

УДК 617-089.844

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar346674>

Научная статья

Опыт применения неодимовых магнитных инструментов для удаления инородных тел при слепых ранениях

В.В. Шведюк, Н.Е. Елин, И.И. Дзидзава, Е.Е. Фуфаев, О.В. Баринов

Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Россия

Особенностью современных военных конфликтов является высокая частота осколочных ранений. Поиск инородных тел, даже под рентген-навигацией, бывает технически сложным, длительным и не всегда успешным. Большинство ранящих объектов обладают ферромагнитными свойствами.

Цель исследования: оценить эффективность удаления ферромагнитных инородных тел из слепых ран с использованием неодимовых магнитных инструментов.

Материалы и методы. Разработаны инструменты на основе неодимового магнита для удаления инородных тел и методика их применения. Проведен анализ 45 операций, где использовались традиционные инструменты, и 75 операций с применением оригинальных магнитных инструментов. При этом в 40 случаях слепых ранений инородные тела извлекались из мягких тканей различных областей, а в 35 наблюдениях инородные тела удалялись в ходе видеоторакоскопических операций по поводу слепых проникающих ранений груди. Критериями оценки эффективности метода являлись длительность операции, продолжительность работы с рентгеноскопической установкой и количество обнаруженных и удаленных инородных тел за фиксированный промежуток времени.

Заключение. Доказаны высокая эффективность, простота, доступность и малоинвазивность разработанных инструментов. Неодимовые магниты позволили сократить время лучевой нагрузки и длительность операции, а также увеличить эффективность удаления ферромагнитных инородных тел. Использование оригинальных инструментов позволяет обнаружить за 10 мин 80 % инородных тел и в течение 30 мин удалить 90 % инородных тел из мягких тканей раненого. При видеоторакоскопии вдвое сократилось время рентгеноскопии, а общая продолжительность оперативного вмешательства — на 40 %.

Ключевые слова: взрывные ранения; видеоторакоскопия; инородное тело; неодимовый магнит; огнестрельные слепые ранения; рентгеноскопия; хирургическая обработка ран.

Как цитировать:

Шведюк В.В., Елин Н.Е., Дзидзава И.И., Фуфаев Е.Е., Баринов О.В. Опыт применения неодимовых магнитных инструментов для удаления инородных тел при слепых ранениях // Известия Российской Военно-медицинской академии. 2023. Т. 42. № 2. С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar346674>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar346674>
Research Article

Clinical application of neodymium magnetic instruments for the removal of foreign bodies in blind wounds

Viktor V. Shvediuk, Nikita E. Elin, Ilya I. Dzidzava, Evgeniy E. Fufayev, Oleg V. Barinov

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

A feature of modern military conflicts is the high frequency of shrapnel wounds. The search for foreign bodies, even under X-ray navigation, can be technically difficult, lengthy and not always successful. Most injuring objects have ferromagnetic properties.

AIM: The purpose of the study: to evaluate the effectiveness of removing ferromagnetic foreign bodies from blind wounds using neodymium magnetic instruments.

MATERIALS AND METHODS: Instruments based on a neodymium magnet for removing foreign bodies and a technique for their use have been developed. An analysis was made of 45 operations where traditional instruments were used and 75 operations using original magnetic instruments. Of these, in 40 cases of blind wounds, foreign bodies were removed from the soft tissues of various areas, and in 35 cases, foreign bodies were removed during videothoracoscopy operations for blind penetrating chest wounds. The criteria for evaluating the effectiveness of the method were the duration of the operation, the duration of work with the X-ray unit and the number of detected and removed foreign bodies in a fixed period of time.

CONCLUSION: High efficiency, simplicity, accessibility, minimally invasiveness of the developed instruments have been proven. Neodymium magnets made it possible to reduce the time of radiation exposure and the duration of the operation, to increase the efficiency of removing ferromagnetic foreign bodies. The use of original instruments makes it possible to detect 80% of foreign bodies in 10 minutes, and within 30 minutes to remove 90% of foreign bodies from the soft tissues of the wounded. With videothoracoscopy, the time of fluoroscopy was halved, and the total duration of the surgical intervention was reduced by 40%.

Keywords: blind wounds; explosive wounds; fluoroscopy; foreign body; neodymium magnet; surgical treatment of wounds; videothoracoscopy.

To cite this article:

Shvediuk VV, Elin NE, Dzidzava II, Fufayev EE, Barinov OV. Clinical application of neodymium magnetic instruments for the removal of foreign bodies in blind wounds. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2023;42(2):105–114. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar346674>

Received: 24.04.2023

Accepted: 08.05.2023

Published: 30.06.2023

АКТУАЛЬНОСТЬ

Особенностью современных военных конфликтов является высокая частота осколочных ранений [1]. Тактика ведения боя в реалиях основана на применении массированных сосредоточенных ударов артиллерии (осколочно-фугасные снаряды, шрапнельные и касетные боеприпасы, противопехотные средства ближнего боя и др.) по живой силе противника [2]. Применением тяжелого вооружения и дистанционных средств огневого поражения обуславливают учащения случаев ранений в конечности [3]. При таких ранениях высока вероятность возвращения военнослужащего в строй. Например, при закрытых многооскольчатых переломах голени сроки временной нетрудоспособности без осложнений не должны превышать 5–6 месяцев [4]. Наличие инородных тел в мягких тканях сопровождается клинически значимыми воспалительными процессами в 40 % случаев [5]. Они могут поддерживать инфекционный процесс, быть причиной невропатии, вызывать болезненные ощущения, нарушать работу функционально активных сегментов тела, таких как кисть, стопа, суставы, и приводить к косметическим дефектам, вызывать отсроченные кровотечения, пролежни и другие органические повреждения [6]. Инородные тела в мягких тканях организма могут «ускользать» от инструментов и находиться в труднодоступных слепых местах, что увеличивает время операции. Наибольшую клиническую значимость имеют инородные тела массой от 3,0 до 10,0 г, которые классифицируют как большие. Меньшие инородные тела редко вызывают значимые нарушения функции, особо большие (более 10,0 г), как правило, легко идентифицируются и удаляются при хирургических обработках ран мануально и обычными инструментами [7]. Инородные тела в легких размерах более 10 мм требуют удаления [6]. В современных боеприпасах используется отечественная сталь С60 или ее аналог производства США — снарядная сталь SAE 1340, а также и другие сплавы, содержащие до ~98 % железа, обладающие ферромагнитными свойствами [8]. Поиск инородных тел даже под рентген-контролем бывает технически сложным, длительным и не всегда успешным [1]. Для удаления ранящих снарядов при осколочных ранениях обычно применяют хирургические зажимы, пинцеты, ложку Фолькмана [9]. Но инородные тела в мягких тканях могут «ускользать» от инструментов и находиться в труднодоступных слепых местах, что увеличивает длительность операции [8].

В 1624 г. в Берне выдающийся хирург и основатель научной немецкой хирургии Вильгельм Фабри впервые применил естественный магнит для удаления металлического осколка из роговицы глаза. Широкое применение магнитов в медицине началось после изобретения электромагнита в 1825 г. [10].

Неодимовые магниты (НМ) изобретены в 1982 г. Благодаря высокой силе, компактности, низкой

«размагничиваемости» они вошли в широкую практику [11]. Первое сообщение о применении НМ для врачебных манипуляций появилось только в 2021 г. Г.М. Патахов с соавт. запатентовали магнитный зонд — устройство на основе магнита, закрепленного на конце гибкого эндоскопа, — и предложили его для извлечения инородных ферромагнитных предметов из раневых каналов и полостей [12]. Однако устройство сложное, большого размера, сообщений о его применении в военно-полевой хирургии, так же как и других НМ, до сегодняшнего времени нет. В клинике разработаны метод магнитно-пальцевой диагностики и экстракции магнитных тел и гибкий магнитный экстрактор (ГМЭ), показана высокая эффективность их использования в эксперименте [9, 10, 13]. Разработаны удобные малоинвазивные и эффективные способы пальцевой магнитной диагностики и экстракции. Для пальцевой магнитной диагностики требуются магниты диаметром 12–15 и толщиной 3–5 мм, устанавливаемые под перчаткой на дистальной фаланге пальца хирурга. Для малоинвазивного удаления из сложных, глубоких ран удобен ГМЭ в виде вставленного в конец дренажной трубки цилиндрического неодимового магнита диаметром 5–7 и длиной 10–15 мм для малых ран, а также диаметром 10 и длиной 15–30 мм — для ран больших размеров [9, 10, 13].

Цель — оценить эффективность удаления ферромагнитных инородных тел из слепых ран с использованием неодимовых магнитных инструментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

С целью изучения клинической эффективности магнитных инструментов 65 пациентов со слепыми ранениями мягких тканей разделили на три группы в зависимости от способа удаления инородных тел. В первой группе поиск и удаление инородных тел осуществляли традиционным методом: мануально и посредством общехирургических инструментов (зонды, зажимы, пинцеты, ложка Фолькмана). Во второй группе обнаруживали и удаляли ферромагнитные инородные тела (ФИТ) посредством разработанного способа пальцевой диагностики наряду с обычными инструментами. В третьей группе манипулировали посредством гибкого магнитного экстрактора вместе с традиционными инструментами.

Для определения однородности групп использовали такие критерии, как возраст, ИМТ, средняя площадь имеющихся ран, срок от полученного ранения до начала операции (округляли до сут). Характеристика групп раненых представлена в табл. 1.

Из таблицы видно, что группы статистически не отличаются ($p > 0,1$).

Исследовано 55 случаев лечения раненых со слепыми проникающими ранениями груди. Эндоскопический магнитный экстрактор применен у 35 пациентов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика групп раненых со слепыми ранениями мягких тканей

Группа	Кол-во раненых	Возраст, лет $M \pm SD$ (диапазон)	ИМТ, кг/м ² $M \pm SD$ (диапазон)	Ср. ран, мм ² $M \pm SD$ (диапазон)	Давность ранения, сут $M \pm SD$ (диапазон)
1	25	31,3 \pm 7,5 (19–47)	22,8 \pm 1,0 (21,5–26,1)	1080,9 \pm 603,52 (78,5–2642,08)	3 \pm 2,0 (1–9)
2	22	31,7 \pm 7,8 (20–45)	22,7 \pm 1,0 (19,9–25,1)	1053,29 \pm 673,29 (200,96–2827,43)	3,1 \pm 1,8 (1–8)
3	23	31,1 \pm 7,8 (18–5)	22,1 \pm 1,0 (19,9–24,6)	1019,6 \pm 605,3 (314–2463,0)	2,9 \pm 1,8 (1–7)
Значение p		0,936	0,991	0,888	0,993

Таблица 2. Клиническая характеристика пациентов с проникающими ранениями груди

Группы пациентов	Число случаев, n	
	удаление инородных тел традиционными инструментами при видеоторакоскопии	удаление инородных тел с применением эндоскопического магнитного экстрактора
Локализация инородного тела		
Интралегочное расположение	12	18
В средостении	2	5
Субплевральное	4	6
В свободной плевральной полости	2	3
Всего	20	35
Показания к операции		
Свернувшийся гемоторакс	15	24
Гнойные осложнения	5	9
Инородное тело вблизи крупного сосуда	–	2
Всего	20	35

Характеристика случаев проникающих ранений груди представлена в табл. 2.

Критерии соответствия

Исследовали случаи лечения пациентов со слепыми ранениями мягких тканей всех областей тела и пациентов с проникающими ранениями груди. Не включали в исследование пациентов с проникающими ранениями брюшной полости.

Условия проведения

Исследование проведено на кафедре госпитальной хирургии Военно-медицинской академии (ВМедА) имени С.М. Кирова.

Продолжительность исследования

Исследование проводилось в период с 1 апреля 2020-го по 1 апреля 2023 г.

Описание медицинского вмешательства (исследования)

Все пациенты подверглись хирургическому лечению. Антибиотикопрофилактика и антикоагулянтная терапия

проводились согласно локальным протоколам и клиническим рекомендациям. Оперативные вмешательства выполнялись с соблюдением правил асептики, защиты хирургического персонала и интактных областей пациента от рентгеновского излучения. В основном применялось общее обезболивание, а местная и проводниковая анестезия — в 8 % случаев лечения поверхностных ран мягких тканей.

Использовали НМ под перчаткой на передней поверхности дистальной фаланги второго или третьего пальца с целью диагностики локализации, быстрого и простого удаления ФИТ из тканей (рис. 1).

Диаметр НМ был соизмерим с диаметром пальца: 10–15 мм, толщина — 3–7 мм. Положение на ладонной поверхности обеспечивало лучшую тактильную чувствительность (рис. 1, а; 2, а). Использовали тот палец, который реже вставляется в кольца инструментов. Когда НМ не нужен, его убирали на тыльную поверхность средней фаланги пальца (рис. 1, б; 2, б), где он не препятствовал хирургическим манипуляциям, что показано на рис. 1, б. При отсутствии надобности в магните производили смену перчаток, а магнит откладывали на операционный столик.

Магнитно-пальцевую методику (МПМ) ревизии раны и поиска ФИТ производили по принципу пальцевого исследования следующим образом. Для уточнения локализации ранящего снаряда, залегающего на глубине до 15 мм, и планирования доступа проводили пальцем по коже для поиска магнитной тяги. Ревизию ран осуществляли под анестезией. Если требовалось, расширяли раневой канал до диаметра пальца, вводили палец в канал, ощупывали его стенки, карманы. Инородное тело определялось по ощущению притяжения и последующего сопротивления при извлечении пальца. В трудных случаях, когда не обнаруживалась магнитная тяга, использовали рентгеноскопическую навигацию.

НМ под перчаткой использовали как в диагностических целях, так и для извлечения инородных тел. Небольшие нефиксированные осколки при обследовании раны пальцем с магнитом легко примагничивались и извлекались из ран, в то время как без помощи магнита они не визуализировались и не пальпировались. Сами манипуляции получались малоинвазивными, не требовали общей анестезии.

ГМЗ включал НМ цилиндрической формы, закрепленный в дренажной полихлорвиниловой трубке соответствующего диаметра, и проводник из алюминиевой проволоки, вставляющийся в трубку с другого конца для придания жесткости и необходимой формы инструменту, что часто не являлось обязательным (рис. 3). Диаметр устройства мог быть различным в зависимости от размеров раны и оперируемой части тела. Чем больше диаметр и масса НМ, тем сильнее сила экстракции. Наиболее часто применяли НМ диаметром 10 и длиной 15–30 мм для больших ран, а также диаметром 6 или 7 и длиной 10–20 мм — для малых. Проводник из алюминиевой проволоки позволял точно управлять устройством и не магнитился, что исключало искажение и ослабление магнитного поля по отношению к инородному телу. Все компоненты устройства хорошо переносили современные методы стерилизации.

ГМЗ использовали при первичных, вторичных, часто повторных хирургических обработках мягких тканей.

Ревизии раны и поиск ФИТ ГМЗ производились у пациентов, имеющих глубокие раны с обширными карманами. Под общей или местной анестезией ревизовали канал зондом или зажимом, определяя его направление и диаметр, при несоответствии диаметра ГМЗ диаметру канала последний расширяли острым или тупым путем. Вводили экстрактор в канал для поиска магнитной тяги. В технически сложных случаях проводили интраоперационную рентгеноскопию. Традиционные инструменты использовались только с рентгеноскопической навигацией. Эффективность поиска оценивалась по соотношению числа найденных за 10-минутный интервал в ране инородных предметов к общему числу, диагностированных до операции инородных тел.

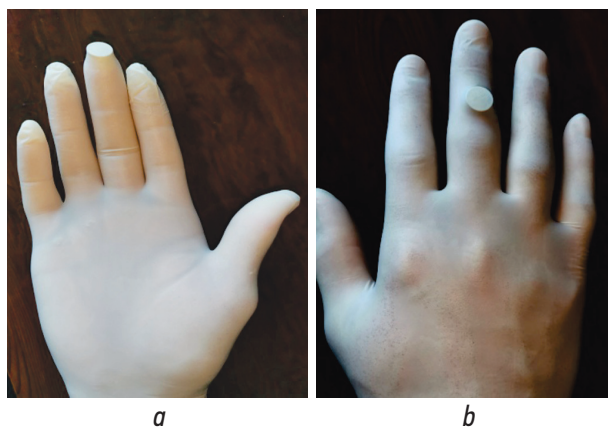


Рис. 1. Применение магнитов под перчаткой: *a* — в рабочем положении; *b* — в нерабочем положении

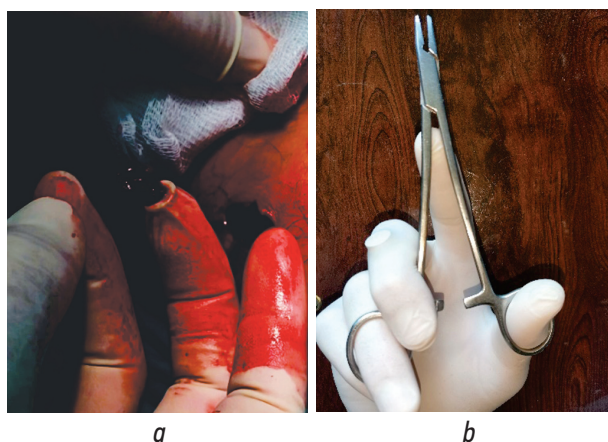


Рис. 2. Работа с магнитом: *a* — извлеченное из раневого канала инородное тело на перчатке с магнитом; *b* — работа с хирургическим инструментом (магнит перемещен на тыльную поверхность средней фаланги)

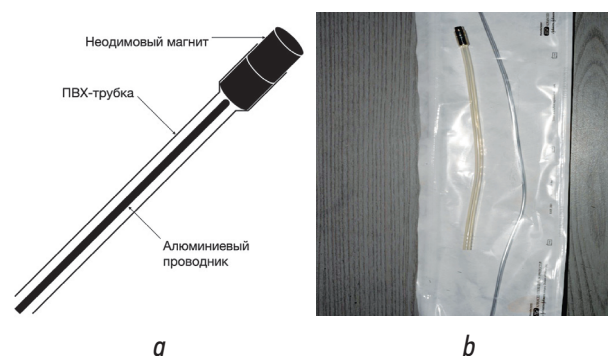


Рис. 3. Гибкий магнитный экстрактор: *a* — схема устройства; *b* — гибкий магнитный экстрактор в стерильной упаковке

Методика удаления ФИТ ГМЗ заключалась в формировании канала достаточной ширины для введения ГМЗ и беспрепятственной тракции неправильной формы инородного тела. ГМЗ вводили в раневой канал, и при необходимости направляли его с помощью проводника. Добивались соединения с ФИТ и производили его экстракцию из раны. В случае плотной фиксации инородного тела в раневом канале приходилось мобилизовать его с помощью ложки Фолькмана и зажимов, иногда дополнительно

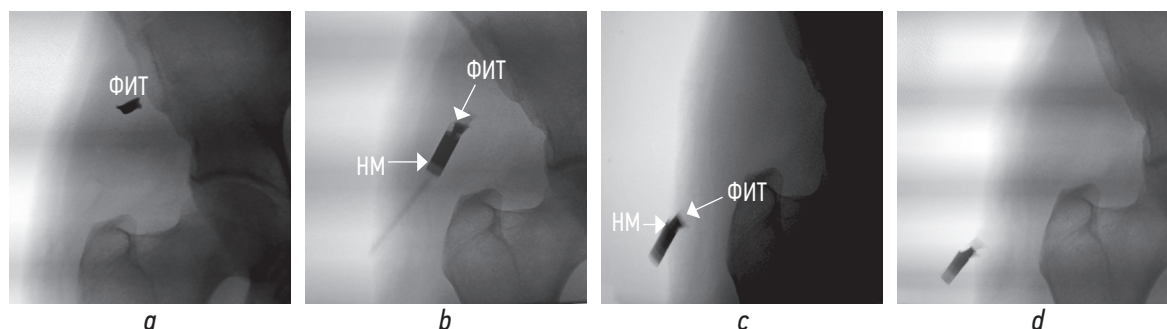


Рис. 4. Интраоперационные рентгенограммы: *a* — инородное тело, расположенное в ягодичных мышцах раненого; *b* — соединение магнитного экстрактора, введенного через раневой канал, с инородным телом; *c, d* — экстракция инородного тела

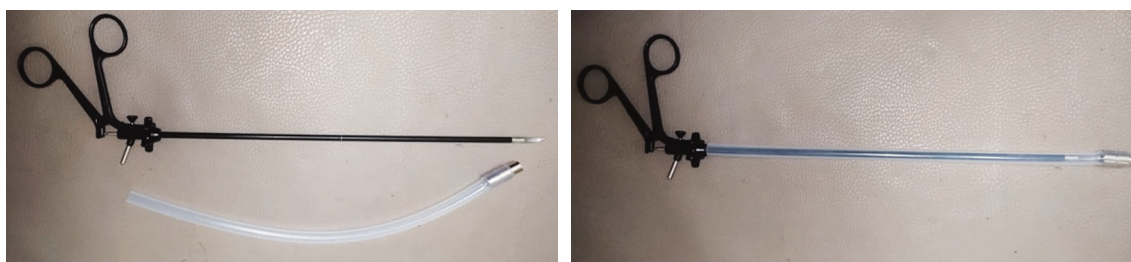


Рис. 5. Устройство эндоскопического магнитного экстрактора на основе 5-мм зажима

расширять канал зажимом. Пример удаления ФИТ посредством ГМЗ проиллюстрирован на рис. 4.

ГМЗ успешно применен при видеоторакоскопических операциях. Применение алюминиевого проволочного стержня для придания жесткости инструменту ограничивало манипуляции в сложных анатомических областях и не позволяло создавать значительные усилия во время манипуляций для смещения органов. Инновационным решением было применение в качестве направляющего проводника эндоскопического инструмента. Данное устройство на основе НМ для торакоскопических операций назвали эндоскопическим магнитным экстрактором (ЭМЗ).

Схема устройства представлена на рис. 5. Устройство включает НМ цилиндрической формы, закрепленные в дренажной ПВХ-трубке с внутренним диаметром 6–8 и внешним до 10 мм, и эндоскопический 5-мм зажим типа граспера (или изгибаемый зажим серии Roticulator),

вставляющийся в трубку в качестве направляющего проводника с другого конца. Диаметр примененного нами магнита составлял 10 мм, длина ЭМЗ — 20 мм. Длина трубки — 22–25 см. Все компоненты устройства доступны. Преимуществами перед ГМЗ является удобный захват и возможность изгиба дистального конца в случае с изгибаемыми зажимами серии Roticulator.

Оперативное вмешательство осуществляли под общим наркозом с искусственной вентиляцией легких в рентгеноперационной. Под видеоконтролем устройство вводили в установленный 10-мм троакар, производили обследование органов по тщательно отработанному плану в соответствии с анатомией грудной полости и данными предшествующей компьютерной томографии. Ощупывали магнитным инструментом место наиболее вероятной локализации ФИТ. Определяли его по ощущаемому или визуализируемому притяжению инструмента к органу или непосредственно к инородному телу (рис. 6). Производили экстракцию ФИТ.

Методы регистрации исходов

Основной метод регистрации результатов — хронометрия. Время округляли до мин. Эффективность диагностики определяли по отношению числа интраоперационно найденных за 10-минутный интервал инородных тел к общему числу рентгеноконтрастных тел, запланированных к удалению. С целью изучения скорости нахождения в ране инородных тел суммировали число обнаруженных инородных тел в конкретной группе раненых, делили его на суммарное время, потраченное на обнаружение тела. Аналогичным образом определяли эффективность удаления инородных тел за 30-минутный период.

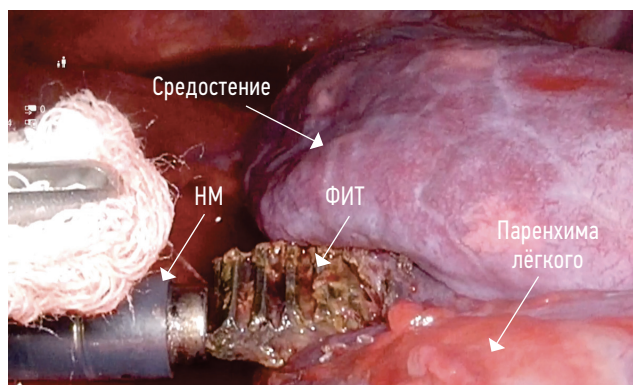


Рис. 6. Применение эндоскопического магнитного экстрактора при видеоторакоскопии

Таблица 3. Характеристика скорости магнитно-пальцевого метода диагностики ФИТ при их поверхностном залегании

Методы	Группа	Суммарное количество обнаруженных ФИТ	Суммарное время, затраченное на манипуляции, мин	Скорость нахождения, тел/мин
Традиционный	1	4	45	0,1
МПМ	2	7	6	1,2
МПМ + рентгеноскопия	2	8	4	2,0

Таблица 4. Характеристика эффективности методов обнаружения ферромагнитных инородных тел в ранах

Методы, количество манипуляций	Группа	Общее число намеченных к удалению инородных тел у всех больных до операции	Число тел, обнаруженных в ране за 10 мин	
			абс.	%
Традиционный + рентген-навигация ($n = 19$)	1	22	7	31,8
МПМ ($n = 12$)	2	15	9	66,7
МПМ + рентген-навигация ($n = 10$)	2	12	10	75,0

Таблица 5. Сравнительная клиническая характеристика эффективности использования традиционных методов поиска ферромагнитных инородных тел и ГМЭ

Методы	Группа	Количество ФИТ		Эффективность поиска за 10 мин, %
		до операции	найдено	
Кл* + Rg**	1	15	5	33,3
ГМЭ***	3	8	5	62,5
ГМЭ + Rg	3	15	13	80,0

Примечание. * — классический метод (зажимы, пинцеты, острая ложечка Фолькмана и др.); ** — рентген-навигация; *** — ГМЭ.

Статистический анализ

Для сравнения групп и результатов исследования проводили вычисления по критерию Ливиня и однофакторный дисперсионный анализ, оценивали F -критерий Фишера с помощью электронной таблицы Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные результаты исследования

С целью изучения скорости обнаружения в ране ФИТ суммировали число обнаруженных инородных тел, делили его на суммарное время, потраченное на манипуляцию в группах больных в зависимости от методов поиска.

Для оценки скорости обнаружения инородных тел в ране исследовали случаи с их неглубоким залеганием. Учитывали время от начала манипуляции до нахождения (нащупывания пальцем или иным инструментом или при магничивания ФИТ). Сравнительная характеристика методов по времени, затраченному на манипуляцию, представлена в табл. 3.

Таким образом, МПМ в изолированном применении показал высокую скорость в диагностике ФИТ — одно тело в минуту. Использование метода в сочетании с рентгеновской навигацией позволило увеличить скорость

нахождения ФИТ до двух тел за минуту в несложных клинических случаях поверхностного залегания.

Эффективность диагностики определяли по отношению числа найденных за 10-минутный интервал инородных тел к общему числу рентгенконтрастных тел, запланированных к удалению. В случае, когда время поиска превышало 10 мин, условно считали, что тело в ране не найдено. Сравнительная характеристика эффективности методов обнаружения в ранах инородных тел представлена в табл. 4.

Таким образом, МПМ в изолированном применении показал высокую эффективность в диагностике ФИТ (66,7 %). В сочетании с рентген-навигацией позволял за 10 мин выявить 75,0 %, что значительно лучше, чем при классических способах (31,8 %).

Результаты эффективности диагностики ФИТ ГМЭ в сравнении с классическим методом представлены в табл. 5.

Таким образом, ГМЭ при изолированном применении показал более высокую эффективность в диагностике глубоко расположенных ферромагнитных инородных тел — 62,5 %, чем классический метод с рентген-навигацией — 33,3 %. Эффективность ГМЭ в сочетании с рентгеноскопией повышается до 80 %.

Таблица 6. Сравнительная клиническая характеристика эффективности традиционных и магнитных методов экстракции ФИТ

Методы	Группа	Количество ФИТ		Эффективность удаления за 30 мин, %
		до операции	удалено	
Кл* + Rg**	1	15	9	60,0
ГМЗ***	3	8	6	75,0
ГМЗ + Rg	3	15	14	93,3

Примечание. * — классический метод (зажимы, пинцеты, острая ложечка Фолькмана и др.); ** — рентген-навигация; *** — ГМЗ.

Таблица 7. Сравнительная характеристика результатов применения традиционных инструментов и ЗМЗ

Критерий сравнения	Традиционные инструменты, n = 20	ЗМЗ, n = 35
Средняя длительность операции, мин	149 ± 64	98,6 ± 50
Использование интраоперационной рентгеноскопии, n (%)	19 (95 %)	17 (48,6 %)
Средняя длительность рентгеноскопии, мин	20,1 ± 6,3	10,4 ± 5,3

Акцентируя внимание на временных затратах, стоит отметить, что ГМЗ намного упрощал и ускорял процесс диагностики. Элементарная сила притяжения позволяла хирургу буквально чувствовать ФИТ руками, потому что инструмент сам «тянулся» в сторону инородного тела.

В случае глубоких ранений удаление инородных тел выполняли с рентген-навигацией. Результаты эффективности экстракции ферромагнитных инородных тел ГМЗ в сравнении с классическим методом за 30-минутный интервал представлены в табл. 6.

Таким образом, ГМЗ для экстракции ФИТ показал высокую эффективность 75 % даже без рентгеноскопии. В сочетании с рентгеноскопией эффективность ГМЗ повысилась до 93 %.

ГМЗ не требовал широких разрезов, позволял быстро извлекать ФИТ. Среднее время манипуляции удаления инородного тела при сочетании магнитных инструментов и рентген-навигации составило 8 мин на одно инородное тело.

Эффективность применения ЗМЗ при видеоторакопическом удалении инородных тел представлена в табл. 7.

Явное преимущество применения ЗМЗ — быстрота и простота диагностики ФИТ. Среднее время манипуляции, потребовавшееся для нахождения инородного тела, составило 9 ± 2 мин. 18 из 35 пациентов (48,6 %) не потребовалось проведения интраоперационной лучевой диагностики. Средняя длительность рентгеноскопии с применением магнитного инструмента достоверно меньше, чем при операциях с применением традиционных инструментов: 10,4 мин против 20,1 мин. У 7 пациентов время использования электрооптического преобразователя не превысило 5 мин.

Получены хорошие непосредственные результаты применения видеоторакопической магнитной экстракции с применением ЗМЗ. Осложнений не было.

В работе с НМ возникало примагничивание к стандартным хирургическим инструментам, что требовало избегать подобных контактов и зачастую затрудняло бимануальные манипуляции. В отсутствии изгибаемых эндоскопических инструментов отмечена сложность в управлении магнитом. Трудности возникали при интерпозиции и зажатии ткани легкого между инородным телом и магнитом, что могло потенциально привести к разрывам тканей и требовало деликатного разъединения притянувшихся объектов, что, в свою очередь, требовало дополнительных усилий и введения дополнительных инструментов. Магниты при неаккуратном использовании вне операционного поля могли форсировано примагничиваться к ферромагнитным поверхностям и друг к другу. При этом возникали повреждения защитного покрова магнита, что делало его непригодным к химической стерилизации, могло ослабить силу магнита.

Обсуждение основного результата исследования

Для успешного поиска и извлечения инородных тел из ран мягких тканей наиболее эффективно сочетание пальцевого магнита и магнитного экстрактора под рентгеноскопической навигацией.

Инструменты просты в изготовлении, портативны и доступны. Могут стерилизоваться любым методом. Методика продемонстрировала малоинвазивность — не требовала широких разрезов для визуализации, зачастую достаточно было проведение инструментальной ревизии имеющихся раневых каналов в мягких тканях.

Включение в клиническую практику методики диагностики и экстракции, основанных на применении НМ, увеличило в 2 раза эффективность выявления и удаления инородных тел из мягких тканей раненых, сократило длительность операции и лучевой нагрузки. Предложенные методики являлись малоинвазивными, не имели

специфических осложнений, что в совокупности показывает их высокий диагностический и манипуляционный потенциал и дает право на широкое клиническое применение.

Разработанный для торакоскопических и лапароскопических манипуляций ЭМЗ позволил уменьшить время операции, показал высокую эффективность при видеоторакоскопических удалениях инородных тел, позволил сократить длительность лучевой нагрузки, что делает перспективным его клиническое использование. Требуется дальнейшее накопление опыта применения и анализа эффективности НМ в хирургии, в частности при лапароскопиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение НМ при хирургической обработке огнестрельных ран является простым, безопасным, позволяет увеличить частоту успешных обнаружений ферромагнитных тел в мягких тканях с 33 до 80 % за 10-минутный интервал и количество успешных экстракций в течение 30 мин с 60 до 93 %, уменьшает время интраоперационной рентгеноскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Военно-полевая хирургия локальных войн / Под ред. Е.К. Гуманенко, И.М. Самохвалова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 704 с.
2. Котив Б.Н., Самохвалов И.М., Чуприна А.П., и др. Указания по военно-полевой хирургии. М.: ГВМУ МО РФ, 2020. С. 30–52.
3. Крюков Е.В., Давыдов Д.В., Хоминцев В.В., и др. Этапное лечение раненых с повреждениями опорно-двигательной системы в современном вооруженном конфликте // Военно-медицинский журнал. 2023. Т. 344. № 3. С. 4–17. DOI: 10.52424/00269050_2023_344_3_4
4. Ивченко Е.В., Анисин А.В., Тюрин М.В., Титов Р.В. Экспериментальные исследования минно-взрывных ранений нижних конечностей и основные принципы их лечения // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2011. № 4. С. 94–96.
5. Коваль А.Н., Ташкинов Н.В., Мелконян Г.Г., и др. Оптимизация методики удаления рентгенконтрастных инородных тел мягких тканей // Якутский медицинский журнал. 2020. № 1 (69). С. 112–115.
6. Колесников И.С. Удаление инородных тел из плевральной полости, легких и средостения / Под ред. действ. чл. АМН СССР П.А. Куприянова. М.: Изд-во АМН СССР, 1949. 252 с.
7. Смирнов Е.И. Война и военная медицина: мысли и воспоминания 1939–1945. М.: Медицина, 1976. 463 с.
8. Озерецковский Л.Б. Раневая баллистика. СПб.: Журнал Калашников, 2006. 373 с.

REFERENCES

1. Gumanenko EK, Samokhvalov IM, eds. *Military field surgery of local wars*. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2011. 704 p. (In Russ.)
2. Kotiv BN, Samokhvalov IM, Chuprina AP, et al. *Guidelines for military field surgery*. Moscow: GVMU MO RF Publishing House; 2020. P. 30–52. (In Russ.)

Использование неодимового эндоскопического экс-трактора показывает высокую эффективность при видеоторакоскопических удалениях инородных тел, сокращает длительность операции и лучевой нагрузки.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Финансирование данной работы не проводилось.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическая экспертиза. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» (протокол № 271 от 22.11.2022 г.).

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Благодарности. Выражаем благодарность всему коллективу кафедры госпитальной хирургии ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова», участвовавшему в выполнении данного исследования, и отдельно сотрудникам рентгенологического кабинета и операционного отделения.

9. Елин Н.Е., Шведюк В.В. Экспериментальное обоснование инструментов на основе неодимового магнита для извлечения инородных тел из ран. В сб.: Материалы итоговой конференции ВНОКС ВМедА им. С.М. Кирова. Санкт-Петербург, 2023 г. СПб.: ВМедА, 2023. С. 183–189.
10. Шведюк В.В., Елин Н.Е., Бойцова Ю.А. Магнитно-пальцевая диагностика и экстракция инородных тел. В сб.: Усовершенствование способов и аппаратуры, применяемых в учебном процессе, медико-биологических исследованиях и клинической практике / Под общ. ред. д. м. н., доц. Е.В. Ивченко. СПб.: ВМедА, 2023.
11. Спеддинг Ф.Х., Даан А.Х., сост. Редкоземельные металлы / Пер. с англ. К.В. Уколова и др.; под ред. проф. Е.М. Савицкого. М.: Металлургия, 1965. 610 с.
12. Патахов Г.М., Ахмадудинов М.Г., Ахмадудинов А.М., Халилов М.А. Инструмент для извлечения инородных ферромагнитных предметов из ран и полостей тела. Патент RU203097 U1. Махачкала: ДГМУ, 2021. 7 с.
13. Шведюк В.В., Елин Н.Е., Бойцова Ю.А. Гибкий магнитный экстрактор. В сб.: Усовершенствование способов и аппаратуры, применяемых в учебном процессе, медико-биологических исследованиях и клинической практике / Под общ. ред. д. м. н., доц. Е.В. Ивченко. СПб.: ВМедА, 2023.

3. Kryukov EV, Davydov DV, Khominets VV, et al. Staged treatment of the wounded with injuries of the musculoskeletal systems in modern armed conflict. *Military Medical Journal*. 2023;344(3):4–17. (In Russ.) DOI: 10.52424/00269050_2023_344_3_4

4. Ivchenko EV, Anisin AV, Tyurin MV, Titov RV. The experimental research of the mine-blast injuries of pelvic limb and working out treatment's principles. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2011;(4):94–96. (In Russ.)
5. Koval' AN, Tashkinov NV, Melkonyan GG, et al. Optimization of the technique for removing radiopaque foreign bodies of soft tissues. *Yakut medical journal*. 2020;(1(69)):112–115. (In Russ.)
6. Kolesnikov IS. *Removal of foreign bodies from the pleural cavity, lungs and mediastinum*. Kupriyanov PA, ed. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Medical Sciences; 1949. 252 p. (In Russ.)
7. Smirnov EI. *War and military medicine: thoughts and memories 1939–1945*. Moscow: Meditsina Publ.; 1976. 463 p. (In Russ.)
8. Ozeretskovsky LB. *Wound ballistics*. Saint Petersburg: Kalashnikov magazine Publishing House; 2006. 373 p. (In Russ.)
9. Elin NE, Shvedyuk VV. Experimental substantiation of instruments based on neodymium magnet for extracting foreign bodies from wounds. In: *Materialy itogovoy konferentsii VNOKS VMedA im. S.M. Kirova*. Saint Petersburg: VMedA Publishing House; 2023. P. 183–189. (In Russ.)
10. Shvedyuk VV, Elin NE, Boytsova YuA. Magnetic finger diagnostics and extraction of foreign bodies. In: Ivchenko EV, ed. *Improvement of methods and equipment used in the educational process, biomedical research and clinical practice*. Saint Petersburg: VMedA Publishing House; 2023. (In Russ.)
11. Spedding FH, Daan AH, comp. *The Rare Earth Elements*. Ukolov KV, et al. translated from English; prof. Savitsky EM, ed. Moscow: Metallurgiya Publ.; 1965. 610 p. (In Russ.)
12. Patakhov GM, Akhmadudinov MG, Akhmadudinov AM, Khalilov MA. *A tool for extracting foreign ferromagnetic objects from wounds and body cavities*. Patent RU203097 U1. Makhachkala: DSMU Publishing House; 2021. 7 p. (In Russ.)
13. Shvedyuk VV, Elin NE, Boytsova YuA. Flexible magnetic extractor. In: Ivchenko EV, ed. *Improvement of methods and equipment used in the educational process, biomedical research and clinical practice*. Saint Petersburg: VMedA Publishing House; 2023. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

Виктор Владимирович Шведюк, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-6488>;
eLibrary SPIN: 3645-7526; e-mail: viktorgx72@gmail.com

***Никита Евгеньевич Елин**, курсант 5-го курса 2-го факультета; адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: elinnikita28@yandex.ru

Илья Игоревич Дзидзава, докт. мед. наук, доцент;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-3053>;
eLibrary SPIN: 7336-9643; Web of Science Researcher ID: Q-1992-2016; Scopus Author ID: 8901380100;
e-mail: dzi-dzava@mail.ru

Евгений Евгеньевич Фуфаев, канд. мед. наук, доцент;
Scopus Author ID: 55342047800; eLibrary SPIN: 5758-2364;
e-mail: fufaev.jj@gmail.com

Олег Владимирович Баринов, доктор медицинских наук, доцент; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0084-8338>;
Web of Science Researcher ID: ABG-7142-2021;
Scopus Author ID: 37004230300; eLibrary SPIN: 4999-2314;
e-mail: Barinov_o@mail.ru

AUTHORS' INFO

Viktor V. Shvediuk, M.D., Ph.D. (Medicine);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1294-6488>;
eLibrary SPIN: 3645-7526; e-mail: viktorgx72@gmail.com

***Nikita E. Elin**, cadet of 5th year of the 2nd faculty;
address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; e-mail: elinnikita28@yandex.ru

Ilya I. Dzidzava, M.D., D.Sc. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-3053>;
eLibrary SPIN: 7336-9643; Web of Science Researcher ID: Q-1992-2016; Scopus Author ID: 8901380100;
e-mail: dzi-dzava@mail.ru

Evgeniy E. Fufayev, M.D., Ph.D. (Medicine), Associate Professor;
Scopus Author ID: 55342047800; eLibrary SPIN: 5758-2364;
e-mail: fufaev.jj@gmail.com

Oleg V. Barinov, M.D., D.Sc. (Medicine), Associate Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0084-8338>;
Web of Science Researcher ID: ABG-7142-2021;
Scopus Author ID: 37004230300; eLibrary SPIN: 4999-2314;
e-mail: Barinov_o@mail.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author