

УДК 616.24-002

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-107-115>

© Чуяшенко Е.В., Завадовская В.Д., Агеева Т.С., Зоркальцев М.А., Федорова Е.И., Букреева Е.Б., Жогина Т.В., 2020 г.

ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ИНФИЛЬТРАЦИИ ЛЕГКИХ

Е. В. Чуяшенко, В. Д. Завадовская, Т. С. Агеева, М. А. Зоркальцев, Е. И. Федорова, Е. Б. Букреева,
Т. В. Жогина

Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия

Цель: оценка информативности ультразвукового исследования в диагностике воспалительной инфильтрации легких.

Материалы и методы. Обследованы 106 пациентов с внебольничной пневмонией. Проведен комплекс лучевых методов диагностики. Динамика процесса оценивалась с помощью стандартной рентгенографии и ультразвукового исследования легких.

Результаты. Систематизирована ультразвуковая картина плевропневмонии и бронхопневмонии. Ультразвуковой метод продемонстрировал высокую чувствительность и специфичность, в ряде случаев показав более высокую информативность в сравнении с рентгенографией.

Заключение. Предложены сроки ультразвукового мониторингирования динамики воспалительного процесса в легких.

Ключевые слова: рентгенография, компьютерная томография, ультразвуковое исследование, пневмония, консолидация, артефакты, А-линии, В-линии

Контакт: Чуяшенко Елена Васильевна, chuyashenko.lena@mail.ru

© Chuyashenko E.V., Zavadovskaya V.D., Ageeva T.S., Zorkaltsev M.A., Fedorova E.I., Bukreeva E.B., Zhogina T.V., 2020

THE POSSIBILITIES OF ULTRASOUND DIAGNOSTICS IN THE DIAGNOSIS OF INFLAMMATORY PULMONARY INFILTRATION

Elena V. Chuyashenko, Vera D. Zavadovskaya, Tatiana S. Ageeva, Maxim A. Zorkaltsev, Ekaterina I. Fedorova,
Ekaterina B. Bukreeva, Tatiana V. Zhogina
Siberian State Medical University, Tomsk, Russia

The purpose: to estimate the efficiency of ultrasound examination for diagnostics of lung inflammatory infiltration.

Methods and materials: 106 patients with community-acquired pneumonia were examined. The complex of radiological examinations was performed. The dynamics of the inflammatory infiltrate was evaluated by standard X-ray examination and lungs ultrasound study.

Results. The ultrasound pattern of pleuropneumonia and bronchopneumonia is systemized. The ultrasound examination demonstrated high sensitivity and specificity, in some cases prevailing the X-ray.

Conclusion. The periods of ultrasound monitoring of the dynamics of the inflammatory process in the lungs are proposed.

Key words: X-ray, computed tomography, ultrasound examination, pneumonia, consolidation, artifacts, A-Line, B-Line

Contact: Chuyashenko Elena Vasilievna, chuyashenko.lena@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чуяшенко Е.В., Завадовская В.Д., Агеева Т.С., Зоркальцев М.А., Федорова Е.И., Букреева Е.Б., Жогина Т.В. Возможности ультразвукового исследования в диагностике воспалительной инфильтрации легких // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 11, № 2. С. 107–115, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-107-115>.

Conflict of interests: the author stated that there is no potential conflict of interests.

Financial disclosure: no author has financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Chuyashenko E.V., Zavadovskaya V.D., Ageeva T.S., Zorkaltsev M.A., Fedorova E.I., Bukreeva E.B., Zhogina T.V. The possibilities of ultrasound diagnostics in the diagnosis of inflammatory pulmonary infiltration // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2020. Vol. 11, No. 2. P. 107–115, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-2-107-115>.

Введение. Диагностика пневмонии основана на оценке клинической картины и результатов рентгенографии органов грудной клетки [1–3]. В сложных диагностических случаях, таких как уточнение наличия и протяженности деструкции, дифференциальная диагностика с опухолями и неопухолевыми заболеваниями, используется компьютерная томография (КТ), которая включена в перечень лучевых

модальностей диагностического алгоритма при легочной патологии. Однако в ряде случаев выполнение КТ проблематично, особенно у пациентов, находящихся в палате интенсивной терапии. Кроме того, ввиду высокой лучевой нагрузки встает вопрос об ограничении использования данного метода в рамках проведения частых контрольных исследований [2, 4, 5]. Таким образом, общепринятые стан-

дарты диагностического алгоритма при пневмонии требуют включения современных методов диагностики и мониторингирования пневмонии, не сопровождающихся лучевой нагрузкой [6, 7]. В качестве альтернативы рентгенологическим исследованиям рассматривается ультразвуковое исследование (УЗИ) легких [8–10]. Существуют многочисленные публикации, описывающие использование УЗИ в диагностике различных заболеваний легких, таких как пневмоторакс, отек легких, пневмония, периферические объемные образования, заболевания плевры [1, 9, 11–13]. Так, D. Lichtenstein разработал протокол BLUE (ургентная сонография легких при острой респираторной недостаточности), раскрывающий отдельные аспекты УЗИ в лучевой диагностике и необходимость его использования в диагностическом алгоритме, еще в 2005 году [2].

Одними из важнейших преимуществ УЗИ по сравнению с рентгенографией являются отсутствие лучевой нагрузки, оценка инфильтрата в режиме реального времени, возможность многократного мониторингирования динамики пневмонии, минимальные затраты для проведения исследования [1, 4, 12, 14]. Показав высокую чувствительность в диагностике различных легочных патологий, включая пневмонию, ультразвук тем не менее имеет свои ограничения — показатели чувствительности значительно снижаются при недостаточной протяженности поражения легочной ткани, локализации пневмонии в труднодоступных для ультразвуковой волны зонах (надключичная ямка, подлопаточная зона и ретрокардиальная зона), сложности визуализации легочной ткани у пациентов с ожирением, невозможности визуализации центральных отделов легких [2, 12, 14].

В настоящее время с учетом преимуществ как, так и ограничений УЗИ широко используется в исследовании легких согласно зарубежным источникам, однако полностью не раскрыты возможности УЗИ легких в зависимости от морфологической формы воспаления, от локализации процесса, ограничены данные о сопоставлении диагностических возможностей ультразвукового и рентгенологического методов в исследовании легких. Недостаточно данных о возможности мониторингирования воспалительной инфильтрации у взрослого контингента пациентов [8, 10, 15]. И поэтому данный метод диагностики требует более детального изучения [16, 17].

Цель: оценка информативности ультразвукового исследования в диагностике воспалительной инфильтрации легких по сравнению с рентгенографией органов грудной клетки, а также оценка возможностей УЗИ в мониторингировании динамики течения пневмонии.

Материал и методы. В период с апреля 2016 по январь 2019 г. нами были обследованы 106 человек: мужчин — 51 (48,1%), женщин — 55 (51,9%), средний возраст $51,8 \pm 10,2$ года. Пациенты, у кото-

рых на амбулаторном этапе подозревалась пневмония, в порядке скорой помощи доставлялись в дежурный терапевтический стационар клиник СибГМУ для исключения/подтверждения воспалительной инфильтрации. Длительность заболевания и жалобы обследованной группы пациентов фиксировались при сборе анамнеза. Пациенты предъявляли жалобы на повышение температуры в течение нескольких дней, кашель с затруднением отхождения мокроты, слабость, отдельные больные отмечали кровохарканье. Часть пациентов обращались в поликлинику по месту жительства, где получали соответствующее лечение, которое не принесло облегчения. В условиях стационара всем госпитализированным больным, которые были включены в исследование, выполнялись рентгенография органов грудной клетки, ультразвуковое исследование легких и в качестве «золотого стандарта» — компьютерная томография органов грудной клетки.

Критериями включения в группу обследуемых являлись: подозрение на пневмонию по результатам рентгенологического исследования, отсутствие в анамнезе других патологических состояний органов дыхания (ХОБЛ, рак легкого, нарушения гемодинамики малого круга кровообращения), наличие информированного согласия.

Из исследования исключались пациенты с ХОБЛ, установленным диагнозом рака легкого, с сердечной недостаточностью, а также при отсутствии информированного согласия.

Рентгенография на рентгенодиагностической установке Villa Sistemi Medicali Apollo DRF выполнялась в прямой задней и боковой проекциях при возможности больного находиться в вертикальном положении, тогда как в прямой передней проекции — в положении лежа на спине. Контрольное рентгенологическое исследование для оценки динамики воспалительной инфильтрации осуществлялось на 7-е сутки пребывания пациента в стационаре и на 14-е сутки непосредственно перед выпиской. При рентгенологическом исследовании подтверждалась или исключалась пневмония, устанавливался морфологический тип пневмонии, а также оценивалась протяженность затемнения в зависимости от локализации по сегментам, наличие осложнений в виде деструкции, плеврального выпота.

Ультразвуковое исследование легких осуществлялось на ультразвуковом аппарате Toshiba Aplio-MX, с использованием конвексного датчика с частотой 5 МГц.

Каждая половина грудной клетки была разделена на 5 областей: 2 передних, 2 боковых и 1 задняя. Передняя часть — область от парастернальной (А) до передней подмышечной линии (Б), боковая — область между передней (Б) и задней подмышечной линией (В), задняя часть — область от задней подмышечной линии (В) до паравертебральной линии (Г) (рис. 1). Датчик располагался перпендикулярно,

под наклоном и параллельно ребру по передней, боковой и задней поверхностям грудной клетки. Пациенты находились в положении лежа на спине во время сканирования передней поверхности грудной клетки.

УЗИ воспалительная инфильтрация выявлена у 71 (67%) больных.

Ультразвуковая семиотика воспалительной инфильтрации легких. В норме при УЗИ



Рис. 1. Точки доступа УЗ-сканирования: А — парастеральная линия; Б — передняя аксиллярная; В — задняя аксиллярная; Г — паравертебральная

Fig. 1. Access points for ultrasound scan: А — parasternal line; Б — front axillary line; В — posterior axillary line; Г — paravertebral line

При сканировании боковой и задней поверхности пациенты находились в положении сидя спиной или боком к исследователю. При УЗИ оценивались локализация процесса (проводилось соответствие легочным сегментам), протяженность участка инфильтрации, а также количество В-линий и «воздушных бронхограмм» на единицу площади.

Пациенты, у которых при первичном УЗИ была выявлена воспалительная инфильтрация, наблюдались трехкратно в динамике в течение всей госпитализации: на 3-й день госпитализации, на 7-й день и непосредственно перед выпиской из стационара — на 10–14-й день госпитализации. Данные контрольные сроки УЗИ позволяли оценить динамику воспалительной инфильтрации в более ранние сроки, выходящие за пределы мониторингирования динамики пневмонии с помощью рутинной рентгенографии.

Компьютерная томография легких на аппарате GE OPTIMA CT660 осуществлялась однократно в первый день госпитализации как обязательное исследование.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 10.0. Описание качественных показателей проведено с указанием абсолютных и относительных частот, n (%). Сравнение качественных независимых показателей производилось с использованием χ^2 Пирсона, для зависимых — критерия Мак-Нимара. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Среди 106 обследованных по данным рентгенографии пневмония диагностирована у 92 (86,8%) пациентов. С помощью

легких визуализируются следующие структуры: гипоехогенный слой подкожной жировой клетчатки, ребра, которые из-за плотной костной структуры отражают ультразвуковые волны и создают акустические тени. Сразу под ребрами визуализируется «плевральная линия», которая является границей между мягкими тканями грудной стенки и легким (представлена париетальной и висцеральной плеврой). «Плевральная линия» движется синхронно с дыханием, и эти движения получили название «скольжение легких». Наряду с плевральной линией обычно наблюдается несколько гиперэхогенных горизонтальных линий на равных промежутках от плевральной линии и друг от друга, которые являются результатом реверберации. Их называют А-линии. В совокупности со «скольжением легких» эти реверберационные артефакты представляют собой картину нормального или избыточного содержания воздуха в альвеолах (рис. 2).

При уменьшении воздушности легочной паренхимы вследствие накопления жидкостного субстрата в альвеолах разница в акустическом импедансе между измененной легочной паренхимой и окружающими тканями уменьшается, что позволяет ультразвуковому лучу частично проникать в легочную паренхиму в зоне междольковых перегородок с формированием реверберационных ультразвуковых вертикально направленных сигналов, которые получили название В-линий. Множественные В-линии являются ультразвуковым признаком уплотнения легких, и их количество увеличивается по мере уменьшения аэрации легких и увеличения

плотности легочной паренхимы. Уменьшение аэрации легких приводит к консолидации (уплотнению) легочной ткани, что дает возможность визуализации собственно легочной паренхимы.

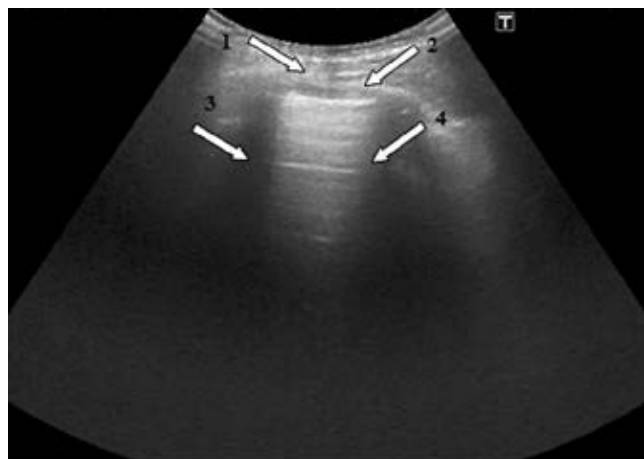


Рис. 2. Ультразвуковое исследование легких здорового пациента: 1 — подкожная жировая клетчатка; 2 — гиперэхогенная линия плевры; 3 — акустическая тень ребра; 4 — гиперэхогенные А-линии

Fig. 2. Ultrasound examination of lungs in a healthy patient. 1 — subcutaneous adipose tissue; 2 — hyperechoic pleural line; 3 — acoustic shadow of the rib; 4 — hyperechoic A-lines

В области выявленных при УЗИ безвоздушных участков легочной ткани оценивались эхогенность, наличие феномена «воздушной бронхограммы», реверберационные артефакты — В-линии, а также наличие или отсутствие плеврального выпота.

В табл. 1 показаны УЗ-симптомы различных морфологических типов пневмонии и частота их встречаемости.

равномерным заполнением альвеол воспалительным экссудатом.

На фоне гипозоногенной структуры визуализировались воздушные просветы бронхов — «симптом воздушной бронхограммы» в качестве характерного симптома плевропневмонии. Газ в просвете бронхов выглядел как гиперэхогенные линейные включения на фоне безвоздушного гипозоногенного участка инфильтрации, что свидетельствовало о сохраненной бронхиальной проходимости.

Таким образом, в зависимости от морфологического типа пневмонии оптимальной для визуализации с помощью ультразвука была плевропневмония, что подтверждалось статистически значимыми различиями ($p < 0,001$).

В нашем исследовании с помощью УЗИ бронхопневмония выявлена у 16 (15,1%) пациентов. У данных больных прослеживались участки скопления В-линий с формированием локальной зоны по типу гипозоногенного участка инфильтрации, но с несколько более низкой эхогенностью, чем при плевропневмонии и без симптома «воздушной бронхограммы». Это объясняется особенностями распространения воспалительного экссудата в альвеолах и сочетанием альвеол, заполненных экссудатом и сохранивших пневматизацию. Симптом «хвоста кометы» наблюдался при всех морфологических типах пневмоний за счет формирования ревербераций на границе между воздушными альвеолами и содержащими интерстициальную жидкость междольковыми перегородками.

Сравнительная характеристика результатов УЗИ и рентгенологического исследования. При рентгенографии органов грудной клетки в сравнении с КТ в качестве «золотого стандарта» воспалительная

Таблица 1

Ультразвуковая семиотика в зависимости от морфологического типа пневмонии

Table 1

Ultrasound semiotics depending on the morphological type of pneumonia

Тип пневмонии	Количество пневмоний	Гипозоногенный участок	В-линии «хвост кометы»	Воздушная бронхограмма
Плевропневмония	55	55 (100%)	55 (100%)	53 (96,4%)
Бронхопневмония	16	5 (31,3%)	16 (100%)	5 (31,3%)
Сравнение плевропневмонии с бронхопневмонией	$p < 0,001$	$p = 1,000$	$p < 0,001$	

УЗ-семиотика воспалительного инфильтрата имела определенные отличия в зависимости от типа пневмонии. Так, гипозоногенный участок встречался в исследовании как при плевропневмонии (рис. 3), так и при бронхопневмонии (рис. 4). Однако при плевропневмонии гипозоногенная зона отмечалась в 100% случаев, в то время как при бронхопневмонии подобная УЗ-картина наблюдалась только в 31,3% случаев. Формирование гипозоногенного участка воспалительной инфильтрации легкого при плевропневмониях было обусловлено достаточно

инфильтрация из 106 пациентов была выявлена у 92 (86,8%), среди которых 90 результатов были отнесены к истинно положительным (ИП), а 2 — у пациентов с параканкротической пневмонией — к ложноположительным (ЛП). Среди 14 наблюдений с отрицательными данными рентгенологического исследования было получено 3 ложноотрицательных (ЛО) результата, обусловленные сложностью выявления воспалительной инфильтрации у пациентов с бронхопневмонией на ранних стадиях заболевания, а также 11 истинно отрицательным (ИО) результа-

тов. В итоге при сопоставлении результатов рентгенографии с данными КТ чувствительность рентгенографии составила 96,8%, специфичность — 84,6%, диагностическая точность — 95,3%.



Рис. 3. Эхограмма плевропневмонии с элементами «воздушной бронхограммы» (1) в гипозоногенном воспалительном инфильтрате (2)
Fig. 3. An echogram of pleuropneumonia with elements of an «air bronchogram» (1) in a hypoechoic inflammatory infiltrate (2)

Ультразвуковые признаки консолидации легочной ткани были получены у 71 (67%) пациента. Данные 69 пациентов в рамках первичного УЗИ были отнесены к категории ИП результатов, к ЛП — 2. ЛП случаи ультразвукового исследования по аналогии с рентгенологическим исследованием были получены у пациентов с неопластическими процессами. К ИО результатом было отнесено 11 пациентов. Особое внимание заслуживает анализ 24 ЛО результатов. Из

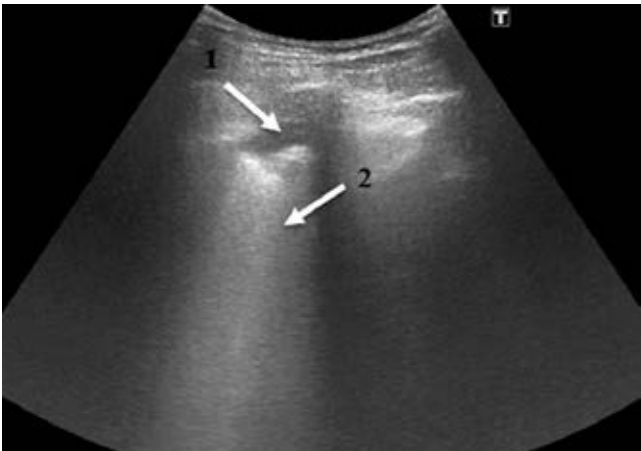


Рис. 4. Эхограмма бронхопневмонии с гипозоногенным участком инфильтрации (1) и окружающими его В-линиями (2)
Fig. 4. An echogram of bronchopneumonia with hypoechoic infiltration (1) and surrounding B-lines (2)

Полученные данные исследования показали сопоставимость специфичности УЗИ и рентгенографии в диагностике воспалительной инфильтрации легких при определенном снижении чувствительности ультразвукового метода 74,2%. На снижение показателей чувствительности УЗИ в диагностике пневмонии по сравнению с результатами рентгенографии оказало влияние низкая доступность бронхопневмоний. При сопоставлении возможностей визуализации воспалительной инфильтрации в зависимости от локализации по сегментам при ультразвуковом исследовании и рентгенографии были получены следующие данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2
Доступность визуализации сегментов легких в сравнительном аспекте УЗИ и рентгенографии

Table 2

Accessibility of visualization of lung segments in a comparative aspect of ultrasound examination and X-ray			
Сегмент	Частота выявления патологии в сегментах по данным исследований		Сравнение
	УЗИ (n=71)	рентгенография (n=90)	
S1/S2	0 (0,0%)	8 (8,6%)	p=0,012
S2/S3	4 (5,7%)	7 (7,5%)	p=0,649
S4/S5	22 (31,4%)	23 (25,8%)	p=0,432
S6	3 (4,3%)	6 (7,5%)	p=0,399
S7	1 (1,4%)	4 (4,3%)	p=0,079
S8	12 (17,1%)	13 (14,1%)	p=0,599
S9	15 (21,4%)	15 (16,1%)	p=0,387
S10	14 (20,1%)	14 (16,1%)	p=0,509

них в 4 случаях воспалительная инфильтрация была экранирована ключицей или лопаткой, что затрудняло оценку, а в 20 наблюдениях — глубоким расположением участков воспалительной инфильтрации, экранированных воздушной легочной тканью. При статистическом анализе полученных данных чувствительность УЗИ составила 74,2%, специфичность — 84,6%. диагностическая точность — 75,5%.

Из данных табл. 2 очевидно, что доступность визуализации при УЗИ воспалительного инфильтрата в S4, S5 и базальных сегментах S8, S9, S10 не уступает точности рентгенографии. Наименее доступными являются верхушечные сегменты S1–2 (p=0,012) за счет экранирования данной зоны ключицей. Возможности УЗИ в мониторингировании воспалительного инфильтрата. Среди общего количества

пациентов с воспалительной инфильтрацией легких, выявленной с помощью УЗИ ($n=71$, 67%), в динамике с помощью трех контрольных точек по данным УЗИ наблюдались 69 (65,1%) пациентов. Оценка динамики воспалительного инфильтрата с помощью рентгенографии органов грудной клетки проводилась в рамках двух контрольных точек (7-е и 14-е сутки) за весь период госпитализации. Выбор в качестве первой контрольной точки динамического наблюдения — 3 суток после назначения антибактериальной пневмонии — был обусловлен особенностями фармакокинетических свойств антибиотика (достижение локуса инфекции, проникновения в него в концентрации, достаточной для подавления возбудителя), на фоне которых лечебный эффект развивается через 2–3 суток.

В процессе динамического ультразвукового наблюдения оценивались экзогенность воспалительного инфильтрата, его локализация, протяженность, наличие симптома «воздушной бронхограммы», его распространенность и экзогенность, артефакт «хвост кометы», наличие или отсутствие осложнений в виде плеврального выпота и деструкций.

Полученные данные по результатам сопоставления динамики в зависимости от лучевого метода диагностики и контрольной точки отражены в табл. 3.

Положительная динамика по данным УЗИ заключалась в уменьшении площади гипозоногенного участка инфильтрации, соответственно этому снижалась экзогенность и распространенность «воздушной бронхограммы», а также количество В-линий.

исследований. Отрицательная динамика в 10 случаях получена по данным рентгенографии, в 9 случаях — при УЗИ, и в одном случае динамических изменений в состоянии воспалительного инфильтрата не было. При проведении третьей контрольной точки данные практически полностью совпадали.

Данные табл. 3 свидетельствуют, что УЗИ допускает возможность оценки динамики воспалительной инфильтрации уже на 3-е сутки госпитализации, что значительно опережает рентгенографию с учетом лучевой нагрузки данной модальности и утвержденных сроков в рамках принятых стандартов лучевого алгоритма пневмонии, когда первая контрольная точка предполагается только на 7-е сутки.

Клинический пример.

Пациент М. 32 лет, болен в течение недели, отмечал повышение температуры до $38,5^{\circ}\text{C}$, в начале заболевания предъявлял жалобы на боль и першение в горле, затем присоединился кашель с трудно отделяемой мокротой, а также чувство заложенности в груди. С данными жалобами в порядке скорой помощи обратился в дежурный терапевтический стационар клиник Сибирского государственного медицинского университета, где по данным рентгенографии легких выявлена правосторонняя верхнедолевая плевропневмония (S2, S3), что подтверждалось данными КТ и УЗИ (рис. 5).

Положительная динамика по данным УЗИ-картины была выявлена уже на 3-е сутки госпитализации (рис. 6), до проведения контрольного рентгенологического исследования (рис. 7, а).

Таблица 3

Результаты мониторинга воспалительного инфильтрата при УЗИ и рентгенографии

Table 3

Results of monitoring of inflammatory infiltrates with ultrasound examination and X-ray

Контрольная точка	УЗИ ($n=69$)			Рентгенография ($n=69$)		
	положительная динамика	отрицательная динамика	нет динамики	положительная динамика	отрицательная динамика	нет динамики
1-я (3-и сутки)	54 (78,3%)	13 (18,8%)	2 (2,9%)	—	—	—
2-я (7-е сутки)	59 (85,5%)	9 (13%)	1 (1,4%)	59 (85,5%)	10 (14,5%)	—
3-я (14-е сутки)	62 (89,9%)	3 (4,3%)	4 (5,8%)	62 (89,9%)	3 (4,3%)	4 (5,8%)

При отрицательной динамике отмечалось увеличение площади гипозоногенного участка инфильтрации, количества В-линий и симптома «воздушной бронхограммы» на единицу площади, а также нарастание количества плеврального выпота.

По результатам исследования первой контрольной точки (3-е сутки), когда проводилось только УЗИ, положительная динамика была выявлена у 54 (78,3%) пациентов, отрицательная динамика у 13 (18,8%) пациентов, у двух (2,9%) пациентов динамика отсутствовала.

Во время проведения второй контрольной точки (7-е сутки) выполнялись и УЗИ, и рентгенография органов грудной клетки. Положительная динамика выявлена у 59 пациентов по результатам обоих

В данном исследовании оценивались показатели ультразвукового метода в диагностике воспалительной инфильтрации легких, а также возможность мониторинга динамики процесса в сравнении с рутинной рентгенографией. Полученные показатели чувствительности (74,2%) определялись отличием данного показателя диагностической эффективности при УЗИ плевропневмонии (93,7%) и бронхопневмонии (40%).

Для обоснования возможностей УЗИ в оценке воспалительного инфильтрата была проведена сравнительная оценка показателей диагностической эффективности данной модальности и рентгенографии, результаты которой, в свою очередь, сопоставлялись с «золотым стандартом» — КТ. При этом полученные



Рис. 5. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), компьютерная томография (б) и ультразвуковое исследование легких (в) в день поступления по скорой помощи: рентгенологическая и КТ-картина плевропневмонии справа S2, S3 и УЗ-картина плевропневмонии в S3 справа с элементами «воздушной бронхограммы» (1) в гипоехогенном воспалительном инфильтрате (2)

Fig. 5. Chest x-ray, direct projection (a), computed tomography (б) and ultrasound of the lungs (в) on the day of first-aid admission: X-ray and CT image of pleuropneumonia on the right S2, S3 and ultrasound image of pleuropneumonia in S3 on the right with elements of «air bronchograms» (1) in hypoechoic inflammatory infiltrate (2)



Рис. 6. Ультразвуковое исследование легких, 1-я контрольная точка (3-е сутки госпитализации). УЗ-картина положительной динамики плевропневмонии в S3 справа. Уменьшение гипоехогенного воспалительного инфильтрата (2) с элементами «воздушной бронхограммы» (1)

Fig. 6. Ultrasound examination of the lungs at the 1st control point (3rd day of hospitalization). Ultrasound image of the positive dynamics of pleuropneumonia in S3 on the right. Reduction of hypoechoic inflammatory infiltrate (2) with elements of «air bronchogram» (1)

показатели чувствительности (96,7%) и специфичности (84,6%) рентгенографии были обусловлены трактовкой рентгенографической картины параканкротической пневмонии как проявлениями внебольничной пневмонии (2 ЛП результата) и проблемой в визуализации малой по протяженности инфильтрации при бронхопневмонии (3 ЛО результата).

Полученные нами результаты об информативности УЗИ в выявлении воспалительной инфильтрации в целом согласовывались с рядом публикаций М. Blaivas (2012), Е. Unluer (2013), D. A. Lichtenstein (2015), J. Xiaoying (2016), N. Xirouchaki (2011) [2, 5, 12, 18, 19]. Так, в исследовании D. A. Lichtenstein, N. Xirouchaki, для диагностики пневмонии использовались все модальности, включая КТ в качестве «золотого стандарта». Однако цифры диагностической эффективности ультразвукового метода (чув-

ствительность 90% и специфичность 98%) превышали полученные показатели настоящего исследования, что было связано с оценкой пациентов, находящихся в палатах интенсивной терапии по поводу тяжелого течения обширных плевропневмонических воспалительных инфильтратов, протяженность которых обеспечивала достоверную визуализацию инфильтрации при УЗИ. Кроме того, указанные авторы оценивали потенциал ультразвукового метода в общей оценке патологических изменений легких у тяжелобольных, включая легочную консолидацию, вызванную другими причинами [2, 5, 18].

Меньшую чувствительность УЗИ по сравнению с данными лучевых методов исследования выше цитируемых авторов и более приближенную к настоящим (82–74,6%) показывает исследование Р. Nazerian и G. Volpicelli (2013) [20], в котором также приводятся результаты наблюдения пациентов в палатах интенсивной терапии, с получением достаточно низкой чувствительности рентгенографии, которая объяснялась выполнением ее во время искусственной вентиляции легких пациентов. При этом специфичность обеих модальностей была выше и колебалась от 95% при УЗИ до 90% при рентгенографии.

Положительная динамика, полученная по данным УЗИ на 3-и сутки пребывания больного в стационаре, согласовывалась в дальнейшем с данными рентгенологического мониторинга и косвенно свидетельствовала о подавлении в зоне воспаления бактериальной инфекции (на фоне проводимой антибактериальной терапии) и начале разрешения пневмонической инфильтрации.

Поскольку УЗ-данные о положительной и отрицательной динамике пневмонии, с одной стороны, опережали данные, полученные в стандартные сроки контрольной рентгенографии, а с другой — подтверждались при дальнейшем клиничко-рентгенологическом наблюдении, становится обоснованной роль ультразвукового мониторинга воспалительного

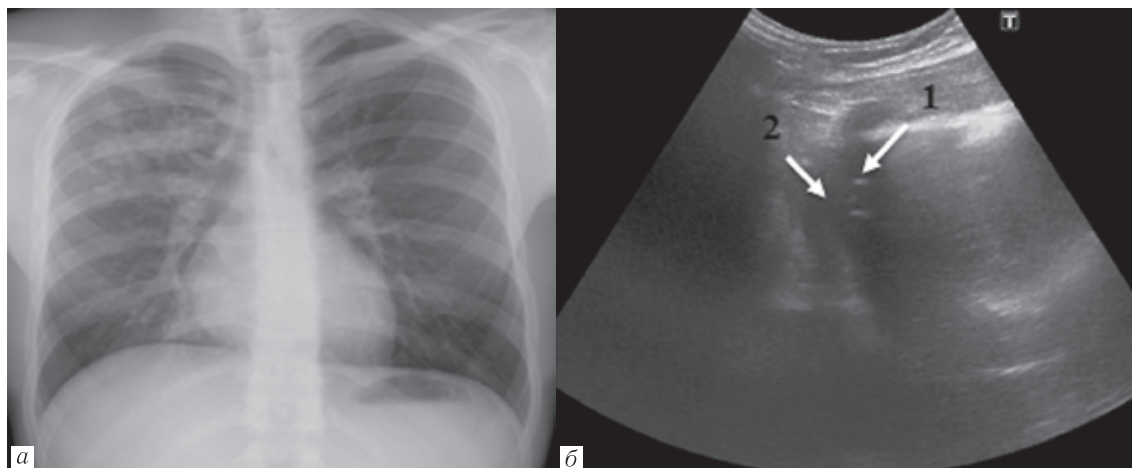


Рис. 7. Рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции, 1-я контрольная точка (7-е сутки госпитализации) (а) — положительная динамика плевропневмонии в S2, S3, и (б) — ультразвуковое исследование легких во 2-ю контрольную точку (7-е сутки госпитализации). УЗ-картина положительной динамики плевропневмонии в S3 справа. Уменьшение гипоехогенного воспалительного инфильтрата (2) с элементами «воздушной бронхограммы» (1)

Fig. 7. Chest x-ray, direct projection, 1st control point (7th day of hospitalization) (a) — positive dynamics of pleuropneumonia in S2, S3, and ultrasound of the lungs in the 2nd control point (7th day of hospitalization), (б) — Ultrasound image of the positive dynamics of pleuropneumonia in S3 on the right. Reduction of hypoechoic inflammatory infiltrate (2) with elements of an «air bronchogram» (1)

инфильтрата для оценки эффективности проводимой антибиотикотерапии в ранние сроки заболевания.

Заключение. Таким образом, неинвазивность ультразвукового исследования, отсутствие лучевой нагрузки, возможность проведения исследования

непосредственно у постели больного позволяет рассматривать данную модальность как перспективную для раннего исследования тяжелых пациентов и как альтернативный метод мониторинга динамики воспалительного инфильтрата.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

- Nazerian P., Volpicelli G., Vanni S., Gigli Ch., Betti L., Bartolucci M., Zanolletti M. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography // *American Journal of Emergency Medicine*. 2015. Vol. 33. P. 620–625.
- Lichtenstein D.A. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill // *Chest*. 2015. Vol. 147. P. 1659–1670.
- Goran R. Lung ultrasound in the diagnosis of pediatric pneumonia // *Acta Medica Academica*. 2016. Vol. 45 (1). P. 82–83.
- Alzahrani S.A., Al-Salamah M.A., Al-Madani W.H., Elbarbary M.A. Systematic review and meta-analysis for the use of ultrasound versus radiology in diagnosing of pneumonia // *Crit. Ultrasound J*. 2017. Vol. 9 (1). P. 6.
- Guyi W., Xiaoying J. Lung ultrasound: a promising tool to monitor ventilator-associated pneumonia in critically ill patients // *Crit. care*. 2016. Vol. 20. P. 13054–13016. DOI: 10.1186/s13054-016-1487-y.
- Boursiani C., Tsolia M., Koumanidou C., Malagari A., Vakaki M., Karapostolakis G., Mazioti A., Alexopoulou E. Lung Ultrasound as First-Line Examination for the Diagnosis of Community-Acquired Pneumonia in Children // *Pediatr. Emerg. Care*. 2017. Vol. 33 (1). P. 62–66.
- Yilmaz H.L., Özkaya A.K., Sarı Gökay S., ToluKendir Ö., Senol H. Point-of-care lung ultrasound in children with community acquired pneumonia // *Am. J. Emerg. Med.*. 2017. Jul. Vol. 35 (7). P. 964–969. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.01.065.
- Iorio G., Capasso M., De Luca G., Prisco S., Mancusi C., Laganà B., Comune V. Lung ultrasound in the diagnosis of pneumonia in children: proposal for a new diagnostic algorithm // *Peer J*. 2015; 10. P. 1374.
- Radzina M., Biederer J. *Ultrasound of the Lung*. Stuttgart — New York: Georg Thieme Verlag KG. 2019. 10.1055/a-0881–3179.
- Сафонов Д.В., Шахов Б.Е. *Ультразвуковая диагностика воспалительных заболеваний легких*. М.: Видар-М. 2011. 120 с. [Safonov D.V., Shakhov B.E. *Ultrasound diagnosis of inflammatory lung diseases*. Moscow: Publishing House Vidar-M, 2011. 120 c. (In Russ.)].
- Trezzi M., Torzillo D., Ceriani E., Costantino G., Caruso S., Damavandi P.T., Genderini A., Cicardi M., Montano N., Cogliati C. Lung ultrasonography for the assessment of rapidID: extravascular water variation: evidence from hemodialysis patients // *Intern. Emerg. Med*. 2013. Vol. 8. P. 409–415.
- Unluer E., Karagoz A., Senturk G., Karaman M., Olow K., Bayata S. Bedside lung ultrasonography for diagnosis of pneumonia // *Hong Kong Am. J. Emerg. Med*. 2013. Vol. 20 (2). P. 98.
- Volpicelli G. Sonographic diagnosis of pneumothorax // *Intensive Care Med*. 2011. Vol. 37. P. 224–232.
- Дианова Т.И., Сафонов Д.В. Ультразвуковой мониторинг и возрастные эхографические особенности внебольничных пневмоний у детей // *Современные технологии в медицине*. 2015. Vol. 7 (2). P. 113–119. [Dianova T.I., Safonov D.V., Ultrasound diagnosis monitoring and age-related echographic feature of community-acquired pneumonia in children // *Modern technologies in medicine*. 2015. Vol. 7 (2). P. 113–119 (In Russ.)].
- Gargani L., Picano E., Caramella D., Abramo A., Giunta F., Forfori F., Baldi G., D'Errico L. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study // *Intensive Care Med*. 2013. Vol. 39. C. 74–84.
- Chavez M.A., Shams N., Ellington L.E., Naithani N., Gilman R.H., Steinhoff M.C., Santosham M., Black R.E., Price C., Gross M., Checkley W. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis // *Respir. Res*. 2014. Vol. 15. P. 50. DOI: 10.1186/1465-9921-15-50.
- Interrigi M.C., Trovato F.M., Catalano D., Trovato G.M. Emergency thoracic ultrasound and clinical risk management // *Ther. Clin. Risk Manag*. 2017. Vol. 13. P. 151–160.
- Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K., Kondili E., Plataki M., Patrianakos A., Akoumianaki E., Georgopoulos D. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography // *Intensive Care Med*. 2011. Vol. 37. P. 1488–1493.
- Blaivas M. Lung Ultrasound in Evaluation of Pneumonia // *Ultrasound in medicine*. 2012. Vol. 6. P. 823–826.
- Nazerian P., Vanni S., Volpicelli G., Gigli C., Zanolletti M., Bartolucci M., Ciavattone A., Lamorte A., Veltri A., Fabbri A., Grifoni S. Accuracy of point-of-care multiorgan ultrasonography for the diagnosis of pulmonary embolism // *Chest*. 2014. May. Vol. 145 (5). P. 950–957. doi: 10.1378/chest.13-1087.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 16.10.2019 г.

Авторский вклад:

Вклад в концепцию и план исследования — *Е.В.Чуяшенко, В.Д.Завадовская, Т.С.Агеева, М.А.Зоркальцев, Е.И.Федорова, Е.Б.Букреева, Т.В.Жоги́на*. Вклад в сбор данных — *Е.В.Чуяшенко, В.Д.Завадовская, Т.С.Агеева, М.А.Зоркальцев, Е.И.Федорова, Е. Б. Букреева, Т. В. Жоги́на*. Вклад в анализ данных и выводы — *Е.В.Чуяшенко, В.Д.Завадовская, Т.С.Агеева, М.А.Зоркальцев, Е.И.Федорова, Е.Б.Букреева, Т.В.Жоги́на*. Вклад в подготовку рукописи — *Е.В.Чуяшенко, В.Д.Завадовская, Т.С.Агеева, М.А.Зоркальцев, Е.И.Федорова, Е.Б.Букреева, Т.В.Жоги́на*.

Сведения об авторах:

Чуяшенко Елена Васильевна — врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики и лучевой терапии, аспирант 3 года обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; e-mail: chuyashenko.lena@mail.ru; ORCID: ID: 7348360;

Завадовская Вера Дмитриевна — доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; e-mail: wdzav@mail.ru; SPIN: 79058363; ID: 323356;

Агеева Татьяна Сергеевна — доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; SPIN: 20609330, ID: 575524;

Зоркальцев Максим Александрович — доктор медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии, заведующий отделением радионуклидной диагностики отдела лучевой диагностики и терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; SPIN: 37698560, ID: 575498;

Федорова Екатерина Игоревна — ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; SPIN: 35497185, ID: 676969;

Букреева Екатерина Борисовна — доктор медицинских наук, профессор кафедры пропедевтики внутренних болезней с курсом терапии педиатрического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; SPIN: 65539690, ID: 139679;

Жоги́на Татьяна Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 634050, Томск, Московский тракт, д. 2; SPIN: 23638810, ID: 322227.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2020 года.

Подписные индексы:

Агентство «Роспечать» 57991

ООО «Агентство „Книга-Сервис”» 42177