудної клітки з контрастним підсиленням [7], якої зазвичай достатньо для визначення тактики лікування. Снаряд може створювати занадто багато артефактів для точної локалізації, тому може знадобитися додаткова візуалізація [5]. Додаткові методи візуалізації (трансторакальна та транsezофагеальна ехокардіографія, коронарографія) можуть допомогти в ухваленні рішення щодо консервативного підходу з регулярним спостереженням, черезшкірним або хірургічним видаленням [5,10].

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 розташований внутрішньопорожнинно або частково виступає в просвіт серцевої порожнини. Водночас, якщо пацієнт не має симптомів, а ембол повністю занурений у стінку серця, або у разі наявності правостороннього кульового ембола розміром <5 мм – слід проводити динамічне спостереження із серійною візуалізацією [2,5,8]. Інше дослідження вказує, що безсимптомні венозні емболи слід видаляти, за винятком тих, що локалізовані в легеневій артерії. При цьому наголошується, що видаленню підлягають лише ті емболи легеневої артерії, які доступні для ендovasкулярного втручання [9].

На відміну від попередніх, ще одна публікація рекомендує хірургічне видалення уламкового ембола з правого шлуночка навіть у безсимптомного пацієнта, оскільки у 42 % випадків виникають летальні ускладнення, якщо куля або інший снаряд емболізує легеневу артерію [13].

Справді, занепокоєння щодо наслідків емболії легеневої артерії було головною причиною нашого рішення видалити уламки, враховуючи, що близько 26 % венозних емболів зрештою осідають у басейні легеневої артерії, що створює ризик ерозії стінки судини та фатальної кровотечі.

У наших спостереженнях місцем проникнення уламка в судинну систему організму став басейн нижньої порожнистої вени – це судини нижніх кінцівок. При цьому слід зазначити, що ознаки вираженої кровотечі можуть не спостерігатися. Тільки в одному випадку серед наших пацієнтів спостерігалася виражена кровотеча. Уламок пробив одну стінку судини та залишився в її просвіті, але не затримався на рівні проникнення в судину.

Швидке переміщення уламків по венозній системі басейну нижньої порожнистої вени до правих

відділів серця можливе лише у випадках створення сприятливих умов для міграції. І такі умови, як правило, створюються одразу після поранення. Набуття горизонтального положення, що найчастіше відбувається після поранення нижніх кінцівок, дає змогу уламкам, які знаходяться в просвіті великої венозної судини, легко переміщатися з током крові до правих відділів серця. З правого передсердя через тристулковий клапан металевий фрагмент потрапляє в порожнину правого шлуночка. Затримці гострих уламків у порожнині правого шлуночка сприяє виражена трабекулярність його внутрішньої поверхні, що дає змогу фіксуватися снарядам між трабекулами. І не завжди ця фіксація є надійною.

У серії наших випадків уламкової емболії всі пацієнти були прооперовані з огляду на імовірність подальшої міграції уламків у басейн легеневої артерії. Хочеться звернути увагу на різний часовий проміжок між пораненням і виявленням уламка в порожнині правого шлуночка. Діагностика ураження серця через кілька місяців після поранення – і частіше випадкова, після рентгендіагностики захворювань органів грудної клітки – зумовлена відсутністю настороженості щодо можливості міграції уламків при пораненнях кінцівок. У двох наших пацієнтів виявлення уламків у серці відбулося несподівано – у терміни 3 та 5 місяців після поранення. Неодимові магніти значно полегшили виявлення та видалення уражальних агентів.

У наших спостереженнях клінічних симптомів, які б були пов'язані з наявністю стороннього тіла в правому шлуночку, не спостерігалось. Локалізація уламків у порожнині правого шлуночка загрожує подальшою їх міграцією в судини басейну легеневої артерії, що може супроводжуватися ускладненнями, які призводять до легеневих кровотеч. Тому ми вважаємо, що тактика видалення уламків, які знаходяться в порожнині правого шлуночка, 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

1. Завжди потрібно пам'ятати про можливість міграції уламків судинною системою. Уламкова емболія правого шлуночка при мінно-вибухових пораненнях зустрічається нечасто, проте має суттєве клінічне значення. У нашому спостереженні вона виявлена у 5,5 % випадків бойових поранень.
2. Потрапляння уламків у порожнину правого шлуночка можливе без пошкодження грудної клітки через венозну систему нижніх кінцівок. Це підтверджує механізм ретроградної емболії.
3. Контрастна комп'ютерна томографія є високоефективним методом виявлення металевих уламків у камерах серця, що дозволяє точно визначити їх локалізацію перед хірургічним втручанням.

4. Видалення уламків із порожнини правого шлуночка має розглядатись як пріоритетна тактика через ризик їх міграції у легеневу артерію з розвитком потенційно фатальних ускладнень.
5. Застосування магнітної навігації (неодимові магніти) підвищує безпечність та ефективність хірургічного втручання, особливо в умовах відсутності візуальних ознак міокардіального ураження.

Список використаних джерел

References

1. Siromaha SO, Danchenko PA. Principles of providing medical care for combat cardiac trauma in drawings and algorithms. *Ukr J Cardiovasc Surg.* 2022;1(30):99–107. Available from: <https://cvs.org.ua/index.php/ujcvs/article/view/476>
2. Gandhi SK, Marts BC, Mistry BM, Brown JW, Durham RM, Mazuski JE. Selective management of embolized intracardiac missiles. *Ann Thorac Surg.* 1996;62(1):290–292. doi:10.1016/0003-4975(96)00097-5
3. Castater C, Noorbakhsh S, Harousseau W, et al. Missing bullets: bullet embolization case series and review of the literature. *Vasc Endovascular Surg.* 2023 Apr;57(3):281–4. doi:10.1177/15385744221141295
4. Sharony R, Statlender L, Shapira Y, et al. A shrapnel migration from a peripheral vein to the right ventricle: case report. *Eur Heart J Case Rep.* 2024 Sep;8(9):ytac491. doi:10.1093/ehjcr/ytac491
5. Kuo AH, Gregorat AE, Restrepo CS, Vinu-Nair S. Systematic review of civilian intravascular ballistic embolism reports during the last 30 years. *J Vasc Surg.* 2019 Jul;70(1):298–306. doi:10.1016/j.jvs.2019.02.004
6. Shihadeh S, Khan A, Walker K, et al. Penetrating cardiac injury resulting in a bullet embolus: a case report. *J Trauma Inj.* 2024;37(3):233–7. doi:10.20408/jti.2024.0018
7. Pelosi RB, 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 MW, Rendel RE, Collins JN. Management of venous and arterial bullet emboli. *Am Surg.* 2023;89:3614–5. doi:10.1177/00031348231167413
9. Donahue C, Al-Natour O, Gupta S, Scalea TM. Pulmonary artery bullet embolization. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;91:e150–1. doi:10.1097/TA.0000000000002314
10. Nguyen P, Sirinit J, Milia D, Davis CS. Management of intracardiac bullet embolisation and review of literature. *BMJ Case Rep.* 2022;15:e247252. doi:10.1136/bcr-2021-247252
11. Henderson L, Wachsmann 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. doi:10.1002/ccr3.3284
12. Bakir DA, Othman YN, Taha AY. Pulmonary bullet embolism following cardiac gunshot wound: case report of a bullet that traversed the heart twice. *Cardiothorac Surg.* 2020;28:5. doi: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. *Orthop Res Rev.* 2022;14:293–317. doi:10.2147/ORR.S378278
14. Schurr M, McCord M, Croce M. Paradoxical bullet embolism: case report and literature review. *J Trauma.* 1996;40(6):1034–6. doi:10.1097/00005373-199606000-00034
15. Miller KR, Bennis MV, Sciarretta JD, et al. The evolving management of venous bullet emboli: a case series and literature review. *Injury.* 2011;42:441–6. doi:10.1016/j.injury.2010.08.006
16. Yoon B, Grasso S, Hofmann LJ. Management of bullet emboli to the heart and great vessels. *Mil Med.* 2018 Sep–Oct;183(9–10):e307–13. doi:10.1093/milmed/usx191

Features of Diagnosis and Surgical Treatment of Fragment Embolism of the Right Ventricle in Mine-Blast Injuries

Rostyslav M. Vitovskyi^{1,2}, Kostiantyn V. Gumeniuk³, Volodymyr V. Isayenko^{1,2}, Andii R. Vitovskyi¹, Olga M. Unitska¹, Vasyl V. Lazoryshynets¹

¹National Amosov Institute of Cardiovascular Surgery of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine; Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Ukrainian Military Medical Academy

Abstract

Among the many types of combat injuries, particular attention is drawn to fragmentary injuries of the heart and blood vessels. In such cases, the damaging agent can be located in various parts of the heart, including both its chambers and walls. 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.

Aim. To determine the features of the course, diagnosis and treatment of right heart fragment embolism in patients with mine-explosive injuries and to provide recommendations for surgery in such conditions.

Materials and Methods. Our experience includes 72 cases of mine-blast injuries. Almost all cases involved injuries to the organs of the thoracic cavity, namely the lungs, heart, or mediastinal organs. Direct heart injuries were observed in 33 patients. Localization of fragments in the right ventricular cavity was diagnosed in 14 patients. Fragment embolism of the right ventricular cavity was observed in 4 cases, accounting for 5.8 % of the total number of patients with mine-blast injuries. All were men aged 24, 29, 43, and 44 years. 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 and inguinal region. 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 4 months. All patients underwent surgery using cardiopulmonary bypass via a trans-tricuspid approach. In all cases, there were no signs of pericardial injury, inflammation, hemopericardium, or 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. Contrast-enhanced CT allows for precise localization of the fragment and aids in planning the treatment strategy. 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: *blast injury, shrapnel injuries, right ventricular embolism, CT diagnostics of shrapnel lesions, removal of shrapnel, treatment tactics, signs of shrapnel embolism.*

Стаття надійшла в редакцію / Received: 04.06.2025

Після доопрацювання / Revised: 03.07.2025

Прийнято до друку / Accepted: 06.08.2025