

*М. И. Ахиев<sup>1, 2</sup>, В. М. Китаев<sup>1</sup>*

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ СМЕЩЕНИЯ ОСКОЛКОВ ПРИ ПРОНИКАЮЩИХ РАНЕНИЯХ ПЕРИКАРДА МЕТОДОМ СКТ ГРУДНОЙ ПОЛОСТИ**

*<sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр высоких медицинских технологий и Центральный военный клинический госпиталь им. А. А. Вишневого Министерства обороны Российской Федерации, г. Красногорск;*

*<sup>2</sup> Филиал Военно-медицинской академии им. С. М. Кирова Министерства обороны Российской Федерации, г. Москва*

*М. I. Akhiev<sup>1, 2</sup>, V. M. Kitaev<sup>1</sup>*

## **PREDICTION OF THE PROBABILITY OF FRAGMENT DISPLACEMENT IN PENETRATING WOUNDS OF THE PERICARDIUM USING THE CT METHOD OF THE CHEST CAVITY**

*<sup>1</sup> National Medical Research Center for High Medical Technologies and Central Military Clinical Hospital named after A. A. Vishnevsky of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Krasnogorsk;*

*<sup>2</sup> Branch of the Military Medical Academy named after S. M. Kirov of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow*

**Актуальность.** Традиционные рентгенологические методы позволяют определять расположение осколка в сердце или вне его. Более точное расположение относительно камер сердца достигается применением СКТ с контрастным усилением и ЭхоКГ. Однако эти методы не могут предсказать дальнейшее поведение осколка, т. е. вероятность его смещения. В первом сообщении было показано, что вид формируемых осколком артефактов зависит от величины смещения осколка. Данное сообщение посвящено результатам изучения предсказания смещения осколка в полости перикарда на основании анализа формирующихся на КТ артефактов.

**Цель исследования:** разработка методики анализа КТ, позволяющей прогнозировать смещение осколков в полости перикарда у раненых в сердце. Новизна исследования заключается в отсутствии научных работ и методик, направленных на использование артефактов, формируемых осколками в сердце на СКТ, для диагностики. Материал и методика исследования представлены в первом сообщении.

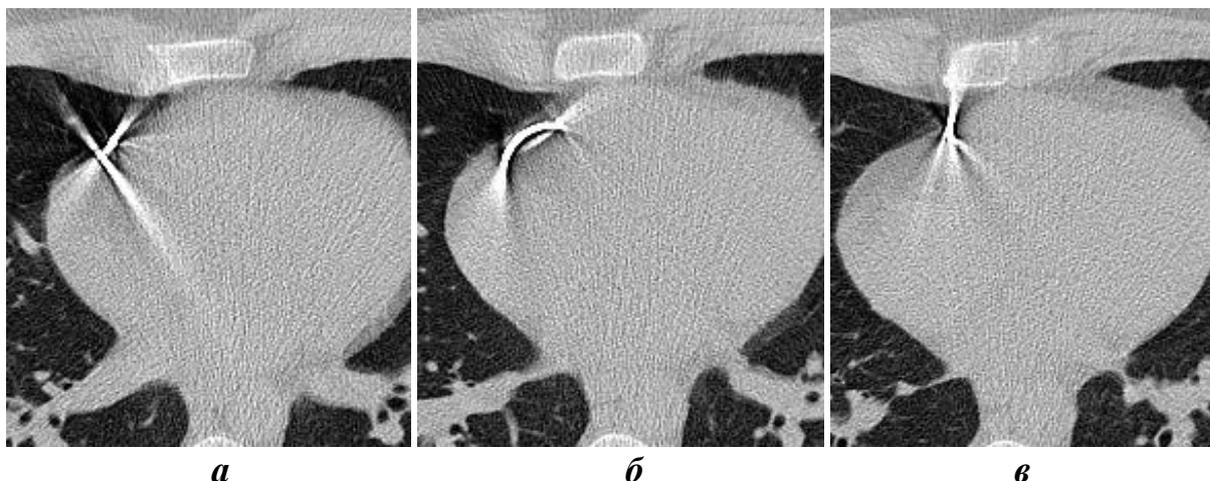
**Полученные результаты и их обсуждение.** В первом сообщении было показано, что неподвижные осколки формируют артефакты первого вида; артефакты второго и третьего видов исходят от осколков, смещающихся синхронно со стенками предсердий и желудочков; четвертый вид артефактов характерен для подвижных осколков, располагающихся в полости перикарда. Сопоставление локализации осколков с видами сформированных от них артефактов по результатам первичной СКТ показано в табл. 1.

**Распределение видов артефактов относительно расположения осколков  
по данным СКТ**

Вид артефактов	Расположение осколков			
	Паракардиальное	Завороты перикарда	Секторы перикарда или прилежащая стенка предсердий	Секторы перикарда или прилежащая стенка желудочков
1	<b>5*</b> (62,5 %)	<b>6*</b> (66,7 %)	0	0
2	2 (37,5 %)	3 (33,3 %)	<b>6*</b> (46,1 %)	1 (2,8 %)
3	0	0	4 (30,8 %)	<b>28*</b> (77,8 %)
4	0	0	3 (23,1 %)	7 (19,4 %)
Всего	7 (100 %)	9 (100 %)	13	36 (100 %)

\* Соответствие между расположением осколка и видом артефакта.

Из таблицы видно, что соответствие локализации осколков отходящим от них видам артефактов получено у 45 раненых. Большинство этих осколков располагались в мышечной стенке желудочков или предсердий и были фиксированными. У остальных раненых (20) осколки формировали артефакты, не характерные для локализации. Их абсолютное большинство (19) располагалось в полости перикарда. Пример несоответствия между определяемым на КТ расположением осколка и формируемым видом артефактов показан на рис. 1.



*Рис. 1.* Слепое ранение правого отдела перикарда:

*a* — начало прокрутки КТ изображений; *б* — середина; *в* — окончание. По правому краю сердечной тени определяются две дуги артефактов (*б*), отстоящие друг от друга на расстоянии 19 мм — четвертый вид сформированных осколком артефактов

Обнаруженные несовпадения объясняются дополнительным смещением осколков, которое наслаивалось на колебания, получаемые от пульсации камер сердца, и указывает на свободное расположение осколка в полости перикарда. Для проверки этого предположения был проведен анализ повторных СКТ исследований, выполненных перед удалением осколков. Расположение осколков показано в табл. 2.

Распределение видов артефактов относительно расположения осколков по данным контрольной СКТ

Вид артефактов	Расположение осколков			
	Паракардиальное	Завороты перикарда	Секторы перикарда и прилежащая стенка предсердий	Секторы перикарда и прилежащая стенка желудочков
1	6	13	0	0
2	3*	2*	11	0
3	0	0	1*	29
4	0	0	0	0
Всего	9	15	12	29
Операция	7	18	11	29

\* Несоответствие между расположением осколка и видом артефакта.

Анализ контрольных КТ привел к ряду количественных и качественных отличий от показателей первичного исследования. Если при первичном исследовании 20 осколков формировали артефакты, характерные для свободно расположенных осколков, то при контрольном их количество уменьшилось до шести. Вследствие произошедшего смещения расположение осколков распределялись следующим образом. Из 49 осколков, которые по первичному исследованию локализовались в секторах перикарда, прилежащим к предсердиям и желудочкам, 11 сместились в секторы перикарда, соответствующие предсердиям, изменив вид артефактов на второй, а при смещении в завороты перикарда вид артефактов сменился на первый (рис. 2).

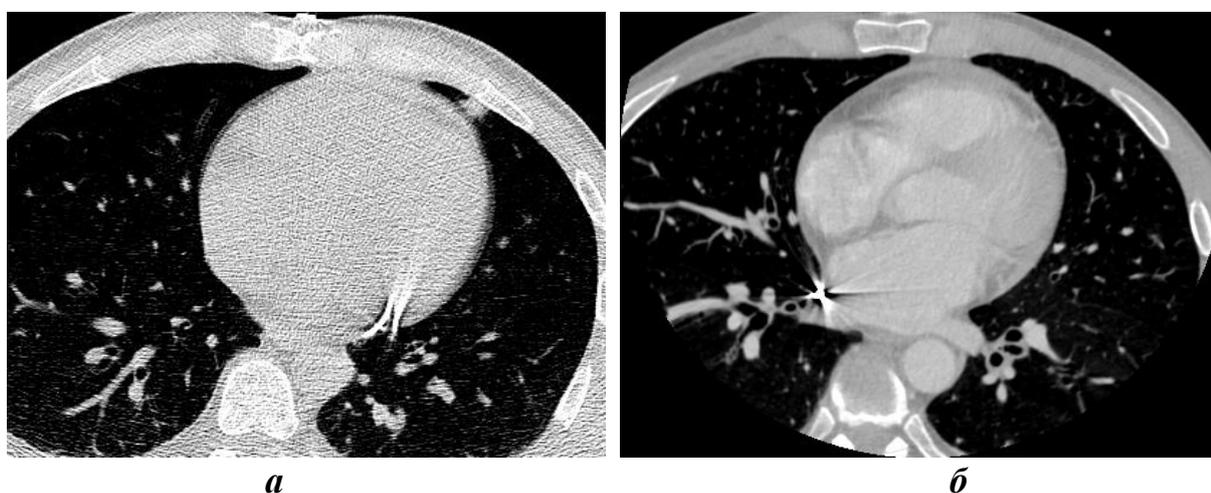


Рис. 2. Первичное исследование (а). Осколок располагается в секторе перикарда, соответствующему левому предсердию. Артефакты проявляются третьим видом с расстоянием между дугами 6 мм. Появление дугообразных артефактов нехарактерно для существующей локализации осколка. Контрольное исследование на следующие сутки (б). Осколок сместился в краниальном направлении и определяется в правом венозном завороте перикарда. Вид артефактов изменился на первый

Из 9 наблюдений осколков, при первичном исследовании локализовавшихся в ограниченном пространстве заворотов перикарда, 6 формировали артефакты первого вида. На контрольных томограммах эти 6 осколков сместились в сектора перикарда, прилежащие к желудочкам (2) и предсердиям (4) и стали формировать, соответственно, третий и второй виды артефактов. В остальных трех наблюдениях осколки, располагаясь в аортальных заворотах перикарда, формировали второй вид артефактов, и при контрольном исследовании они не сместились, продолжая формировать второй вид артефактов, что нашло объяснение передачей пульсации от близко расположенной аорты. В 7 наблюдениях паракардиальных ранений изменений положения осколков не наблюдалось, но 2 из них продолжали формировать артефакты второго вида, что объяснилось близким расположением к перикарду и ошибочной интерпретацией вида артефакта. Анализ повторных томограмм помог уточнить локализацию еще в 2 наблюдениях, в которых локализация осколков была ошибочно расценена как расположение в стенке желудочка при артефактах второго вида. Контрольное исследование, выполненное с КУ, помогло определить локализацию этих осколков в межжелудочковой перегородке, подтвердив соответствие вида артефактов локализации.

Для определения диагностической эффективности КТ в выявлении фиксированных и свободно расположенных осколков в полости перикарда была проведена проверка сопряженности результатов СКТ с референтным методом. Результаты сопряженности показаны в табл. 3. В таблице представлены данные СКТ, отображающие расположение осколков перед их удалением. В качестве референтного метода использовали результаты операций.

Таблица 3

**Результаты сопряженности КТ грудной полости с «золотым стандартом»**

Результат по протоколам операций	Наличие признаков возможного смещения или фиксации осколка при КТ		Оценка метода				
	Признак есть	Признака нет	Ч	С	Р	ДЭ	ПЦ
Смещение есть N = 17	ИП = 15	ЛО = 1	0,93	0,90	0,30	92,3 %	76,6
Смещения нет N = 48	ЛП = 5	ИО = 45					

В представленной таблице обращает внимание высокая специфичность метода — 90 %, указывает на большую вероятность смещения осколка при наличии положительного значения признака подвижности и большую вероятность стабильного состояния осколка при отсутствии такового. В целом диагностическая эффективность метода составила 92,3 %. Прогностическая ценность — 76,6 %, это означает, что вероятность смещения осколка при положительном значении КТ признака достаточно высокая.

## **Выводы:**

1. При СКТ грудной полости вид артефактов от металлических осколков в сердце зависит от размера, формы и амплитуды его смещения при пульсации. Мелкие осколки, расположенные в сердечной стенке, являются несмещаемыми, они совершают колебательные движения синхронно с пульсовыми движениями предсердий или желудочков, формируя характерные для конкретной локализации артефакты.

2. Смещаемые осколки к колебаниям от пульсации совершают дополнительные движения в полости перикарда, что на СКТ проявляется артефактами, содержащими дугообразные линии, расстояние между которыми превышает амплитуду пульсации. Эти осколки располагаются в полости перикарда.

3. Перед удалением смещаемых и потенциально смещаемых осколков необходимо проводить контрольное КТ исследование перед операцией. Вместе с тем информация о неподвижности осколка, прослеженная в динамике при контрольных исследованиях, исключает необходимость выполнения контрольной КТ перед операцией.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Barrett, J. F.* Artifacts in CT: recognition and avoidance / J. F. Barrett, N. Keat // *Radiographics*. – 2004. – Vol. 24 (6). – P. 1679–1691.

2. *Fast CT metal artefacts correction based on derivative and region-based filling* / Y. Li, Y. Chen, L. Luo [et al.] // *J. Med. Imaging Radiat. Oncol.* – 2011. — Vol. 55 (6). – P. 535–541.

3. *Imaging of combat-related thoracic trauma — review of penetrating trauma* / J. P. Lichtenberger, A. M. Kim, D. Fisher [et al.] // *Mil. Med.* – 2018. – Vol. 183. – P. 81–88.

4. *Hsieh, J.* Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances / J. Hsieh // *Engineering, Medicine*. – 2003. – P. 633.

5. *Mathematical modeling to predict the migration of foreign bodies of gunshot origin* / E. Khoroshun., V. Makarov, V. V. Nehoduiko [et al.] / *Mathematics, Medicine // Emergency medicine*. – 2024. – Vol. 20 (5). – P. 363–375.

6. *Hsieh, J.* Image artifacts: appearances, causes and corrections / J. Hsieh // In: *Computed tomography: principles, design, artifacts and recent advances*. – Bellingham, Wash : SPIE Press, 2003. – P. 167–240.