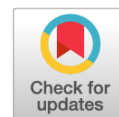


УДК 617.54-001.4-06:616.24-007.63-073.756.8

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634662>

Особенности лучевой семиотики эмфиземы экстраплеврального пространства при ранениях и травмах груди

А.А. Емельянцева, И.С. Железняк, Г.Г. Романов, Л.В. Воронков

Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. В данной статье рассматриваются особенности анатомического строения грудной стенки, и в частности экстраплеврального пространства, возможности его визуализации в лучевой диагностике, а также его роль в развитии некоторых патологических процессов при ранениях и травмах груди. Среди патологических механизмов при тяжелых сочетанных повреждениях, приводящих к жизнеугрожающим осложнениям, выделяют попадание воздуха во внутреннюю полость организма. Одним из таких осложнений является напряженный пневмоторакс. При этом согласно методическим рекомендациям Главного военно-медицинского управления при диагностировании пневмоторакса на этапе квалифицированной и специализированной медицинской помощи независимо от его вида в качестве лечебных мероприятий рекомендуется проведение дренирования плевральных полостей.

Цель исследования — оценка возможностей лучевых методов в диагностике эмфиземы экстраплеврального пространства при ранениях и травмах груди.

Материалы и методы. Основными методами лучевой диагностики пневмоторакса являются рентгенография и ультразвуковое исследование. При этом в отечественной и зарубежной литературе указываются высокие показатели специфичности этих методов, близкие к 100%.

Результаты. В нашем исследовании при системном использовании метода компьютерной томографии были выявлены особенности лучевого изображения органов груди при попадании воздуха в экстраплевральное пространство без повреждения париетальной плевры. Данные состояния на рентгенограммах визуализируются как просветление вдоль внутренней поверхности грудной стенки, при ультразвуковом исследовании — как картина «песчаного берега» с отсутствием скопления висцеральной плевры, что ошибочно оценивается как пневмоторакс. Таким пациентам пытаются дренировать плевральные полости, но из-за нарушения нормального соотношения слоев грудной стенки повышается вероятность постановки дренажа в экстраплевральное пространство. При этом в случаях неэффективной медицинской помощи при транспортировке отмечается нарастание подкожной эмфиземы.

Заключение. Таким образом, диагностика попадания воздуха в экстраплевральное пространство позволяет избежать излишних инвазивных вмешательств и дополнительных ятрогенных повреждений. В нашем исследовании были определены основные рентгенографические признаки отличия эмфиземы экстраплеврального пространства от пневмоторакса: локализация преимущественно в базальных отделах, ограниченность, сочетание с подкожной эмфиземой и пневмомедиастинумом.

Ключевые слова: анатомия грудной стенки; гемоторакс; гидроторакс; компьютерная томография; пневмомедиастинум; пневмоторакс; эмфизема.

Как цитировать

Емельянцева А.А., Железняк И.С., Романов Г.Г., Воронков Л.В. Особенности лучевой семиотики эмфиземы экстраплеврального пространства при ранениях и травмах груди // Известия Российской военно-медицинской академии. 2025. Т. 44, № 1. С. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634662>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634662>

Radiologic Features of Extrapleural Emphysema in Thoracic Injuries and Trauma

Alexander A. Emelyantsev, Igor S. Zheleznyak, Gennadiy G. Romanov, Leonid V. Voronkov

Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: This article explores the anatomical structure of the chest wall, with a particular focus on the extrapleural space, its radiologic visualization, and its role in the development of certain pathological processes following thoracic injuries and trauma. Among the pathological mechanisms involved in severe combined injuries that lead to life-threatening complications, the entry of air into internal body cavities is particularly significant. One such complication is tension pneumothorax. According to the clinical guidelines issued by the Main Military Medical Directorate, pleural drainage is recommended as a therapeutic measure at the stage of qualified or specialized medical care upon diagnosis of pneumothorax, regardless of its type.

AIM: To assess the diagnostic capabilities of imaging modalities for identifying extrapleural emphysema in chest injuries and trauma.

MATERIALS AND METHODS: The primary imaging techniques for diagnosing pneumothorax are chest radiography and ultrasound. According to both domestic and international literature, these methods demonstrate high specificity, approaching 100%.

RESULTS: In our study, systematic use of computed tomography revealed distinctive radiologic signs of air in the extrapleural space in the absence of parietal pleura damage. On radiographs, these conditions appear as a radiolucent stripe along the inner surface of the chest wall. On ultrasound, they are visualized as a “sandy beach” sign with absent visceral pleural sliding, which is often mistakenly interpreted as pneumothorax. In such cases, attempts to drain the pleural cavity increase the likelihood of chest tube misplacement into the extrapleural space due to disrupted anatomical relationships within the chest wall layers. In cases of inadequate medical management during patient transport, subcutaneous emphysema tends to progress.

CONCLUSION: Thus, identifying air in the extrapleural space helps avoid unnecessary invasive procedures and additional iatrogenic injuries. Our study identified key radiographic features that distinguish extrapleural emphysema from pneumothorax: predominant localization in the basal regions, well-defined borders, and the presence of concurrent subcutaneous emphysema and pneumomediastinum.

Keywords: chest wall anatomy; hemothorax; hydrothorax; computed tomography; pneumomediastinum; pneumothorax; emphysema.

To cite this article

Emelyantsev AA, Zheleznyak IS, Romanov GG, Voronkov LV. Radiologic Features of Extrapleural Emphysema in Thoracic Injuries and Trauma. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2025;44(1):5–17. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar634662>

Received: 28.07.2024

Accepted: 03.11.2024

Published: 31.03.2025

АКТУАЛЬНОСТЬ

Экстраплевральное пространство (ЭПП, *spatium extrapleurale*) — анатомическая структура между внутренней поверхностью ребер и париетальной плеврой. Разделение тканей в данном пространстве применяется в торакальной хирургии в виде экстраплеврального пневмолиза при операциях по поводу некоторых далеко зашедших форм заболеваний легких и плевры [1–3]. При этом визуализация ЭПП затруднена, рентгенологическая семиотика не разработана, и особенности анатомии часто упускаются из виду при интерпретации результатов компьютерной томографии (КТ) грудной клетки. Тем не менее ЭПП является важным анатомическим пространством с диагностической и терапевтической точек зрения. Понимание структуры пространства, патологических процессов, которые в нем происходят, и семиотики КТ при его повреждении помогает выбрать правильную тактику лечения. В данной статье мы рассмотрим строение ЭПП, возможности его визуализации в норме и при некоторых патологических состояниях, а также влияние результатов лучевой диагностики на их лечение.

ЭПП называется совокупность анатомических структур, расположенных между наружной поверхностью париетальной плевры и внутригрудной поверхностью ребер и диафрагмы. Оно содержит жировую ткань, рыхлую соединительную ткань, лимфатические узлы, сосуды, внутригрудную фасцию (*fascia endothoracica*) и слой глубоких мышц груди (рис. 1). В 1974 г. группа авторов предоставила описание макроскопических характеристик и распределения жировой ткани, основного компонента ЭПП, при секционном исследовании [4]. Содержащаяся

в ЭПП жировая ткань имеет переменную толщину в среднем около 250 мкм, наиболее выражена в задних отделах и отделяет внутригрудную фасцию от париетальной плевры (*pleurae parietalis*) [5–8]. Внутригрудная фасция представляет собой слой рыхлой соединительной ткани толщиной около 250 мкм, который плотно прилегает к поверхности межпозвонковых дисков, ребер, реберных хрящей и грудины и сливается с предпозвоночной фасцией (*fascia prevertebralis*) сзади, образуя фиброэластичный слой, который обособляет анатомическую структуру, называемую грудной полостью (*cavum thoracis*) [5, 6].

Мышечный слой, отграничивающий ЭПП, представлен следующими группами мышц. В передних отделах — поперечная мышца груди (*musculus transversus thoracis*), которая берет начало с обеих сторон от нижней трети задней поверхности тела грудины, от задней поверхности мечевидного отростка и от грудинных концов реберных хрящей нижних трех или четырех истинных ребер, волокна расходятся вверх и латерально, прикрепляются к внутренней поверхности реберных хрящей 2–6-го ребер, самые нижние волокна этой мышцы являются продолжением волокон поперечной мышцы живота. В области межреберных промежутков — это внутренние межреберные мышцы, которые располагаются кнаружи от внутригрудной фасции и прикрепляются к внутренним краям смежных ребер. В задних отделах ЭПП отграничено подреберными мышцами (*mm. subcostales*), начало и прикрепление которых такое же, как у внутренних межреберных мышц, но пучки мышц перекидываются через одно ребро [5, 7, 8]. Сосудисто-нервный пучок, проходящий по нижней внутренней поверхности ребер, расположен вне ЭПП.

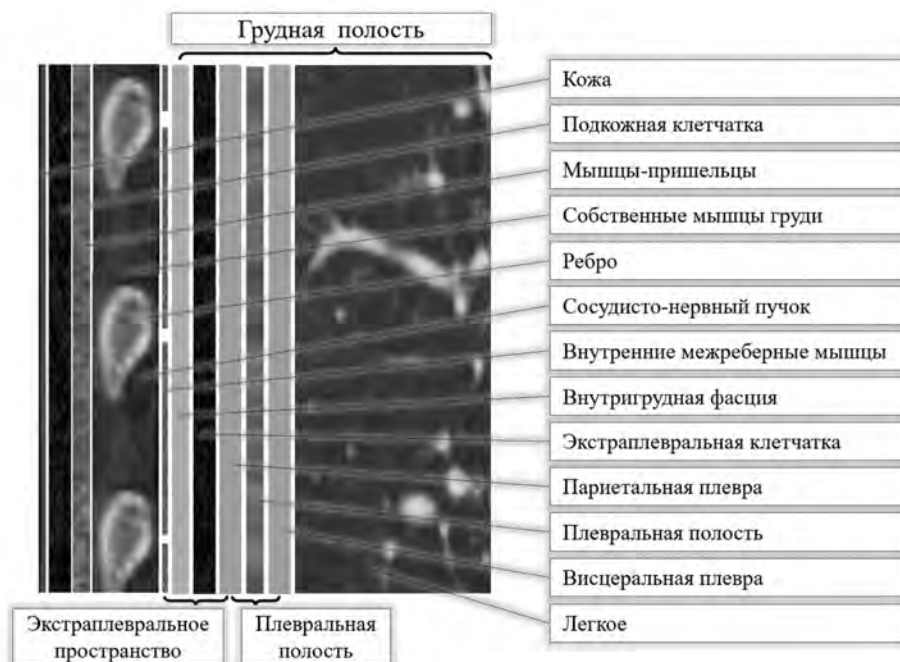


Рис. 1. Анатомия экстраплеврального пространства.

Fig. 1. Anatomy of the extrapleural space.

Знание строения слоев грудной стенки необходимо для понимания некоторых патологических процессов, в первую очередь связанных с торакальной травмой, и манипуляций по их устранению. Одним из основных жизнеугрожающих осложнений, требующих проведения неотложных манипуляций при ранениях и травмах груди, является напряженный пневмоторакс, т. е. скопление воздуха между листками париетальной и висцеральной плевры с градиентом давления в плевральную полость. Согласно требованиям Методическим рекомендациям Главного военно-медицинского управления на этапе специализированной медицинской помощи требуется дренирование пневмоторакса, как напряженного, так и ненапряженного, для предотвращения развития осложнений при эвакуации на дальнейшие этапы помощи [9, 10].

Учитывая минимальное количество жировой клетчатки в ЭПП и плотное прилегание внутригрудной фасции и париетальной плевры, перфорация грудной стенки при проникающем характере травмы сопровождается одномоментным повреждением указанных слоев, что приводит к разгерметизации и попаданию воздуха в плевральную полость. Однако в ряде случаев возможны обособленное повреждение внутригрудной фасции и попадание воздуха только в ЭПП, что вызывает отслоение париетальной плевры от внутригрудной фасции [7, 8].

Основными лучевыми методами диагностики пневмоторакса являются рентгенография органов груди и ультразвуковое исследование (УЗИ). Авторами приводятся разные данные об эффективности данных методов: для рентгенодиагностики чувствительность составляет от 40 до 75% и специфичность от 85 до 100%, для ультразвуковой диагностики чувствительность от 68 до 98%, специфичность от 94 до 100% [11–14]. При этом большинство исследователей сходятся в том, что специфичность обоих методов очень высока, а наличие ложноположительных результатов авторы связывают с нарушениями методик обследования и артефактами на лучевых изображениях [14]. Однако часть ошибок в диагностике пневмоторакса связана с особенностями лучевой семиотики эмфиземы ЭПП, которая на рентгенограммах проявляется как просветление в субплевральных отделах легочных полей, а на УЗИ — как картина отсутствия скопления висцеральной плевры, что в обоих случаях имитирует пневмоторакс.

При описании хирургических методик с манипуляциями в области ЭПП некоторыми авторами используются термины «экстраплевральный пневмоторакс» и «экстраплевральный пневмолиз» для объяснения процедуры искусственной сепарации внутригрудной фасции от париетальной плевры путем нагнетания воздуха [2, 3]. Чтобы избежать пересечения терминов, в нашем исследовании для указания наличия воздуха в ЭПП при травме груди был принят термин «эмфизема экстраплеврального пространства». Данное состояние весьма скудно освещается в научных статьях, практически отсутствует в отечественных источниках и редко упоминается в зарубежной

литературе, однако значительно отличается от пневмоторакса по своим патофизиологическим механизмам и требованиям к лечению.

Важное значение данный аспект представляет при планировании некоторых хирургических пособий: в первую очередь дренирования плевральной полости на этапах медицинской эвакуации в рамках оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи [15]. В случае наличия воздуха в ЭПП конец дренажной трубки может быть установлен непосредственно в нем. При этом на рентгенограмме дренажная трубка определяется под внутренней поверхностью ребер, имитируя положение в плевральной полости.

Таким образом, эмфизема ЭПП — состояние, лучевые признаки которого схожи с пневмотораксом, но при этом не требуется проведения дренирования.

Целью исследования являлась оценка возможностей лучевых методов в диагностике эмфиземы ЭПП при ранениях и травмах груди.

Задачи исследования:

- 1) Уточнить нормальную и лучевую анатомию ЭПП.
- 2) Сравнить возможности лучевых методов в диагностике эмфиземы ЭПП.
- 3) Сформулировать рентгенографические и компьютерно-томографические признаки эмфиземы ЭПП.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено путем ретроспективной оценки результатов рентгенографии и КТ методом сплошной выборки у 659 пациентов, поступавших с ранениями и травмами груди в приемное отделение городской больницы № 1 (г. Белгород), перепрофилированной в эвакуационный госпиталь, в 2023–2024 гг. Критериями включения в исследование являлись наличие данных рентгенодиагностики и КТ-исследования органов груди, выполненных при поступлении, а также наличие рентгенограммы органов груди, выполненной на предыдущем этапе эвакуации. Критериями исключения являлись отображение на рентгенограммах выраженных артефактов, делающих невозможным интерпретацию изображения, а также наличие существенной динамики (положительной или отрицательной) между рентгенограммами груди на предыдущем и текущем этапах эвакуации.

Рентгенографические исследования выполнялись на рентгеновском передвижном аппарате АРА-5 (ООО «САНА», Россия) с использованием цифрового плоскостового детектора. Исследования проводились непосредственно после оформления пациента в рентгеновском кабинете. Рентгенограммы выполнялись в 75% случаев только в прямой задней проекции в положении лежа на спине в связи с тяжестью состояния пациентов. Остальным пациентам рентгенография выполнялась в положении стоя в прямой передней проекции, а также боковой проекции при необходимости. Рентгенограммы

Таблица 1. Характеристики протокола КТ-сканирования
Table 1. Characteristics of the CT scan protocol

Критерий	Значение
Топограмма	Прямая и боковая проекция области груди
Напряжение	120 кВ
Толщина среза	1 мм
Шаг среза	0,5 мм
Время оборота трубки	0,5 с
Шаг спирали	0,9
Сбор данных	64*0,625
Матрица	768*768
Наклон гентри	нет
Направление сканирования	Краниокаудальное
Длительность сканирования	5–7 с

органов груди предыдущих этапов эвакуации представляли собой распечатки на термопринтере диагностического качества формата А6.

Всем пострадавшим с травмой области груди была выполнена КТ в течение 6 ч после поступления. Исследование проводилось на 64-срезовом рентгеновском компьютерном томографе КТР (Электрон, Россия). Технические параметры сканирования представлены в табл. 1.

Исследование проводилось в 2 этапа: на 1-м сравнивались рентгенограммы органов груди предыдущего этапа эвакуации и рентгенограммы, выполненные при поступлении, на предмет динамики патологических изменений. На 2-м проводился сравнительный анализ рентгенограмм и результатов КТ.

Исследуемые лучевые изображения оценивались на предмет выявления на предыдущем и текущем этапах пневмоторакса, наличия эмфиземы ЭПП, подкожной и межмышечной эмфиземы, пневмомедиастинума, а также наличия и правильности установки плевральных дренажей.

Статистическая обработка клинических данных проводилась с использованием программного обеспечения MedCalc (версия 18.2.1). Для расчета чувствительности,

специфичности и точности использовалась методика четырехпольных таблиц. Оценивалась эффективность рентгенодиагностики в визуализации пневмоторакса и эмфиземы ЭПП в сравнении с КТ, а также проведен подробный анализ лучевой семиотики всех случаев ложноположительного результата диагностики пневмоторакса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Визуализация ЭПП, как и плевральной полости, при КТ затруднена, поскольку в норме толщина этих анатомических структур составляет менее 1 мм. Однако у некоторых пациентов определяется увеличенный объем экстраплевральной клетчатки, которая может локализоваться не только вдоль костальной плевры, но и в области междолевых щелей и становится доступна для визуализации. Такая картина в легочном электронном окне может имитировать скопление жидкости в плевральной полости. Для дифференциальной диагностики требуется измерить рентгеновскую плотность выявленных изменений: для жировой клетчатки она будет колебаться в пределах –100...–60НУ, а для жидкости +5...+60НУ (рис. 2).

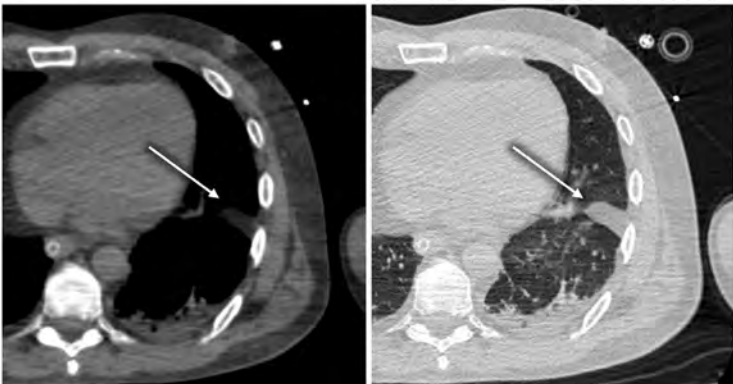


Рис. 2. КТ органов груди в аксиальной плоскости (слева — мягкотканное окно, справа — легочное окно). Пролабирование экстраплевральной клетчатки в междолевую щель (стрелки).
Fig. 2. Chest CT in the axial plane (left: soft tissue window, right: lung window). Prolapse of extrapleural fat into the interlobar fissure (arrows).

Таблица 2. Диагностическая эффективность рентгенографии в выявлении пневмоторакса при ранениях и травмах груди**Table 2.** Diagnostic efficiency of chest X-ray in detecting pneumothorax in chest injuries and trauma

Параметр	Значение	Доверительные интервалы (ДИ)
Чувствительность (Sp)	75,4%	70,2–80,1
Специфичность (Se)	97,7%	95,6–99,0
Точность (Ac)	87,4%	85,2–88,7
AUC	0,87	0,84–0,89
Положительное отношение правдоподобия	33,37	16,77–66,40
Отрицательное отношение правдоподобия	0,252	0,207–0,306

При анализе рентгенограмм было выявлено 238 пациентов с наличием пневмоторакса. Методом КТ было подтверждено 230 случаев. В 8 случаях заключение «пневмоторакс» по данным рентгенографии было ложноположительным. У 75 пациентов при отрицательных данных рентгенографии в плевральной полости отмечался воздух при КТ-исследовании (табл. 2).

Во всех 8 случаях ложноположительного заключения «пневмоторакс» была выявлена специфическая КТ-семиотика. Отмечалось скопление воздуха небольшой толщины между внутренней поверхностью каркаса грудной клетки и легкими преимущественно в средних и базальных отделах с неоднородной структурой за счет множественных разнокалиберных и полиморфных перегородок, а также включений жировой плотности (–100...–80 HU). По своим визуальным характеристикам данные изменения соответствовали эмфиземе подкожно-жировой клетчатки, но с нетипичным расположением — в проекции грудной полости. На рентгенограммах

у данных пациентов отмечалось отграниченное просветление между грудной стенкой и краем легкого (рис. 3).

Во всех случаях ложноположительная интерпретация рентгенографической картины обусловила гипердиагностику пневмоторакса и привела к процедуре постановки плеврального дренажа. У 5 пациентов дренаж определялся в плевральной полости (рис. 4), у 3 — в ЭПП (рис. 5).

У пяти пациентов отмечалось одностороннее сочетание пневмоторакса с эмфиземой ЭПП (рис. 6). Из них в трех случаях дренажная трубка располагалась в ЭПП, что привело к отсутствию дренирования плевральной полости, ухудшению состояния в динамике в виде нарастания подкожной эмфиземы (рис. 7). В 1-м случае отмечалась массивная эмфизема ЭПП с проявлениями дыхательной недостаточности (рис. 8). При проведении УЗИ-сканирования выявлялась картина, характерная для пневмоторакса: отсутствие визуализации скопления плевры (рис. 9).

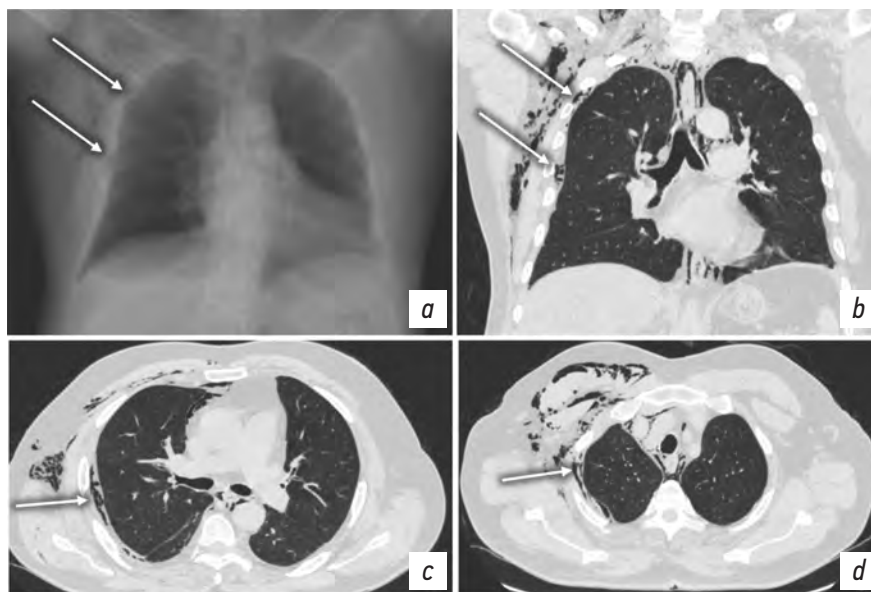


Рис. 3. Пациент М. *a* — рентгенограмма органов груди в прямой проекции. КТ органов груди: *b* — фронтальная плоскость; *c*, *d* — аксиальная плоскость на разных уровнях. Пневмомедиастинум. Эмфизема ЭПП справа (стрелки).

Fig. 3. Patient M. *a*, chest X-ray in the anteroposterior view. Chest CT: *b*, coronal plane; *c*, *d*, axial plane at different levels. Pneumomediastinum. Extrapleural emphysema on the right (arrows).

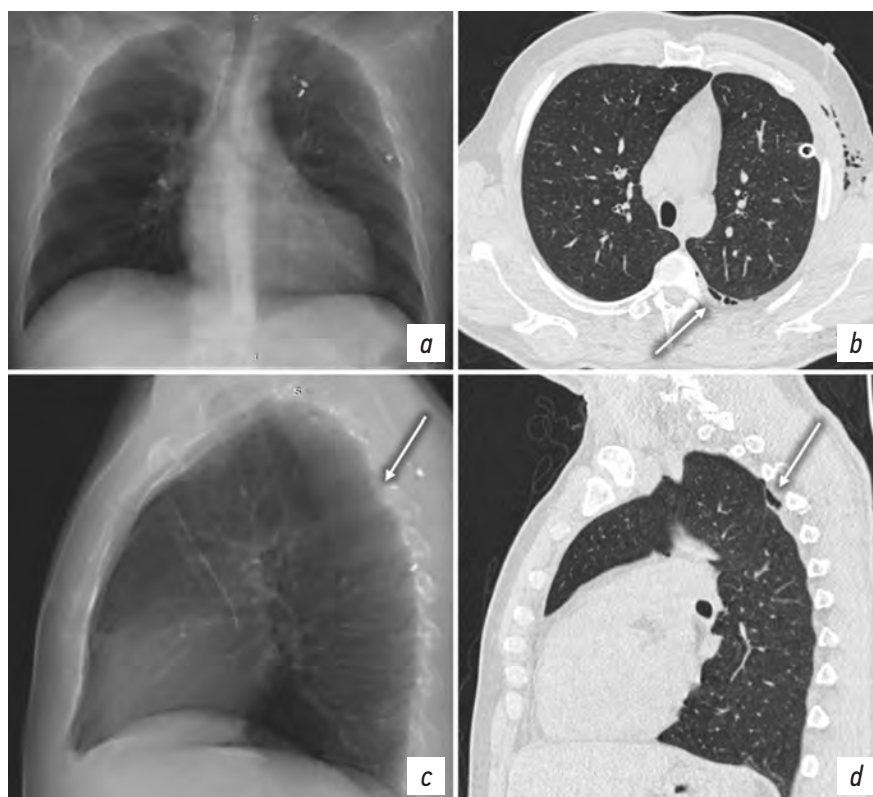


Рис. 4. Пациент М. *a, c* — рентгенограмма органов груди в прямой и левой боковой проекциях. КТ органов груди: *b* — аксиальная плоскость; *d* — сагиттальная плоскость, правый гемиторакс. Минимальная эмфизема ЭПП слева (стрелки). Дренажная трубка в левой плевральной полости.

Fig. 4. Patient M. *a, c*, chest X-ray in anteroposterior and left lateral views. Chest CT: *b*, axial plane; *d*, sagittal plane, right hemithorax. Minimal extrapleural emphysema on the left (arrows). Drainage tube in the left pleural cavity.

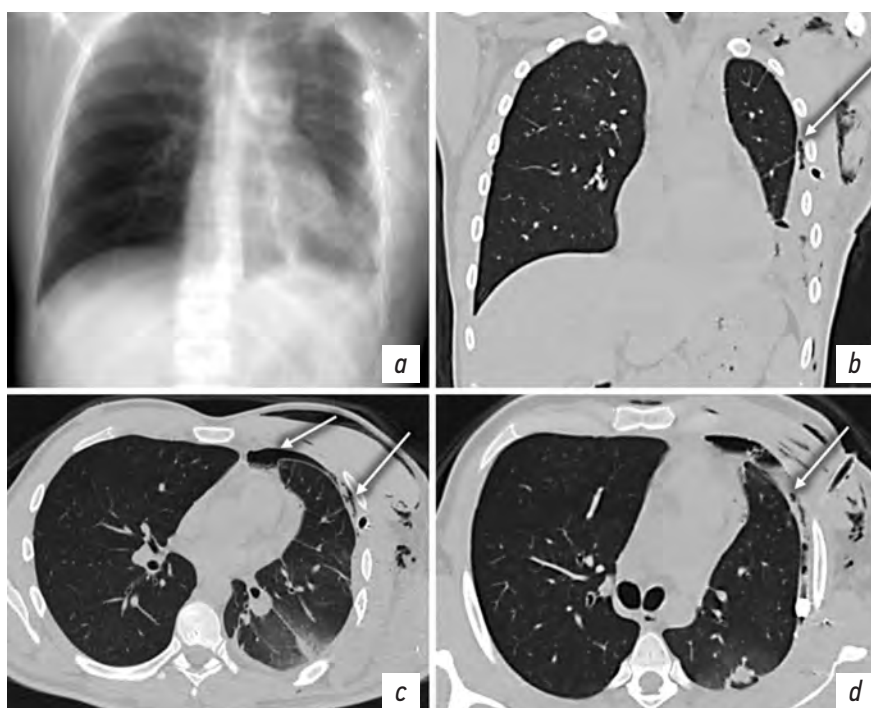


Рис. 5. Пациент М. *a* — рентгенограмма органов груди в прямой проекции. КТ органов груди: *b* — фронтальная плоскость; *c* — аксиальная плоскость; *d* — косая плоскость через дренажную трубку. Эмфизема ЭПП слева (стрелки). Дренажная трубка в левом ЭПП.

Fig. 5. Patient M. *a*, chest X-ray in the anteroposterior view. Chest CT: *b*, coronal plane; *c*, axial plane; *d*, oblique plane through the drainage tube. Extrapleural emphysema on the left side (arrows). Drainage tube in the left extrapleural space.

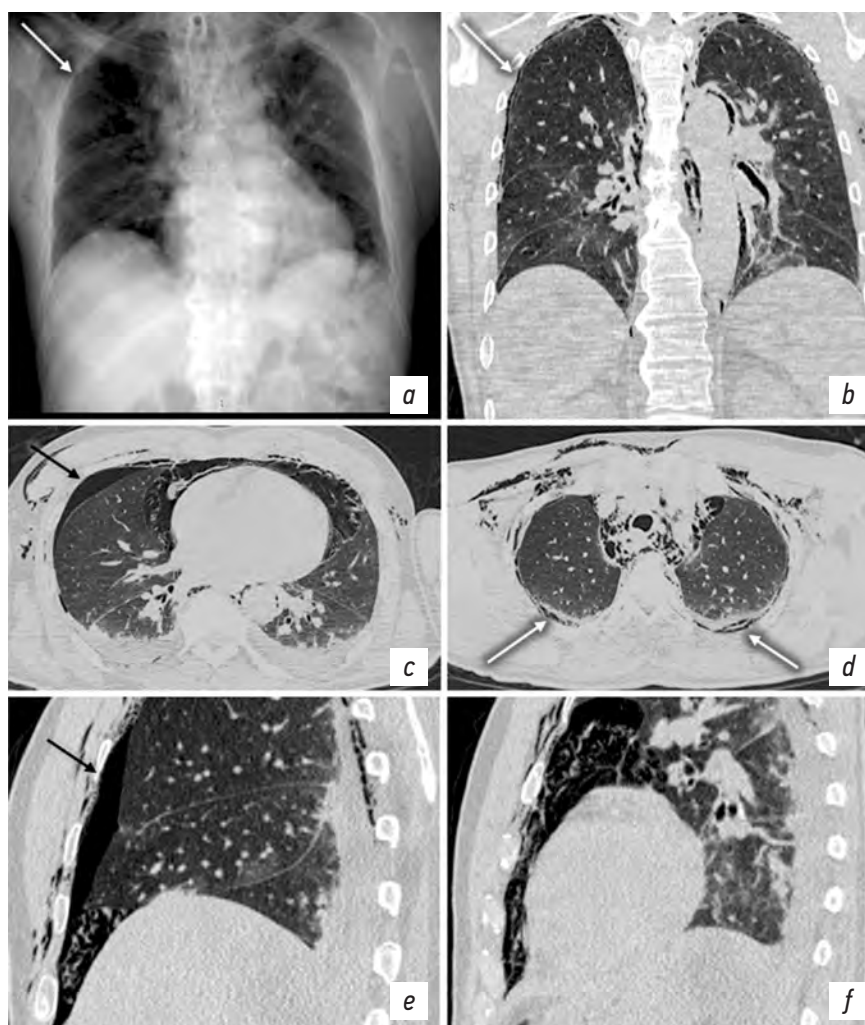


Рис. 6. Пациент М. *a* — рентгенограмма органов груди в прямой проекции. КТ органов груди: *b* — фронтальная плоскость; *c, d* — аксиальная плоскость на разных уровнях; *e* — сагиттальная плоскость через правый гемиторакс; *f* — сагиттальная плоскость через левый гемиторакс. Правосторонний пневмоторакс (черные стрелки). Пневмомедиастинум. Эмфизема ЭПП с обеих сторон (белые стрелки).

Fig. 6. Patient M. *a*, chest X-ray in the anteroposterior view. Chest CT: *b*, coronal plane; *c, d*, axial plane at different levels; *e*, sagittal plane through the right hemithorax; *f*, sagittal plane through the left hemithorax. Right-sided pneumothorax (black arrows). Pneumomediastinum. Bilateral extrapleural emphysema (white arrows).

Несмотря на неспецифическую рентгеносемиотику, после анализа всех случаев эмфиземы ЭПП нами были сформулированы некоторые косвенные рентгенографические признаки, выявление которых позволяет заподозрить данное состояние на рентгенограммах (табл. 3):

- эмфизема ЭПП располагается преимущественно в области повреждения грудной стенки и чаще выявляется в базальных и средних отделах, в то время как для пневмоторакса характерна визуализация в области вершечек легких независимо от локализации повреждения;
- для эмфиземы ЭПП в большинстве случаев характерна отграниченность, т. е. небольшая протяженность с тенденцией к утончению с обеих краев. Эмфизема ЭПП схожа по форме с осумкованным гидротораксом, но в отличие от последнего визуализируется в виде просветления, так как субстратом является воздух;
- в большинстве случаев эмфизема ЭПП сопровождается подкожной и межмышечной эмфиземой и/или пневмомедиастинумом.

КТ позволяет достоверно дифференцировать пневмоторакс от эмфиземы ЭПП за счет следующих признаков:

- структура эмфиземы ЭПП неоднородна за счет множественных разнокалиберных тяжей от грудной стенки к краю легкого с формированием множественных ячеек;
- в случае диссекции ЭПП на большом протяжении край легкого в этом месте выражено утолщен, так как представляет собой соприкасающиеся друг с другом оба листка плевры;
- при массивной эмфиземе ЭПП легкое уменьшено в объеме и деформировано за счет тракции соединительнотканными тяжами между париетальной плеврой и внутригрудной фасцией.

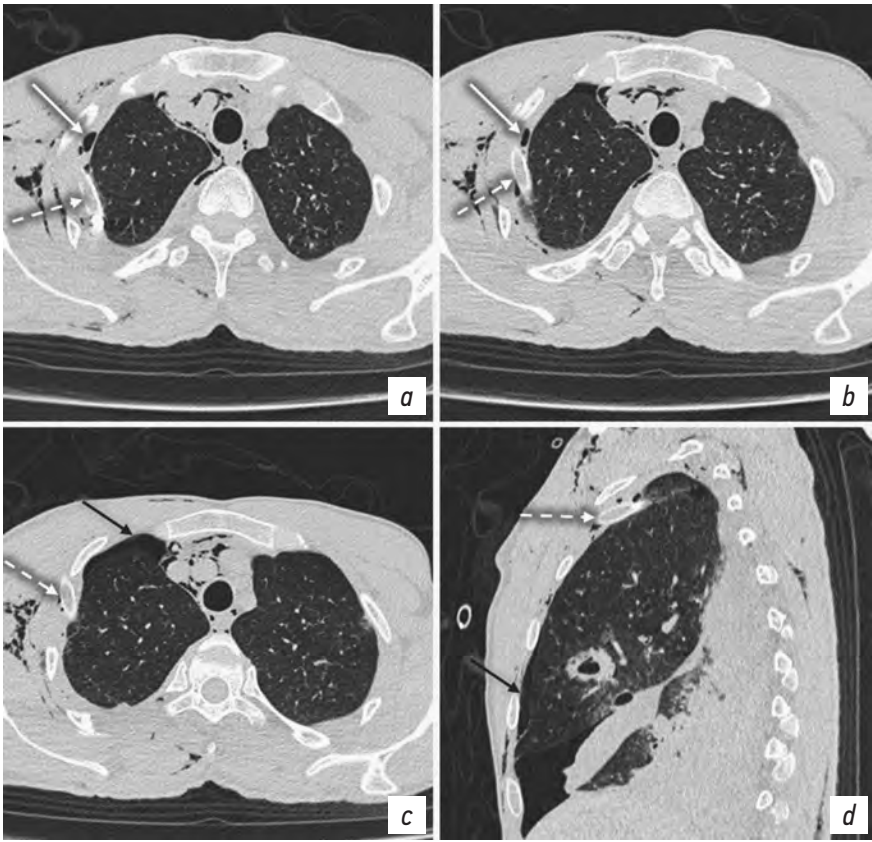


Рис. 7. Пациент Т. КТ органов груди: *a–c* — аксиальная плоскость на разных уровнях в краниокаудальном направлении; *d* — сагиттальная плоскость, правый гемиторакс. Правосторонний пневмоторакс (черные стрелки). Пневмомедиастинум. Эмфизема ЭПП справа (белые стрелки) с дренажной трубкой (пунктирные стрелки).

Fig. 7. Patient T. Chest CT: *a–c*, axial plane at different levels in the craniocaudal direction; *d*, sagittal plane through the right hemithorax. Right-sided pneumothorax (black arrows). Pneumomediastinum. Extrapleural emphysema on the right side (white arrows) with a chest drain tube (dashed arrows).

Таблица 3. Диагностические характеристики косвенных рентгенографических признаков эмфиземы ЭПП на рентгенограммах

Table 3. Diagnostic features of indirect radiographic signs of extrapleural emphysema on X-ray images

Рентгенографический признак	Число случаев	Sp / Se / Ac	95% ДИ	
			min	max
Локализация в средних и нижних отделах	6	75,0 / 78,3 / 78,2	36,2 / 76,9 / 75,5	95,5 / 79,0 / 79,5
Отграниченность с истончением к краям	6	75,0 / 82,6 / 82,4	36,3 / 81,3 / 79,7	95,5 / 83,3 / 83,7
Подкожная и межмышечная эмфизема	7	87,5 / 55,6 / 56,4	47,3 / 50 / 54,4	99,7 / 61,2 / 57
Пневмомедиастинум	4	50,0 / 59,0 / 58,0	15,7 / 53,5 / 57,3	84,3 / 64,5 / 60,4
Сочетание локализации и отграниченности	5	62,5 / 91,3 / 90,3	26,7 / 90,1 / 87,9	89,5 / 92,2 / 92,2
Сочетание всех признаков	3	37,5 / 93,4 / 92,4	8,5 / 90,5 / 91,1	75,5 / 96,1 / 94,1

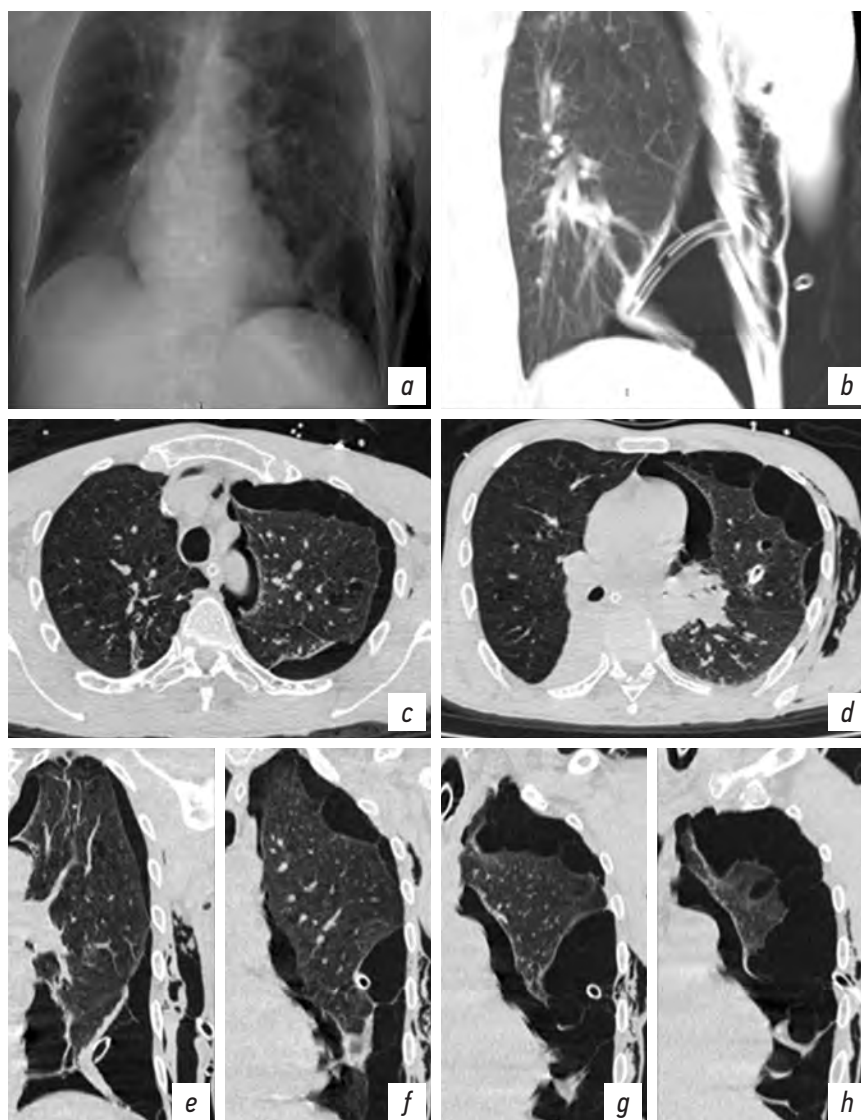


Рис. 8. Пациент У. *a* — рентгенограмма органов груди в прямой проекции. КТ органов груди: *b* — реконструкция во фронтальной плоскости с толщиной среза 5 см в режиме «Average»; *c, d* — аксиальная плоскость; *e–h* — фронтальная плоскость левый гемиторакс. Массивная эмфизема ЭПП слева. Дренаж в ЭПП слева, компримирующий легкое. Подкожная эмфизема слева.

Fig. 8. Patient U. *a*, chest X-ray, anteroposterior view; Chest CT: *b*, coronal reconstruction with 5-mm slice thickness in “Average” mode; *c, d*, axial plane; *e–h*, coronal plane through the left hemithorax. Massive extrapleural emphysema on the left side. Chest drain placed in the left extrapleural space compressing the lung. Subcutaneous emphysema left side.

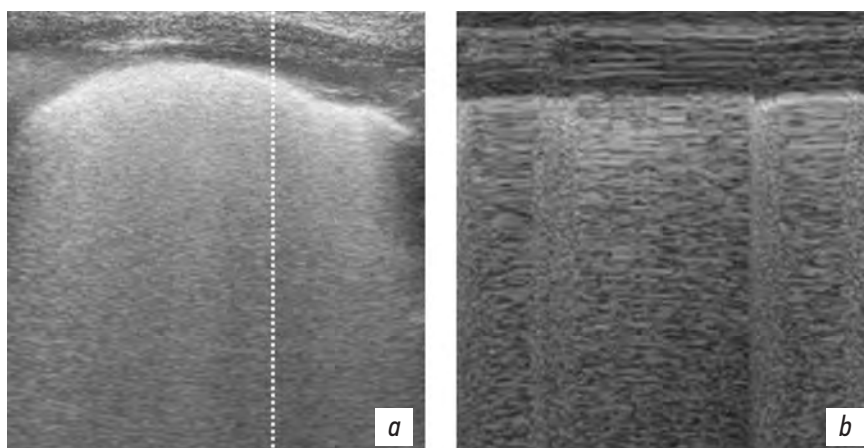


Рис. 9. Пациент А. УЗИ плевральной полости протокол «Blue»: *a* — В-режим; *b* — М-режим. Эмфизема ЭПП левого гемиторакса.

Fig. 9. Patient A. Ultrasound of the pleural cavity (BLUE protocol): *a*, B-mode; *b*, M-mode. Extrapleural emphysema in the left hemithorax.

ОБСУЖДЕНИЕ

ЭПП пронизано большим количеством фиброзных перегородок между внутригрудной фасцией и париетальной плеврой, что затрудняет попадание большого количества воздуха [7]. При эмфиземе ЭПП давление в плевральной полости остается на прежнем уровне, поэтому акт дыхания практически не нарушается и по своему патологическому механизму воздействия больше соответствует гидротораксу. В случаях массивной эмфиземы ЭПП, которая может развиваться при локализации в нем дренажа, возможно формирование дыхательной недостаточности только за счет компрессии легкого и снижения его жизненной емкости.

В литературе случаи ошибочной постановки диагноза пневмоторакса по данным, полученным методом рентгенографии, чаще объясняют нарушением методики исследования — элементами одежды, медицинским инструментарием, а также частями тела пациента (кожные складки конечностей), попавшими в поле сканирования [11, 13, 14]. При строгом соблюдении методики специфичность рентгенографии приближается к 100% [12].

В нашем исследовании все случаи синдрома обширного и отграниченного просветления, выявленного на рентгенограмме и расположенного к периферии от границы легочной ткани, трактовались как пневмоторакс и ни в одном случае — как эмфизема ЭПП в связи отсутствием патогномичных лучевых признаков, попадающих в пределы чувствительности метода. УЗИ также не позволяет дифференцировать пневмоторакс и эмфизему ЭПП, поскольку в обоих случаях воздух отражает большую часть ультразвуковых лучей с формированием характерной картины «песчаного берега» и отсутствием визуализации скопления края легкого.

Лечебные манипуляции при эмфиземе ЭПП существенно отличаются от проводимых при пневмотораксе. Если даже для минимального объема пневмоторакса рекомендована установка плеврального дренажа на этапе транспортировки между этапами эвакуации, то небольшой объем эмфиземы ЭПП не нуждается в эвакуации воздуха [9, 10]. Дренажирование плевральной полости при эмфиземе ЭПП не приносит лечебного эффекта, поскольку в первой отсутствует патологическое содержимое, а вероятность неправильной установки дренажа и нанесение дополнительных повреждений повышается.

В случаях наличия эмфиземы ЭПП при попытке установки дренажа возможны два варианта ошибок: установка дренажной трубки в плевральную полость при отсутствии пневмоторакса и установка дренажа в ЭПП. Первый вариант более благоприятен, так как последовательность действий соответствует нормальной анатомии и несет негативный эффект только в связи с проведением инвазивного вмешательства при отсутствии необходимости. При втором варианте происходит следующее: после получения доступа к межреберным мышцам тупым способом

или троакаром хирург воздействует на внутригрудную фасцию до ощущения провала. Но учитывая сепарацию фасции от париетальной плевры, дренаж ошибочно устанавливается в ЭПП, что в дальнейшем может привести к массивной эмфиземе ЭПП с проявлениями дыхательной недостаточности [7, 8]. В ряде случаев установка дренажа в ЭПП выявляется за счет отсутствия эвакуации воздуха. Процедура признается неудачной и проводится повторно, а иногда и многократно, приводя к дополнительным повреждениям грудной стенки, а иногда и легкого.

При этом отчетливо проявляется важность проблемы лучевой диагностики эмфиземы ЭПП. Отдельные рентгенодиагностические признаки или их комбинации обладают низкими параметрами чувствительности и специфичности. Однако на этапах эвакуации при наличии только аппаратов рентгенодиагностики требуется учитывать их локализацию для предотвращения многократных попыток постановки плевральных дренажей. При возможности проведения КТ косвенные признаки эмфиземы ЭПП являются показанием для проведения томографического исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эмфизема экстраплеврального пространства при ранениях и травмах груди — состояние достаточно редкое. Однако при массовом поступлении пациентов особенностями диагностики и лечебных мероприятий данного состояния нельзя пренебрегать, в первую очередь чтобы не допустить случаев ятрогенных повреждений.

ЭПП представляет собой анатомический слой грудной стенки, который в норме не визуализируется лучевыми методами диагностики. При ранениях и травмах груди возможно попадание воздуха в пространство, что проявляется неспецифической рентгенографической картиной в виде периферического просветления, что может быть ошибочно трактовано как пневмоторакс.

Диагностических возможностей метода рентгенодиагностики недостаточно для достоверной верификации эмфиземы ЭПП. При выявлении ее косвенных рентгенографических признаков, таких как локализация в средних и нижних отделах, отграниченность с истончением по краям, а также наличие подкожной эмфиземы и пневмомедиастинума, требуется проведение КТ.

КТ позволяет диагностировать эмфизему ЭПП с высокой эффективностью за счет выявления в скоплении воздуха множественных тяжей и перемычек, визуализации обоих слоев плевры, а в случаях массивной эмфиземы — деформации легкого соединительнотканью тяжами между париетальной плеврой и внутригрудной фасцией.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

Вклад каждого автора. А.А. Емельянцева — концепция и дизайн исследования, анализ полученных данных, диагностические исследования, написание текста, обзор литературы; И.С. Железняк — рецензирование статьи и данных; Г.Г. Романов — написание текста; Л.В. Воронков — анализ полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Этическая экспертиза. Не требуется в связи с ретроспективным характером исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Sugarbaker DJ, Jaklitsch MT, Bueno R, et al. Prevention, early detection, and management of complications after 328 consecutive extrapleural pneumonectomies. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2004;128(1):138–146. doi: 10.1016/j.jtcvs.2004.02.021
2. Bychkov MB, Bolshakova SA, Bychkov YuM. Pleural mesothelioma: modern treatment tactics. *Modern oncology*. 2005;7(3):142–144. EDN: SYSNOR
3. Borovitsky VS. Modern methods of treatment of chronic destructive forms of tuberculosis using the example of fibrocavernous tuberculosis. *Pulmonology*. 2014;(1):102–108. EDN: SAHXDD
4. Vummidi DR, Chung JH, Stern E. Extrapleural fat sign. *J Thorac Imaging*. 2012;27(5): w101. doi: 10.1097/RTI.0b013e31825fdfde
5. Hammerman AM, Susman N, Strzembosz A, et al. The extrapleural fat sign: CT characteristics. *J Comput Assist Tomogr*. 1990;14(3):345–347. doi: 10.1097/00004728-199005000-00004
6. Im JG, Webb WR, Rosen A, et al. Costal pleura: appearances at high-resolution CT. *Radiology*. 1989;171(1):125–131. doi: 10.1148/radiology.171.1.2928515
7. Santamarina MG, Beddings I, Lermenda-Holmgren GV, et al. Multidetector CT for evaluation of the extrapleural space. *RadioGraphics*. 2017;37(5):1352–1370. doi: 10.1136/emermed-2012-201258
8. Sakai M, Hiyama T, Kuno H, et al. Thoracic abnormal air collections in patients in the intensive care unit: radiograph findings correlated with CT. *Insights Imaging*. 2020;11(1):35. doi: 10.1186/s13244-020-0838-z
9. Belskikh AN, Samokhvalov IM, Grebenyuk AN, et al. Instructions for military field surgery. 8th ed. Moscow: Main Military Medical De-

ADDITIONAL INFO

Authors' contribution. All authors made a significant contribution to the study and preparation of the article, read and approved the final version before publication. Personal contribution of each author: A.A. Emelyantsev, concept and design of the study, analysis of the obtained data, diagnostic studies, writing the text, literature review; I.S. Zheleznyak, reviewing the article and data; G.G. Romanov, writing the text; L.V. Voronkov, analysis of the obtained data.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Ethical review. Not required due to the retrospective nature of the study.

partment Ministry of Defense of the Russian Federation; 2013. P. 474. EDN: WFZYTA

10. Trishkin DV, Kryukov EV, Chuprina AP, et al. Methodological recommendations for the treatment of combat surgical trauma. Saint Petersburg: S.M. Kirov Military Medical Academy; 2022. P. 373. EDN: MHOUOD

11. Voskresensky OV, Beresneva EA, Sharifullin FA, et al. Preoperative X-ray examination in the choice of treatment tactics for chest wounds. *Surgery. Journal named after N.I. Pirogov*. 2011(9):15–21. EDN: PIOKPH

12. Blaivas M, Lyon M, Duggal S. A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med*. 2005;12(9):844–849. doi: 10.1197/j.aem.2005.05.005

13. Dorovskikh GN. Comparative analysis of the sensitivity and specificity of various methods of radiation diagnostics for polytrauma. *Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2014;98(4):24–28. EDN: TIGETN

14. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, et al. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care*. 2013;17(5):208. doi: 10.1186/cc13016

15. Samokhvalov IM, Kryukov EV, Markevich VYu, et al. Ten surgical lessons of the initial stage of a military operation. *Military Medical Journal*. 2023;344(4):4–10. EDN: DSYIAP doi: 10.52424/00269050_2023_344_4_4

ОБ АВТОРАХ

***Александр Александрович Емельянецв**, канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0001-5723-7058; eLibrary SPIN: 6895-7818

Игорь Сергеевич Железняк, докт. мед. наук, профессор, начальник кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; ORCID: 0000-0001-7383-512X, eLibrary SPIN: 1450-5053

AUTHORS' INFO

***Alexander A. Emelyantsev**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Senior Lecturer of the Radiology Department; address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; ORCID: 0000-0001-5723-7058; eLibrary SPIN: 6895-7818

Igor S. Zheleznyak, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, the Head of the Radiology Department of the Military Medical Academy; ORCID: 0000-0001-7383-512X, eLibrary SPIN: 1450-5053

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

ОБ АВТОРАХ

Геннадий Геннадьевич Романов, канд. мед. наук, доцент кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; ORCID: 0000-0001-5987-8158; eLibrary SPIN: 9298-4494

Леонид Васильевич Воронков, канд. мед. наук, старший преподаватель кафедры рентгенологии и радиологии с курсом ультразвуковой диагностики; ORCID: 0000-0002-0780-0735; eLibrary SPIN: 5709-5316

AUTHORS' INFO

Gennadiy G. Romanov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor of the Radiology Department of the Military Medical Academy; ORCID: 0000-0001-5987-8158; eLibrary SPIN: 9298-4494

Leonid V. Voronkov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Senior Lecturer of the Radiology Department of the Military Medical Academy; ORCID: 0000-0002-0780-0735; eLibrary SPIN: 5709-5316