

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПРОНИКАЮЩИХ РАНЕНИЙ СЕРДЦА

М.И. Ахиев^{1,2}, В.М. Китаев^{1,3}, Э.Г. Кошелев^{3,4}, Г.Ю. Беляев^{3,5*}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий – Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневого» Минобороны России, Красногорск

² Филиал ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Москва

³ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия» Управления делами Президента РФ, Москва

⁴ ФГБУ «Клиническая больница» Управления делами Президента РФ, Москва

⁵ ФГБУ «Поликлиника № 2» Управления делами Президента РФ, Москва

COMPUTERED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSTICS OF PENETRATING WOUNDS OF THE HEART

M.I. Akhiev^{1,2}, V.M. Kitaev^{1,3}, E.G. Koshelev^{3,4}, G.Yu. Belyaev^{3,5*}

¹ Vishnevsky National Medical Research Center for High Medical Technologies – Central Military Clinical Hospital, Krasnogorsk, Russia

² Branch of the Kirov Military Medical Academy, Moscow, Russia

³ Central State Medical Academy of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

⁴ Clinical Hospital of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

⁵ Polyclinic No 2 of Department of Presidential Affairs, Moscow, Russia

*E-mail: georgybelyaev@yandex.ru

Аннотация

Глубина проникновения осколка в стенку сердца определяет лечебную тактику. Глубину проникновения осколков в стенку камер сердца можно определить на изображениях компьютерной томограммы (КТ) по виду формируемых осколками артефактов. Локализация осколков в листках перикарда и прилежащем слое миокарда распознается при нативном КТ-исследовании. Распознавание проникающих ранений необходимо дополнять контрастным усилением (КУ). **Цель исследования** – изучение возможности КТ в диагностике проникающих осколочных ранений сердца и разработка методики анализа. **Материалы и методы.** Проведены открытый отбор историй болезни раненных в сердце и ретроспективный анализ данных КТ-исследований. Критерием отбора считали наличие электронных записей первичного КТ грудной полости, по которым разделить ранения на проникающие и непроникающие не представлялось возможным, а также повторного КТ, выполненного с КУ. Критерием исключения было отсутствие результатов операций по удалению осколков. Отобраны и ретроспективно проанализированы КТ-изображения 47 случаев осколочных ранений в сердце. Изучение КТ-изображений проводили с соблюдением требований закрытого исследования. **Результаты.** По результатам анализа у 16 раненых осколки располагались в миокарде желудочков и формировали вид артефактов, соответствующий их расположению, то есть были фиксированными, а ранения миокарда не являлись проникающими. В остальном 31 случае осколки располагались: в межжелудочковой перегородке – 13, в стенке предсердий – 4, в слое мясистых трабекул – 10, в сосочковых мышцах сердца – 4, и повреждали эндокард, являясь проникающими ранениями. Установлено, что гребни трабекул и покрывающий их эндокард, внедряясь в прилежащий слой миокарда, формируют характерный и хорошо определяемый на КТ-изображениях слой, который визуализируется только с применением КУ. **Заключение.** КТ грудной полости без применения КУ по виду формируемых осколками артефактов позволяет выявлять поверхностные ранения перикарда или миокарда. Выявление проникающих ранений возможно только при выполнении КТ с внутривенным КУ.

Ключевые слова: осколочные ранения сердца, КТ-диагностика, КТ-визуализация эндокарда, КТ-артефакты осколков в сердце.

Abstract

The depth of penetration of shrapnel fragment into the heart wall designates therapeutic tactics. The depth of penetration of shrapnel fragments into the wall of heart chambers can be determined on computed tomography (CT) images by the type of artifacts formed by fragments. The localization of fragments in pericardium leaves and adjacent layer of the myocardium is seen with native CT examination. Contrast enhancement must be added for identification of penetrating wounds. **Purpose.** To assess CT potentials in diagnostics of penetrating shrapnel wounds into the heart and to develop an analytic technique. **Materials and methods.** An open selection of medical records of wounded in the heart and retrospective analysis of CT scan findings was made. A selection criterion was presence of electronic records of the primary CT scan of the thoracic cavity. But these scans were not informative for defining if the injury was penetrating or not. So, repeated CT examination was performed with contrast enhancement. An exclusion criterion – no results after surgical fragment removal. CT images of 47 cases of shrapnel wounds in the heart were selected and retrospectively analyzed. CT images were studied in compliance with the requirements of closed trial. **Results.** By the obtained results, in 16 injured patients, fragments were

located in the ventricular myocardium and formed artifacts corresponding to their location, i.e. they were fixed, and the myocardial wounds were not penetrating. In the remaining 31 cases, fragments were located in the interventricular septum (13), in the atrial wall (4), in the layer of fleshy trabeculae (10), in the papillary muscles of the heart (4); they damaged the endocardium, thus being penetrating wounds. As it has been found, trabeculae crests and the endocardium covering them, while penetrating into the adjacent layer of the myocardium form a characteristic and well-defined layer on CT images, which is visualized only under contrast enhancement. **Conclusion.** CT of the thoracic cavity without contrast enhancement allows to detect superficial wounds of the pericardium or myocardium by the type of artifacts formed by fragments. Penetrating injuries can be detected by CT but only under contrast enhancement.

Keywords: shrapnel wounds of the heart, CT diagnostics, CT imaging, endocardium, CT artifacts, fragments in the heart.

Ссылка для цитирования: Ахиев М.И., Китаев В.М., Кошелев Э.Г., Беляев Г.Ю. Возможности компьютерной томографии в диагностике проникающих ранений сердца. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2025; 4: 33–39.

Согласно классификации, к проникающим ранениям сердца относят повреждения ранящим снарядом эндокарда. Необходимость выделения таких ранений диктуется лечебной тактикой, согласно которой проникающие осколки подлежат удалению, поэтому актуальность точной топической диагностики ранений не подлежит сомнению [1–4]. Вместе с тем рентгенологический метод дает только ориентировочную локализацию осколка в сердце, а проведение трансторакальной эхокардиографии часто затруднено по причине отсутствия у раненых адекватного акустического окна. КТ с внутривенным контрастным усилением (КУ) справляется с этой задачей, однако введение контрастного препарата в условиях массового поступления раненых, как это бывает на первой линии оказания специализированной медицинской помощи, проводится редко. В этой связи изучение возможностей нативного КТ-исследования грудной полости весьма актуально. В предыдущем сообщении [5] установлена корреляция между характером КТ-артефактов и степенью смещения осколков при пульсации сердца. Так, для первого вида артефактов (от потенциально подвижных осколков) характерна картина «лучей звезды». Для второго вида артефактов (от фиксированных осколков, которые перемещаются совместно со стенкой предсердий или межжелудочковой перегородки) характерна картина линии артефакта, вращающейся в аксиальной плоскости при просмотре сопредельных сканов на уровне осколка. Третий вид артефактов (от осколков в стенках желудочков и структурах, подверженных передаточным колебательным движениям с большей амплитудой) имеет характерную КТ-картину двух-трех перемещающихся относительно друг друга дуг артефактов. Четвертый вид артефактов (от наличия подвижных осколков в полости сердца или перикарда) связан со свободным перемещением фрагментов под влиянием сердечной пульсации: данный феномен визуализируется в виде характерных расходящихся дугообразных артефактов длиной от 5 до 27 мм. На основе этой систематизации разработана методика анализа томограмм, позволяющая классифицировать осколки в стенке сердца на потенциально смещаемые и фиксированные.

Цель исследования – изучение возможности КТ в диагностике проникающих осколочных ранений сердца и разработка методики анализа.

Материалы и методы

Для реализации поставленной задачи был проведен открытый отбор историй болезни раненых в сердце, находившихся на лечении в Национальном медицинском исследовательском центре высоких медицинских технологий – Центральном военно-клиническом госпитале им. А.А. Вишневого. Критерии отбора в группу анализа:

- наличие электронных записей первичной КТ грудной полости, по которым разделить ранения на проникающие и непроникающие не представлялось возможным;
 - наличие повторного КТ, выполненного с КУ.
- Критерии исключения:
- отсутствие результатов операций по удалению осколков;
 - размеры осколка, превышающие 4 мм.

Первичную КТ проводили всем раненым при поступлении в обычный режим исследования «грудная полость». Повторную КТ с КУ у раненых отобранной группы выполняли по разным клиническим показаниям, обычно не связанным с ранением сердца, в интервалах от одних суток и более. В результате ретроспективно проанализированы КТ-изображения 47 раненых. Эту группу составили наблюдения, в которых по результатам первичного КТ-исследования разделить ранения на проникающие и непроникающие не представлялось возможным. Изучение КТ проводили с соблюдением требований закрытого исследования. Статистическая обработка материала представлена в виде количественных распределений и простых процентных соотношений. Количественные признаки представлены в виде медианы, стандартного отклонения и стандартной ошибки. Рассчитывали доли артефактов (%) для каждой локализации, 95%-ные доверительные интервалы (95% ДИ) для долей артефактов, отношение шансов (ОШ) для сравнения артефактов между локализациями, точный тест Фишера применяли для малых выборок. При сравнении двух групп с разным распределением применяли метод непараметрической статистики U-критерий Манна – Уитни. Статистически достоверными различия считались при уровне $p < 0.05$. Дизайн исследования, помимо изучения признаков проникающего ранения сердца на КТ, включал определение условий, необходимых для визуализации эндокарда стенки камер сердца на КТ.

Результаты и обсуждение

Эндокард – внутренняя оболочка сердца, состоящая из однослойного эндотелиального пласта и подлежащей соединительнотканной стромы. Он выстилает полости сердца и покрывает структуры, выступающие в камеру: мясистые трабекулы, сосочковые мышцы, хорды и клапаны. Сосочковые мышцы берут начало из мясистых трабекул, которые интегрированы в миокард сердца. Верхние отделы сосочковых мышц переходят в хорды, прикрепляющиеся к створкам атриовентрикулярных клапанов. В правом желудочке (ПЖ) выделяют три сосочковые мышцы (переднюю, заднюю, перегородочную), в левом желудочке (ЛЖ) – две (переднелатеральную и заднемедиальную). Их функция состоит в предотвращении пролапса клапанов в период желудочковой систолы. Исследования показали, что слой мясистых трабекул визуализируется на КТ исключительно с применением КУ, когда межтрабекулярные

пространства заполняются контрастированной кровью. Визуально наружная граница трабекулярного слоя формирует неровный бахромчатый контур, наиболее выраженный в области стенок желудочков. Сосочковые мышцы отображаются как гиподенсные структуры округлой или вытянутой формы на фоне высокоплотного контрастированного объема крови в полости желудочков (рис. 1). Гребни трабекул и покрывающий их эндокард структурно связаны с подлежащим миокардом, образуя характерный слой, четко видимый при КТ. Осколки, проникающие в этот слой, с высокой вероятностью повреждают эндотелий, а в ряде случаев затрагивают сосочковые мышцы и хорды. Выявление осколков в трабекулярном слое сердца является надежным радиологическим маркером проникающего ранения миокарда.

Полученные в первом сообщении результаты позволили предположить, что артефакты от осколков, фиксированных в слое мясистых трабекул и сосочковых мышцах, должны отличаться от артефактов осколков, фиксированных в миокарде [5]. Для проверки выдвинутой гипотезы был проведен анализ электронных записей КТ-ранений с фиксированными в стенках камер сердца осколками. В отобранной группе анализировали исследования, выполненные нативно, и исследования с применением КУ. Цель заключалась в определении зависимости вида артефактов от глубины внедрения осколков в слой стенок камер сердца. Виды артефактов и глубину внедрения определяли на соответствующих сериях одного и того же исследования: по нативной серии определяли вид артефактов, по сериям с КУ – глубину внедрения осколков. Рассчитывали доли артефактов для каждой локализации, 95% ДИ для долей артефактов, отношение шансов (ОШ) для сравнения артефактов между локализациями, точный тест Фишера для малых выборок (предсердия, сосочковые мышцы) (табл. 1).

Фиксированные осколки при минно-взрывных ранениях сердца составили 97.9% всех наблюдений, что подтверждает стабильное положение подавляющего большинства осколков, при их размерах до 4 мм, в стенках сердца. По результатам проведенного анализа в 16 (34.1%) случаях осколки располагались в миокарде желудочков и формировали третий вид КТ-артефактов, соответствующий их расположению, то есть были фиксированными, а ранения являлись непроникающими (рис. 2, 3). Доверительный интервал 85.6–100% подтверждает стабильность полученного результата. При осколочных ранениях мясистых трабекул, сосочковых мышц и межже-

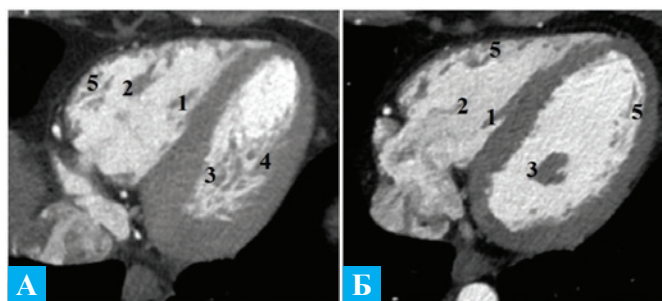


Рис. 1. А, Б – КТ камер сердца с применением КУ в аксиальной плоскости (ув. 1 : 4) с отображением внутреннего рельефа: 1 – задняя сосочковая мышца ПЖ, 2 – передняя сосочковая мышца ПЖ, 3 – заднемедиальная сосочковая мышца ЛЖ, 4 – переднелатеральная сосочковая мышца ЛЖ, 5 – слой мясистых трабекул с эндокардом

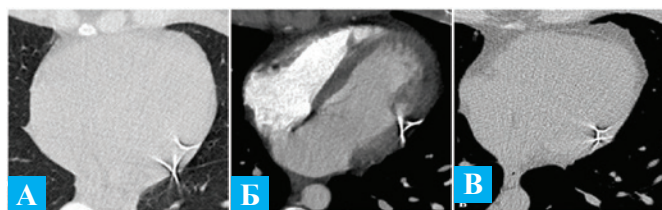


Рис. 2. Осколок в стенке ЛЖ сердца: А – второй день после ранения: осколок – 2 мм, смещение дуг артефактов – 17 мм, артефакты четвертого вида; Б – КТ с КУ через пять дней: осколок внедрился в миокард ЛЖ, смещение – 8 мм, третий вид артефактов; В – контрольное исследование через один месяц: осколок фиксирован в миокарде ЛЖ, смещение артефактных дуг – 6 мм

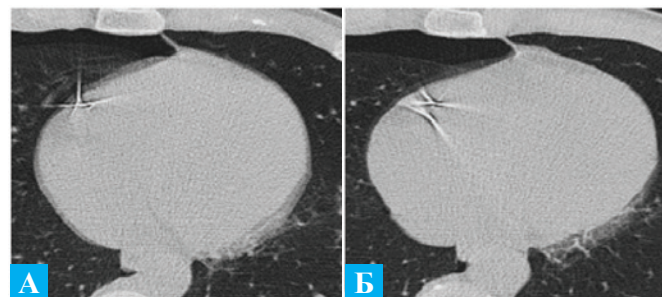


Рис. 3. Фиксированный осколок в стенке ПЖ, формирующий артефакты третьего вида: размер осколка – 2 мм, смещение от пульсации – 6 мм

Таблица 1

Распределение глубины расположения осколков и видов артефактов по результатам КТ-исследований

Локализация осколков	КТ с КУ, n	Вид КТ-артефактов	Количество по виду, абс. (%)	Доля артефакта, % (95% ДИ)	ОШ (относительно миокарда)	p (Фишер)
Миокард желудочков	16	2	16 (100)	100 (85.6–100)	–	–
Стенка предсердий	4	2	3 (75)	75 (29.9–96.3)	0.25 (0.01–4.92)	1
		3 + эффект трепетания	1 (25)	25 (3.7–70.1)	–	–
Мясистые трабекулы	10	2	3 (30)	30 (11.9–54.3)	0.03 (0.004–0.23)	0.002
		3 + эффект трепетания	7 (70)	70 (45.7–88.1)	–	–
Сосочковые мышцы	4	3 + эффект трепетания	3 (75)	75 (29.9–96.3)	0.25 (0.01–4.92)	1
		2	1 (25)	25 (3.7–70.1)	–	–
Межжелудочковая перегородка	13	2	12 (92.3)	92.3 (69.8–98.8)	13.0 (1.42–119.3)	0.009
		3 + эффект трепетания	1 (7.7)	7.7 (1.2–24.2)	–	–
Итого осколков	47	–	47 (100)	–	–	–
Из них фиксированных	46	–	46 (97.9)	–	–	–

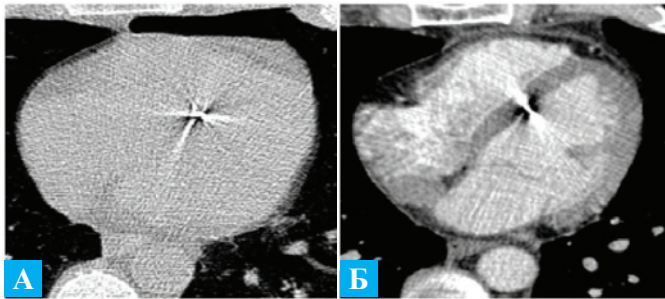


Рис. 4. Металлический осколок диаметром 2 мм со смещением 4 мм, фиксированный в межжелудочковой перегородке, артефакты второго вида (А – КТ; Б – КТ с КУ)

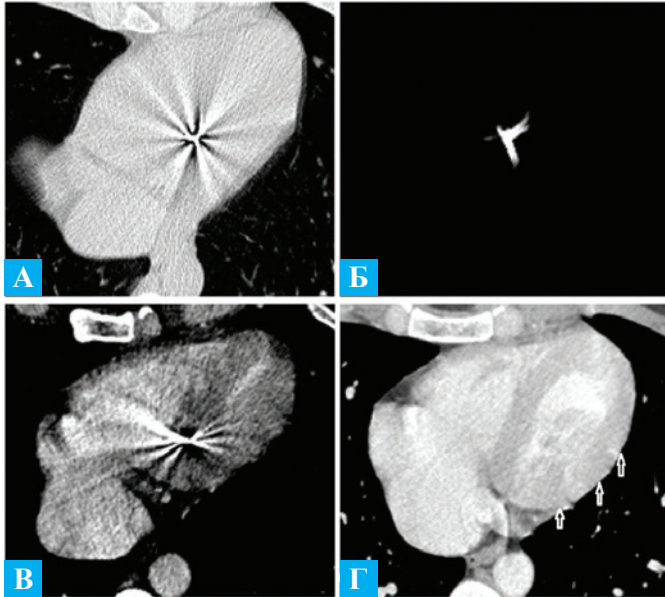


Рис. 5. Нативное КТ-исследование: А – металлический осколок диаметром 2 мм в межжелудочковой перегородке, формирующий артефакты второго вида; Б – изображение в узком, металлическом окне – линия смещения осколка изогнута под углом ввиду изменения направления движения перегородки; В – исследование с применением КУ подтверждает локализацию осколка; Г – стрелками обозначен отек стенки ЛЖ

лудочковой перегородки КТ-артефакты третьего и второго видов, соответственно, могут служить маркерами глубины внедрения осколков в стенку сердца.

В остальных случаях – 31 (65.9%) – осколки повреждали эндокард стенок сердца. Наиболее стабильную картину вида артефактов наблюдали от осколков, локализованных в межжелудочковой перегородке. Во всех случаях осколки формировали артефакты, характерные для фиксированного состояния, в 92.3% – второго вида (рис. 4). Большинство осколков на изображениях со смещением центра окна динамического диапазона в крайнее правое положение и просмотре в так называемом металлическом окне имели искривленную под углом траекторию смещения, что указывало на изменение направления смещения (рис. 5).

Из четырех наблюдений осколков, локализованных в стенках предсердий, в одном случае формировались нехарактерные для этой локализации артефакты третьего вида, в остальных – артефакты, соответствующие расположению второго вида. Осколки, локализованные в мясистых трабекулах (рис. 6, 7) и сосочковых мышцах, определяли артефакты, смещающиеся синхронно с пульсацией желудочков сердца, третьего вида.

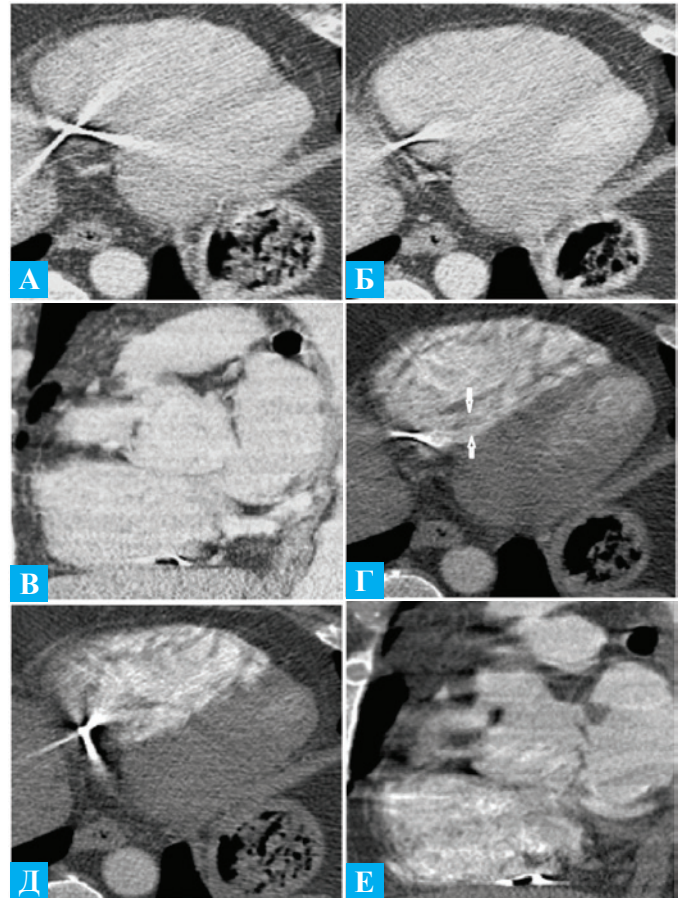
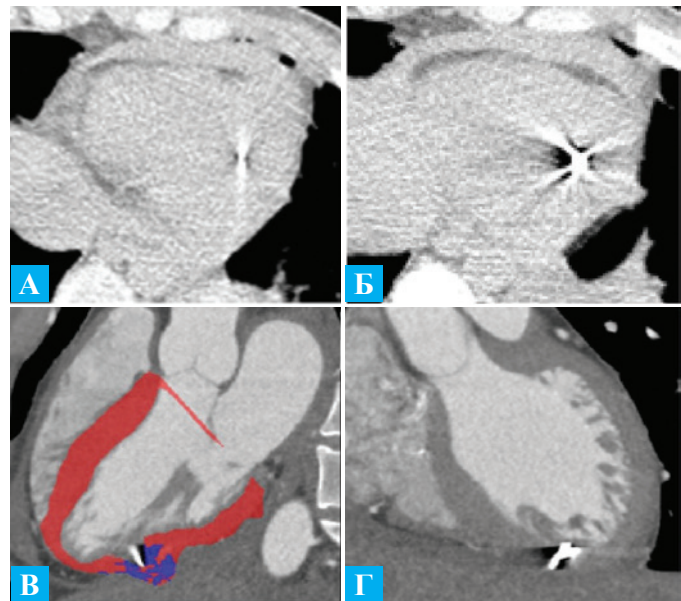


Рис. 6. Проникающее ранение ПЖ сердца. Первичное исследование КТ на 19-й день поступления (А, Б – аксиальная, В – сагиттальная реконструкция): в стенке ПЖ осколок – 2 мм, смещение – 9 мм, третий вид артефактов; Г, Д, Е – контрольное исследование (КТ с КУ) через один месяц, слой мясистых трабекул ПЖ (стрелки) (Г, Д – аксиальная, Е – сагиттальная реконструкция): смещение осколка – 6 мм, третий вид артефактов



Примечание. МПР – мультипланарная реконструкция.

Рис. 7. Первичное КТ (А, Б): размер осколка – 3 мм, глубокое проникновение, смещение в направлении вектора Z – 10 мм, третий вид артефактов, гемоперикард. КТ с КУ, МПР (В, Г): проникновение осколка на всю толщу миокарда с фиксацией в слое мясистых трабекул – проникающее ранение

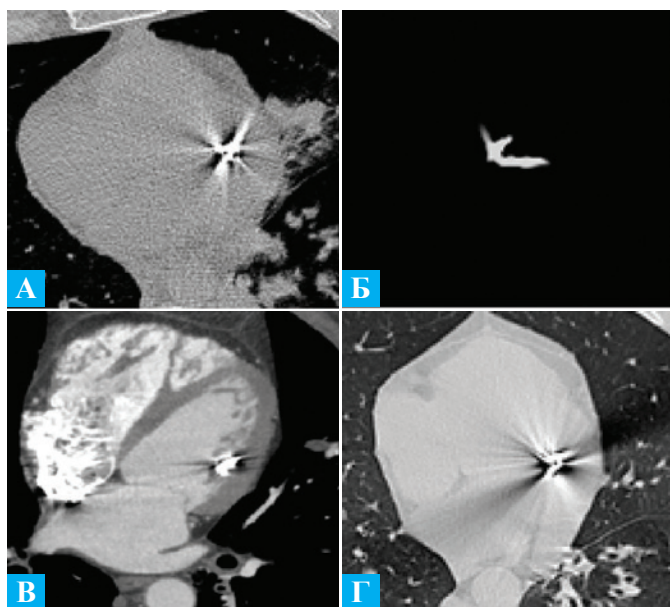


Рис. 8. Первичное КТ: А – осколок – 2 мм, смещение – 5 мм, третий вид артефактов с элементом трепетания; Б – изображение осколка и артефактов в узком металлическом окне визуализации; контрольное КТ исследование с КУ (В – через две недели, Г – через 50 дней): смещение осколка – 7 мм, третий вид с выраженным эффектом трепетания

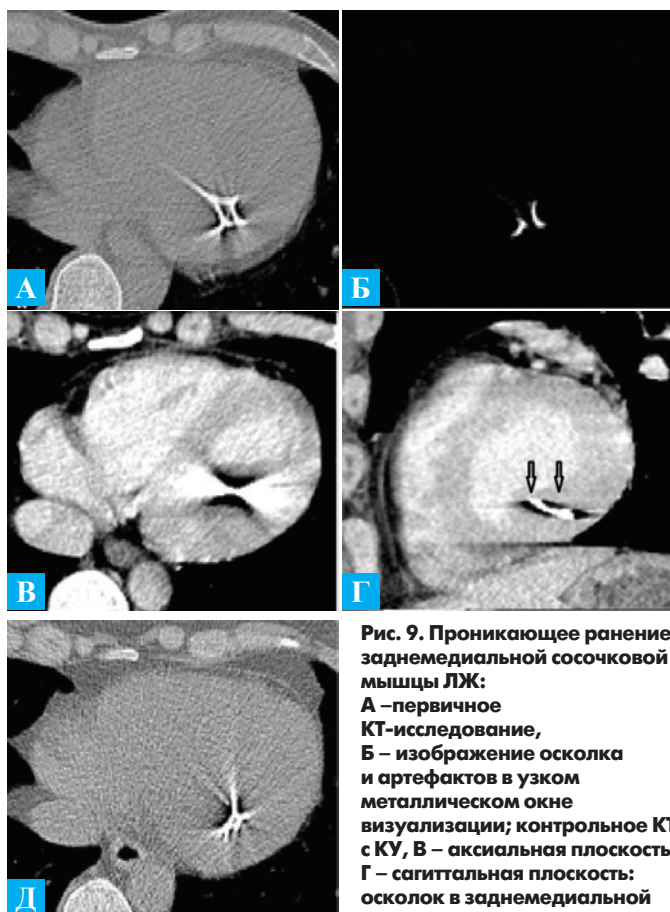


Рис. 9. Проникающее ранение заднемедиальной сосочковой мышцы ЛЖ: А – первичное КТ-исследование, Б – изображение осколка и артефактов в узком металлическом окне визуализации; контрольное КТ с КУ, В – аксиальная плоскость, Г – сагиттальная плоскость: осколок в заднемедиальной сосочковой мышце, смещение – 7 мм, третий вид артефактов (мышца утолщена вследствие отека, распространяющегося на прилегающий слой эндокарда (стрелки)); Д – КТ через два месяца, смещение – 9 мм: положение не изменилось («трепетание» осколка имеет более отчетливый вид, вероятно, из-за фиброза стенки)

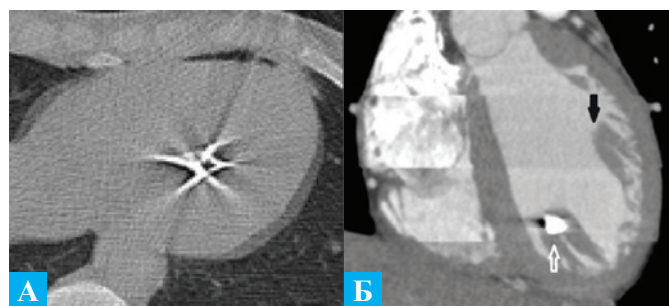


Рис. 10. Осколочные ранения папиллярных мышц: А – осколок в заднемедиальной папиллярной мышце ЛЖ, формирующий артефакты третьего вида с эффектом трепетания: размер осколка – 2 мм, смещение – 8 мм; Б – контрольное исследование КТ с КУ и ЭКГ-синхронизацией: топография осколка и вид артефактов – без изменений, заднемедиальная папиллярная мышца (белая стрелка), переднелатеральная папиллярная мышца (черная стрелка)

Вместе с тем 70% осколков, расположенных в слое мясистых трабекул, и 75%, расположенных в сосочковых мышцах, формировали артефакты, отличающиеся от третьего вида. Отличие заключалось в увеличении количества дугообразных линий артефактов, расположенных на небольшом расстоянии относительно друг друга, – до четырех и более. Все это указывало на хаотичное перемещение осколка в ограниченном пространстве и походило на эффект трепетания. КТ-картину эффекта трепетания можно объяснить уменьшением амплитуды движения в пространстве, ограниченном трабекулами (рис. 8). Тем не менее обнаруженное отличие оказалось статистически недостоверным как при локализации осколков в слое трабекул, так и в сосочковых мышцах ($p > 0.05$).

Ограничение движения осколков также определялось при повреждении сосочковых мышц, и в этих случаях оно обуславливалось травматическим отеком мышцы. На рисунке 9 показано проникающее ранение заднемедиальной сосочковой мышцы ЛЖ. Из анамнеза известно, что первичное КТ и последующее КТ с КУ были выполнены на второй день после ранения, когда отек проявлялся в наибольшей степени и ограничивал движения осколка.

В других наблюдениях осколочных ранений папиллярных мышц, выполненных на пятые сутки и девятые сутки после ранения, отек мышц не наблюдался, однако имелось совершенно очевидное ограничение подвижности осколков (рис. 10).

Согласно наблюдениям, среди 31 случая проникающих ранений сердца лишь один раз был зафиксирован факт миграции осколка из полости ПЖ с последующей фиксацией в новом месте (рис. 11). Это наблюдение подтверждает возможность такого перемещения, однако частота его минимальна (3.2%). Гипотетически, не все проникающие осколки задерживаются в трабекулярном слое миокарда – часть из них может попадать в полости сердечных камер. Существуют предположения, что при проникающих ранениях сердца осколки проникают в камеры чаще, чем это удастся зафиксировать при стандартном обследовании. Возможно, что после попадания в полость сердца осколок в относительно короткие сроки фиксируется в трабекулах желудочков или межжелудочковой перегородке. Косвенным под-

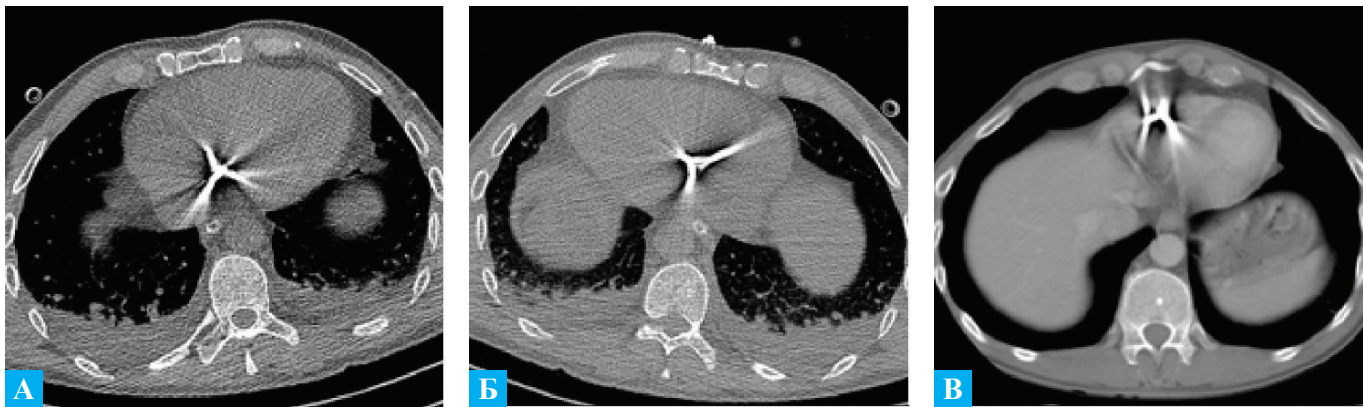


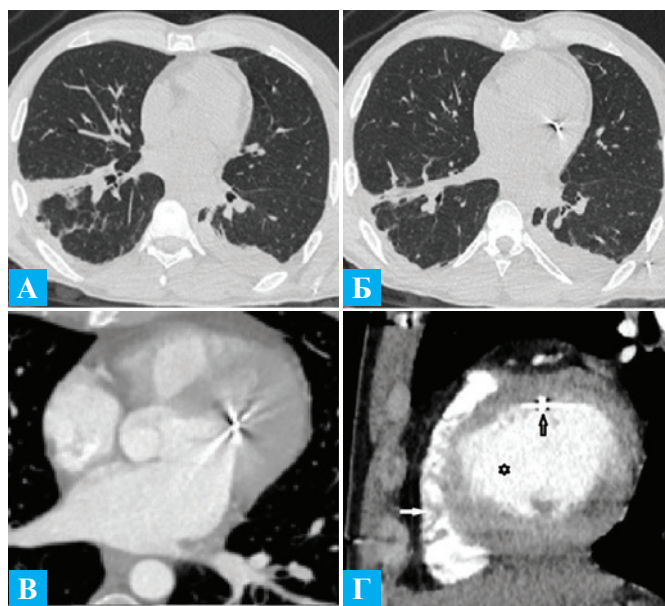
Рис. 11. Минно-взрывное осколочное сквозное ранение правого легкого, проникающее ранение сердца, ушиб нижних долей легких: А, Б – первичная КТ грудной полости (в ПЖ осколок – 4 мм, смещение удвоенного артефакта осколка – до 17 мм в направлении оси Z, артефакты четвертого вида); В – контрольное КТ с КУ через пять дней (осколок переместился на ~ 56 мм к передней стенке нижней части полости желудочка)

тверждением этого могут служить случаи обнаружения осколков, закрепленных в стенке ЛЖ, при наличии сквозного ранения противоположного легкого, и наоборот. Подобные наблюдения позволяют предположить, что в таких ситуациях может происходить сквозное ранение одной из камер сердца с последующей фиксацией осколка в стенке противоположной камеры (рис. 12).

Другим неожиданным результатом является отсутствие в анализируемой группе проникающих ранений сердца случаев миграции осколка, хотя такие наблюдения описаны в литературных источниках. Возможность миграции также подтверждает установленное выше проникновение осколков в камеры сердца, где их дальнейшая судьба, помимо фиксации в трабекулах, может определяться миграцией по сосудам.

Следует отметить наблюдение, которое по критериям отбора не вошло в анализируемую группу. Это минно-взрывное проникающее ранение правого легкого и проникновение в стенку ПЖ сердца крупного осколка размером 13 × 6 × 3 мм. При первичном КТ-исследовании осколок определялся в стенке ПЖ слева. По данным КТ с КУ локализация осколка в стенке ПЖ была подтверждена. Исходящие от него артефакты формировали яркий массив артефактов (рис. 13). Через шесть дней при контрольном КТ-исследовании установлено, что осколок мигрировал в просвет левой нижней легочной артерии, вызвав тромбоз.

Это наблюдение является неординарным, поскольку крупный осколок вызвал повреждение стенки ПЖ, а размеры осколка, существенно превышающие объем трабекул, не способствовали его фиксации. Все перечисленное привело к миграции осколка в полость ПЖ и затем с током крови – в легочную артерию. Анализ миграции осколка и проникающих ранений в представленной выборке позволил заключить, что мелкие осколки – до 4 мм, которые являются причиной повреждений у большинства пациентов, поступающих на этап специализированной медицинской помощи с проникающими ранениями сердца, вероятно, фиксируются в слое мясистых трабекул в относительно короткие сроки после ранения. Полученные данные позволяют заключить, что такие осколки демонстрируют минимальную склонность к смещению и миграции. Раненные в сердце крупными осколками – более 4–5 мм, крайне редко доставляются



Примечание. МПР – мультипланарная реконструкция.

Рис. 12. Осколочное сквозное ранение правого легкого, слепое проникающее ранение сердца: А, Б – первичное КТ-исследование (в правом легком определяется раневой канал и металлический осколок стенки ЛЖ с артефактами третьего вида, сочетающимися с эффектами трепетания). Контрольное исследование через семь дней: В – КТ с КУ и ЭКГ-синхронизацией; Г – МПР в сагиттальной плоскости (осколок фиксирован в слое мясистых трабекул верхней стенки ЛЖ (черная стрелка), полость ЛЖ (звездочка), слой мясистых трабекул передней стенки ПЖ, заполненного контрастированной кровью (белая стрелка))

на этап специализированной медицинской помощи. Наблюдения показывают, что крупные осколки преимущественно локализуются в паракардиальном пространстве среднего отдела средостения и в заднем средостении. Характерно, что эти осколки имели неправильную форму, размер достигал 10 мм и более, а их воздействие на сердце, по-видимому, ограничивалось только ушибом перикарда без проникновения в полости сердца.

При анализе исследования о возможностях КТ в диагностике ранений сердца следует отметить, что рассматриваемые виды артефактов и соответствующее им поведение осколков характерны для мелких осколков

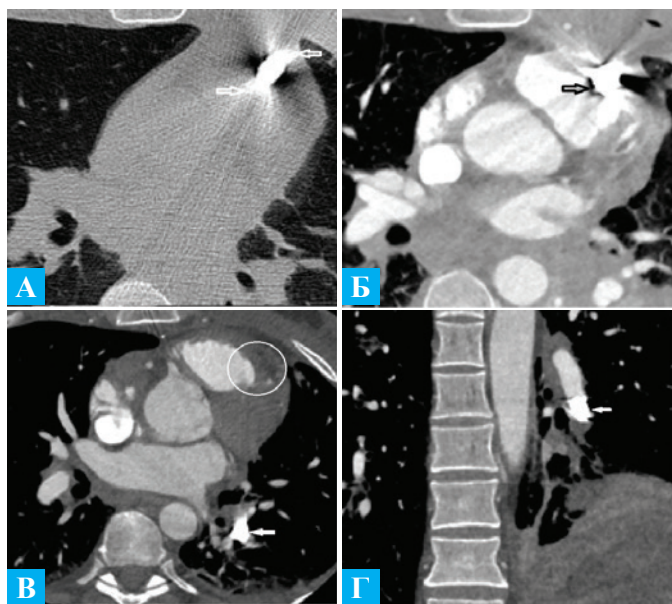


Рис. 13. Слепое осколочное ранение стенки ПЖ сердца с миграцией: А – первичное КТ-исследование (металлический осколок $13 \times 6 \times 3$ мм в передней стенке ПЖ, с массивными артефактами второго вида (стрелки)); Б – контрольная КТ с КУ (контуры осколка и его артефакты частично в полости ПЖ (стрелка)); контрольное КТ-исследование с КУ и ЭКГ-синхронизацией через шесть дней: В – область прежней локализации осколка (круг), осколок в нижней левой легочной артерии (стрелка); Г – корональная реконструкция (мигрировавший осколок в просвете нижней левой легочной артерии (стрелка))

размерами от 1 до 4 мм. Согласно имеющимся данным, ранения сердца мелкими осколками составляют значительную долю случаев, поступающих на этап специализированной медицинской помощи. В текущей клинической практике всем раненым в грудную полость в течение первых часов пребывания в специализированном стационаре выполняется КТ. Стоит отметить, что данное исследование обычно проводится в стандартном скрининговом режиме, поэтому анализ вида артефакта от осколка в сердце уже по этим изображениям без каких-либо дополнительных исследований позволяет получить информацию о вероятном поведении осколка. Как правило, хирургические вмешательства по удалению осколков в сердце в большинстве случаев не проводятся в первые-вторые сутки после поступления пациента. Чаще всего боевые ранения полиорганные, поэтому всегда существует необходимость стабилизации общего состояния и соответствующей подготовки к таким операциям. В этот временной промежуток, как правило, выполняются контрольные КТ грудной полости, основная цель которых заключается отнюдь не в оценке расположения осколка, а в определении динамики раневого процесса. Анализ КТ контрольных исследований должен включать и оценку осколка с определением вида вызываемых артефактов, что позволит с большой долей уверенности определять несмещаемые осколки.

Заключение

КТ грудной полости без использования КУ уже на этапе первичного исследования позволяет по виду формируемых осколками артефактов диагностировать ранения сердца, разграничивая их по глубине проникновения осколков. Это поверхностные ранения, при которых осколок локализуется в листках перикарда с возможным распространением на прилежащий слой миокарда, и глубокие ранения, при которых осколок проникает в миокард или глубже, в слой мясистых трабекул или папиллярных мышц, повреждая эндокард. Поверхностные ранения определяются на КТ по расположению осколка по краю изображения сердца и виду артефактов, при этом артефакты четвертого вида указывают на свободное расположение осколка в полости перикарда. Глубокие ранения убедительно распознаются, если осколки локализируются в межжелудочковой перегородке: по артефактам второго вида и топографии перегородки на КТ. Расположение осколков в миокарде распознается при формировании артефактов третьего вида. Выделение проникающих ранений по первичному исследованию не так очевидно. Существенную помощь оказывает обнаружение хаотичных артефактов с эффектом трепетания, но, как показали результаты наших исследований, этот признак с высоким прогностическим значением встречается не во всех случаях. Таким образом, локализацию осколков при глубоких ранениях сердца необходимо уточнять с применением КТ с КУ и ЭКГ-синхронизации, улучшающих точность исследований.

Литература

1. Самохвалов И.М. и др. Ушиб сердца при огнестрельных ранениях // Военно-медицинский журнал. – 2018. – № 9. – С. 21–28. [Samokhvalov I.M. et al. Contusion of the heart from gunshot wounds // Military-medical Journal. – 2018. – No 9. – P. 21–28. In Russian]. DOI: 10.17816/RMMJ73019.
2. Kawall T. et al. “Shot to the Heart”: case report and concise review of cardiac gunshot injury // Journal of Investigative Medicine High Impact Case Reports. – 2020. – V. 8. – P. 2324709620951652. DOI: 10.1177/2324709620951652.
3. Adigopula S. et al. Gunshot-related cardiac trauma: a multidisciplinary approach using multimodality imaging // Case Reports. – 2021. – V. 3. – No 1. – P. 31–33. DOI: 10.1016/j.jaccas.2020.12.006.
4. Durso A.M. et al. Penetrating thoracic injury // Radiologic Clinics. – 2015. – V. 53. – No 4. – P. 675–693. DOI: 10.1016/j.rcl.2015.02.010.
5. Ахиев М.И. и др. Диагностическое значение артефактов от металлических осколков на КТ при ранениях сердца. – 2025. – 109 с. [Akhiev M.I. et al. Diagnostic significance of artifacts from metal fragments on ct in heart wounds. – 2025. – 109 p. In Russian].