



Ультразвуковое исследование легких: методика выполнения и перспективы в диагностике нозокомиальной пневмонии

А.А. Петров, А.Ф. Сафарова, С.А. Рачина, Ж.Д. Кобалава,
Н.Б. Сафарова, И.П. Тесаков, О.И. Лукина, О.Т. Зоря, Л.Г. Ежова

В последнее время широко обсуждается диагностическая информативность ультразвукового исследования (УЗИ) для выявления патологических процессов в легких, в том числе пневмонии. В статье описана методика проведения УЗИ легких, преимущества и ограничения этого метода визуализации, выполнен обзор клинических исследований по оценке УЗИ легких у пациентов с пневмонией. Приведены результаты собственного проспективного пилотного исследования УЗИ легких в диагностике нозокомиальной пневмонии у взрослых в многопрофильном стационаре.

Ключевые слова: пневмония, ультразвуковое исследование легких, нозокомиальная пневмония, диагностика.

Введение

В последние 20 лет наблюдается существенное возрастание интереса к возможностям ультразвукового исследования (УЗИ) легких в выявлении различных патологических состояний, в том числе пневмонии [1]. Это связано с рядом причин. Традиционный алгоритм, включающий сбор жалоб, анамнеза, физикальное обследование, для верификации пневмонии недостаточно информативен и может приводить к гипердиагностике заболевания даже при его осуществлении высококвалифицированными специалистами [2, 3]. Практика назначения системных антибиотиков всем пациентам с острым каш-

лем и лихорадкой способствует необоснованному использованию этого класса лекарственных средств у значительной части больных. Последствия нерациональной антибактериальной терапии хорошо известны – это риск селекции антибиотикорезистентности, увеличение частоты нежелательных лекарственных реакций и необоснованные затраты на лечение [4, 5].

Традиционно используемым методом инструментальной диагностики пневмонии является обзорная рентгенография органов грудной полости (ОГП) [6, 7]. В условиях многопрофильной больницы существует возможность проведения рентгенографии пациентам, поступившим как в

Андрей Анатольевич Петров – аспирант кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, врач-терапевт ГБУЗ “Городская клиническая больница им. В.В. Виноградова” Департамента здравоохранения города Москвы.

Айтен Фуадовна Сафарова – докт. мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, врач функциональной диагностики ГБУЗ “Городская клиническая больница им. В.В. Виноградова” Департамента здравоохранения города Москвы.

Светлана Александровна Рачина – докт. мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, Москва.

Жанна Давидовна Кобалава – докт. мед. наук, профессор, зав. кафедрой внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, Москва.

Наргиз Бахтияр кызы Сафарова – студентка IV курса ФГБОУ ВО “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова”.

Иван Павлович Тесаков – студент IV курса ФГБОУ ВО “Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова”.

Ольга Ивановна Лукина – аспирант кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, Москва.

Ольга Таировна Зоря – аспирант кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, Москва.

Людмила Георгиевна Ежова – канд. мед. наук, доцент кафедры внутренних болезней с курсом кардиологии и функциональной диагностики ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, врач-методист по клинико-экспертной работе ГБУЗ “Городская клиническая больница им. В.В. Виноградова” Департамента здравоохранения города Москвы.

Контактная информация: Рачина Светлана Александровна, Svetlana.Ratchina@antibiotic.ru



плановом, так и в экстренном порядке. Однако существенным ограничением рентгенографии ОГП служит недостаточная информативность метода в выявлении пневмонической инфильтрации и ее дифференциации с другими патологическими изменениями в легочной паренхиме. Так, примерно у 10% больных нозокомиальной пневмонией (НП) патологические изменения на рентгенограмме ОГП отсутствуют; при иммунодефиците доля таких пациентов может достигать 20–30% [8]. Известно много примеров, когда инфильтрация при пневмонии не выявлялась при помощи обзорной рентгенографии ОГП, а диагноз ставился после проведения компьютерной томографии (КТ) с целью исключения других заболеваний, например тромбоэмболии легочной артерии (ТЭЛА) [9, 10].

Компьютерная томография – более точный метод оценки легочной паренхимы, корней легких и органов средостения [11]. Однако ее использование для диагностики пневмонии в рутинной клинической практике не всегда возможно технически и может быть ограничено высокой стоимостью исследования.

Потенциальными преимуществами УЗИ легких являются быстрота, доступность, сравнительно низкая стоимость исследования, возможность выполнения при наличии противопоказаний или технических сложностей для проведения КТ/рентгенографии ОГП, отсутствие воздействия ионизирующего излучения, что особенно важно для определенных категорий пациентов, например беременных [12, 13]. В связи с этим в последнее время наблюдается тенденция к применению УЗИ легких не только в отделениях реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) при ведении тяжелых больных, но и при обследовании пациентов отделений терапевтического и хирургического профиля.

Техника проведения УЗИ легких и выявляемые сонографические признаки

Среди методик УЗИ для диагностики пневмонии наиболее часто используется BLUE-протокол (BLUE – bedside lung ultrasound in emergency (прикроватное УЗИ легких в критических ситуациях)), предложенный D.A. Lichtenstein, G.A. Mezière [13]. Этот протокол изначально разрабатывался для скрининговой диагностики причин острой дыхательной недостаточности у пациентов, находящихся в ОРИТ. Он позволяет выявлять и дифференцировать следующие патологические состояния: пневмоторакс, отек легких, ТЭЛА, пневмонию, плевральный выпот, хроническую обструктивную болезнь легких/бронхиальную астму [13, 14].

При УЗИ легких выявляются характерные сонографические признаки, наличие которых, степень выраженности и локализация позволяют судить о характере патологического процесса. Исследование проводится в В- и М-режимах. М-режим формирует одномерное изображение и его изменение во времени. Исследование в В-режиме позволяет получить двухмерные серошкалажные изображения анатомических структур в масштабе реального времени, что дает возможность оценить их морфологическое состояние.

Ультразвуковое исследование легких выполняется микроконвексным либо абдоминальным датчиком с частотой 5 МГц, глубина сканирования составляет примерно 5 см. Для детализации и лучшей визуализации скольжения висцеральной плевры и поиска альвеолярной консолидации может применяться линейный датчик с диапазоном 7–10 МГц. Исследование предпочтительно проводить в положении сидя, при невозможности пациент может находиться в положении полулежа, лежа на спине или на боку. Датчик устанавливается перпендикулярно ребрам и перемещается по межреберью. Последовательно исследуется каждый межреберный промежуток в трех зонах грудной клетки (передняя, латеральная и задняя) с обеих сторон. Передняя зона ограничена парастернальной и переднеподмышечной линиями, латеральная – переднеподмышечной и заднеподмышечной, задняя – заднеподмышечной и паравerteбральной. Каждая зона дополнительно делится на верхний и нижний секторы (рис. 1). При выполнении УЗИ легких необходимо получить поперечное изображение двух ребер с межреберным промежутком. Это классическая позиция при любых исследованиях плевры и легких.

В BLUE-протоколе для исследования задней зоны также применяется PLAPS-точка (PLAPS – posterior and/or lateral alveolar and/or pleural syndrome (задний и/или боковой альвеолярный и/или плевральный синдром)). Для этого датчик помещают на пересечении поперечной линии, которая является продолжением нижней BLUE-точки (от нижней границы диафрагмы + 2 пальца вверх), и продольной задней подмышечной линии как можно ближе к позвоночнику.

Ультразвуковое исследование легких в В-режиме позволяет выявить следующие сонографические признаки:

- 1) “плевральная линия” – яркая гиперэхогенная линия, расположена под ребрами, соответствует париетальной плевре;
- 2) “скольжение легкого” (lung sliding) – движение висцеральной плевры в режиме реального времени;

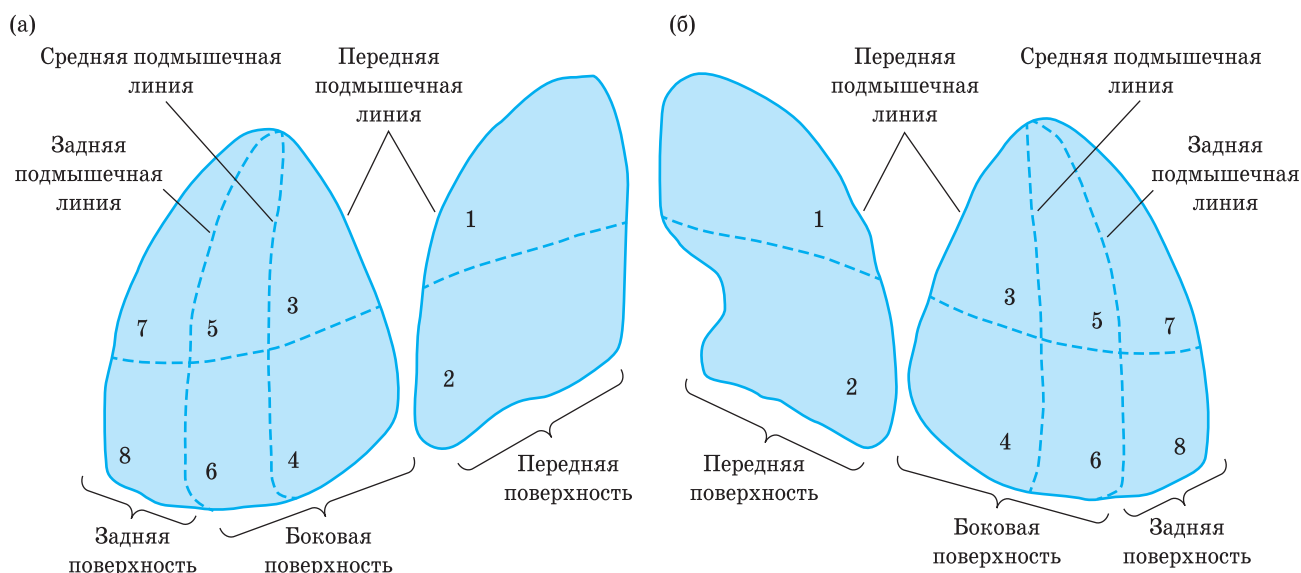


Рис. 1. Топография легочных сегментов с зонами УЗИ. а – справа; б – слева.

3) А-линии – повторяющиеся горизонтальные линейные артефакты;

4) В-линии – гиперэхогенные линейные вертикальные артефакты типа “хвост кометы”. В реальном масштабе времени движутся синхронно со “скольжением легкого”, напоминая лазерный луч;

5) “точка легкого” (lung point) в реальном времени – чередование признаков отсутствия “скольжения легкого” и его наличия на границе пневмоторакса;

6) плевральный выпот – выявление прослойки анэхогенной жидкости между висцеральной плеврой в области нижней границы легкого и диафрагмой;

7) “четырёхугольник” (признак плеврального выпота) – формируется между плевральной линией (париетальная плевра), линией легкого (висцеральная плевра) и тенями ребер по бокам;

8) “тканевый” признак (tissue-like sign) – признак консолидации/уплотнения легкого. Ткань легкого имеет гипоэхогенный вид, напоминает ткань печени (“гепатизация” ткани легкого);

9) неровная, “рваная” линия (shred sign) – поверхностная граница субплевральной консолидации представлена плевральной линией, чаще всего ровной, в то время как глубокая (нижняя) граница консолидации представлена неровной линией. Эта “рваная” линия имеет гиперэхогенный вид, так как очерчивает зону консолидации на границе со здоровой аэрированной тканью легкого;

10) аэробронхограмма (воздух в бронхиолах внутри консолидации/уплотнения ткани легкого) – имеет вид множественных линейных,

ветвистых или представлена мелкими пятнами гиперэхогенных структур, расположенных внутри зоны консолидации. Эти гиперэхогенные сигналы представлены остаточным воздухом внутри бронхиол. Частные случаи аэробронхограммы:

- динамическая аэробронхограмма (dynamic air bronchogram) в реальном масштабе времени – движение гиперэхогенных структур при вдохе, представленное движением воздуха в бронхиолах; визуализация динамической аэробронхограммы имеет клиническое значение – этот признак движения воздуха высокоспецифичен для пневмоний и помогает исключить обструктивный ателектаз;
- жидкостная бронхограмма (fluid bronchogram) – типичный признак уплотнения легочной ткани, характеризуется наличием анэхогенных трубчатых структур, представленных жидкостью в бронхиолах или вдоль них, встречается значительно реже, чем аэробронхограмма. Цветной доплер помогает дифференцировать жидкостную бронхограмму от легочных сосудов.

Сонографические признаки, регистрируемые в М-режиме, следующие:

1) “морской берег” (seashore sign) – свидетельствует о нормальном “скольжении легкого” и исключает пневмоторакс;

2) “штрихкод” (barcode sign) – указывает на отсутствие “скольжения легкого” и означает наличие пневмоторакса;

3) синусоидальный признак, или признак плеврального выпота – при вдохе линия легкого движется к плевральной линии.

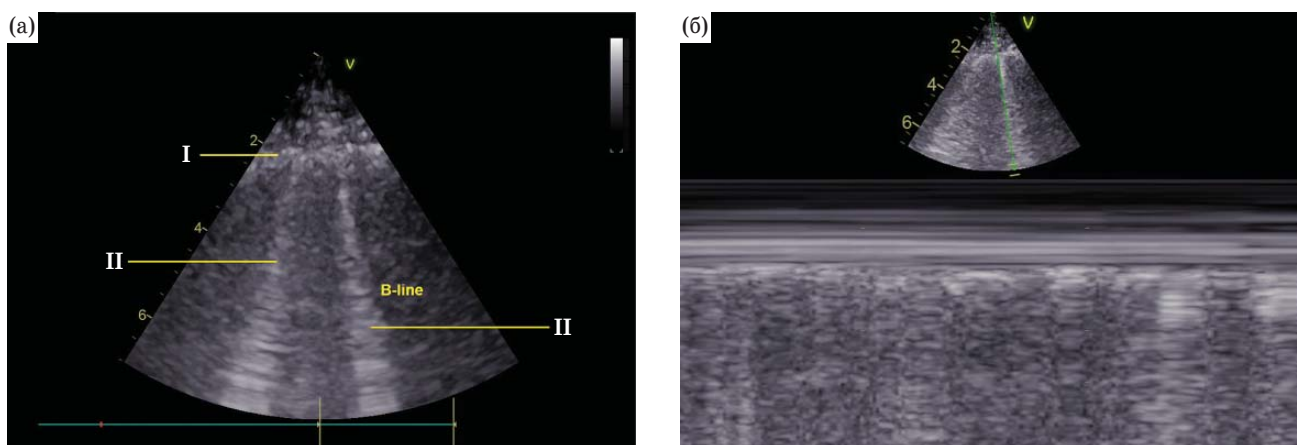


Рис. 2. Сонографическая картина нормального легкого. а – В-режим. I – плевральная линия, II – единичные В-линии; б – М-режим. Признак “морской берег” указывает на нормальное “скольжение легкого”.

К признакам нормального легкого в В-режиме относится А-профиль: скольжение висцеральной плевры при дыхании, единичные вертикальные артефакты (В-линии) – не более трех, горизонтальные артефакты (А-линии) – параллельные плевральной линии, повторяющиеся через определенное расстояние, могут быть как единичными и едва заметными, так и множественными, выраженными (рис. 2а).

При исследовании нормального легкого в М-режиме выявляется признак “морского берега”, указывающий на нормальное скольжение висцеральной плевры при дыхании. Горизонтальные линии “море” соответствуют структурам, находящимся над плеврой, граница между “морем” и “берегом” – плевральная линия, а “берег” – ткань легкого (рис. 2б).

Ультразвуковая диагностика пневмонии

Для пневмонии характерны следующие сонографические профили:

1) PLAPS-профиль – заднелатеральная консолидация и/или плевральный выпот – консолидация/выпот выявляются при исследовании в PLAPS-точке (рис. 3);

2) С-профиль – наличие признаков “гепатизации” легочной ткани при исследовании передней зоны. Консолидация часто ассоциирована с отсутствием “скольжения легкого”. В зоне пневмонии может наблюдаться “плевральная фрагментация”: плевральная линия над зоной консолидации/уплотнения может иметь гипоехогенный фрагментированный вид по сравнению с ровной гиперэхогенной плевральной линией над нормальными участками легкого. Следует отметить, что консолидация не является абсолютным признаком пневмонии, она может обнаруживаться при таких патологических состояниях, как острый респираторный дистресс-синдром, ТЭЛА, ателектаз. Специфичность возрастает при выявлении в зоне уплотнения динамической аэробронхограммы;

ваться при таких патологических состояниях, как острый респираторный дистресс-синдром, ТЭЛА, ателектаз. Специфичность возрастает при выявлении в зоне уплотнения динамической аэробронхограммы;



Рис. 3. PLAPS-профиль при УЗИ легких.



Рис. 4. В-профиль при УЗИ легких. I – плевральная линия, II – множественные В-линии.



3) А/В-профиль – А-профиль с одной стороны и В-профиль (диффузные передние билатеральные множественные В-линии (В+-линии) (рис. 4)) с признаком “скольжение легкого” – с другой;

4) В*-профиль – диффузные передние билатеральные множественные В-линии с отсутствием признака “скольжение легкого”.

Использование УЗИ легких в диагностике пневмонии

Данные клинических исследований, проведенных в разных странах, свидетельствуют о том, что УЗИ легких в диагностике пневмонии по точности превосходит рентгенографию и может быть сопоставимо с КТ ОГП [9, 15–20]. М.А. Chavez et al. выполнили систематический поиск и метаанализ исследований, в которых сравнивалась диагностическая точность УЗИ легких с рентгенологическими методами и/или клиническими критериями пневмонии у взрослых [21]. Из 2726 тематических публикаций критериям отбора соответствовало 10, из них 6 исследований включали пациентов приемных отделений или госпитализированных больных с подозрением на пневмонию, 4 – пациентов, находящихся в ОРИТ.

Средний возраст больных составлял 59 (18–95) лет; 60% мужчин. Два исследования (20%) были многоцентровыми, остальные – одноцентровыми; 4 исследования были проведены в Италии, 3 – во Франции, по 1 – в Греции и Гонконге; 1 многоцентровое исследование выполнялось в разных странах Европы.

В 7 исследованиях (70%) УЗИ легких проводилось врачами функциональной диагностики с высоким уровнем квалификации. В 2 исследованиях УЗИ легких выполняли предварительно обученные практические врачи; подход к обучению детально описан только в 1 исследовании, он включал 3 ч теоретического обучения и 3 ч практики проведения УЗИ легких под контролем опытного специалиста.

Ультразвуковое исследование легких выполнялось в сроки, близкие к проведению рентгенологических исследований. Продолжительность выполнения исследования не превышала 13 мин, что значительно меньше времени, необходимого для проведения рентгенологических методов. Во всех исследованиях результаты рентгенографии или КТ ОГП были заслеплены до выполнения и интерпретации УЗИ легких, однако врачи располагали клиническими данными о пациентах. В половине исследований для подтверждения диагноза использовали комбинацию клинических критериев и рентгенологических

данных, в 3 исследованиях КТ ОГП для верификации пневмонии выполнялась у всех пациентов, в 2 исследованиях КТ выполнялась только в том случае, если результаты рентгенографии и УЗИ легких не совпадали.

По результатам метаанализа были продемонстрированы высокие чувствительность (94%; 95% доверительный интервал (ДИ) 92–96%) и специфичность (96%; 95% ДИ 94–97%) УЗИ легких в диагностике пневмонии у взрослых, отношение правдоподобия положительного и отрицательного результата составило 16,8 (7,7–37,0) и 0,07 (0,05–0,10) соответственно; площадь под ROC-кривой (ROC – receiver operating characteristic (рабочая характеристика приемника)) составила 0,99 (95% ДИ 0,98–0,99) [21].

Следует отметить, что при ограничении выборки только теми исследованиями, в которых в качестве эталонного метода верификации пневмонической инфильтрации использовалась КТ ОГП, диагностическая точность УЗИ легких существенно не изменялась; она оставалась неизменно высокой как при обследовании больных в ОРИТ, так и у пациентов приемных отделений и/или госпитализированных с подозрением на пневмонию.

Квалификация специалиста, выполнявшего исследование (врач функциональной диагностики или врач-клиницист, прошедший обучение), также существенно не влияла на информативность исследования: чувствительность и специфичность составили 94 и 93% и 97 и 92% соответственно [21].

Сходные результаты были получены в метаанализе Q.J. Nu et al. [22]. Чувствительность УЗИ легких в диагностике пневмонии составила 97% (95% ДИ 93–99%), специфичность – 94% (95% ДИ 85–98%), площадь под ROC-кривой – 0,99 (95% ДИ 0,98–1,00).

Несмотря на положительные результаты метаанализов, демонстрирующие высокую чувствительность и специфичность УЗИ легких в диагностике пневмонии, существует ряд ограничений, которые необходимо учитывать при определении перспектив использования этого метода. Во-первых, во многие исследования не включались лица с подозрением на аспирационную пневмонию, тяжелую иммуносупрессию, интерстициальные заболевания легких, сердечную недостаточность. Во-вторых, не во всех исследованиях для диагностики пневмонии в качестве метода сравнения использовали КТ ОГП. В-третьих, протокол УЗИ легких, несмотря на наличие детального его описания в большинстве исследований, не был стандартизирован, что создает потенциальные проблемы интерпретации



“находок” и практической реализации этого метода в других клиниках.

В одном из недавних систематических обзоров А.М. Llamas-Álvarez et al. продемонстрировали существенную вариабельность диагностической точности УЗИ легких в верификации пневмонии у взрослых [23]. Авторы проводили поиск проспективных исследований по использованию УЗИ легких наряду с рентгенографией или КТ ОГП у лиц 18 лет и старше с подтвержденной или предполагаемой пневмонией. При анализе доступных полнотекстовых статей, опубликованных до апреля 2016 г. в таких источниках, как MEDLINE, Cochrane Library, Scopus, DARE, HTA database, LILACS, Google Scholar, ClinicalTrials.gov, Web of Science, TESEO, OpenGrey, было найдено 16 исследований, включивших 2359 пациентов, медиана возраста варьировала от 56 до 82 лет. В 8 исследованиях в качестве стандарта сравнения использовался заключительный клинический диагноз, основанный на комплексной оценке клинических критериев и различных комбинаций лабораторных данных, микробиологических исследований, рентгенографии или КТ ОГП, эхокардиографии, в 4 – только результаты рентгенографии ОГП, еще в 4 – данные КТ ОГП. В большинство исследований (9/16) были включены пациенты с внебольничной пневмонией (ВП), в 3 – с НП, в том числе вентилятор-ассоциированной, в 1 – с ВП и НП, в 3 исследованиях тип пневмонии не указывался. В 10 работах заслеплялись данные как УЗИ легких, так и метода сравнения. Несмотря на приемлемые показатели суммарной диагностической точности УЗИ легких, в метаанализе была отмечена высокая вариабельность чувствительности (от 57 до 100%) и специфичности (от 54 до 99%) метода в диагностике пневмонии у взрослых в разных исследованиях [23].

Комментируя полученные данные, Р.Е. Wu, А.М. Morris пришли к выводу, что для определения перспектив УЗИ легких в диагностике пневмонии необходимо проведение дополнительных сравнительных исследований, в которых помимо традиционных критериев будут анализироваться твердые конечные точки, такие как летальность, а также будет оцениваться затратная эффективность внедрения указанного метода в сравнении с рутинной практикой [24].

В РФ место УЗИ легких в диагностике пневмонии остается не до конца определенным. Так, в клинических рекомендациях по ВП у взрослых этот метод не рассматривается в диагностическом алгоритме [25, 26]. При НП, напротив, обсуждаются перспективы использования УЗИ легких с целью выявления легочной консолидации и

Характеристика пациентов, включенных в проспективное пилотное исследование по использованию УЗИ легких в диагностике НП (n = 27)

Параметр	Значение
Доля мужчин, n (%)	15 (56)
Медиана возраста (интерквартильный размах), годы	74 (59–80)
Поздняя НП, n (%)	20 (74)
Хронические сопутствующие заболевания/синдромы, n (%)	
гипертоническая болезнь	19 (70)
ишемическая болезнь сердца	11 (41)
хроническая сердечная недостаточность	16 (59)
сахарный диабет	6 (22)
Госпитальная летальность, n (%)	6 (22)

альвеоларно-интерстициального синдрома, при этом подчеркиваются такие преимущества метода, как неинвазивность, быстрота выполнения, точность, доступность, мобильность, отсутствие необходимости в транспортировке больного [8].

Российские исследования по использованию УЗИ легких в диагностике пневмонии остаются немногочисленными. Так, Г.М. Галстян и соавт. продемонстрировали эффективность метода в диагностике поражения легких у беременных с онкогематологическими заболеваниями [27]. Еще в одно проспективное исследование было включено 39 больных с гемобластомами и острой дыхательной недостаточностью, вызванной пневмонией [28]. Чувствительность УЗИ в диагностике пневмоний по количеству В-линий составила 78%, специфичность – 70%.

В пилотное исследование, проведенное на базе городской клинической больницы им. В.В. Виноградова в 2016–2018 годах, проспективно включались пациенты с клиническим диагнозом нетяжелой НП, не требовавшей проведения искусственной вентиляции легких. Диагностика пневмонии осуществлялась в соответствии с российскими клиническими рекомендациями [8]. С целью верификации пневмонической инфильтрации всем пациентам с подозрением на НП в течение 24–48 ч наряду с рентгенографией ОГП выполнялась КТ высокого разрешения ОГП и УЗИ легких по BLUE-протоколу, подробно описанному выше [10].

В исследование было включено 27 больных НП (15 мужчин (56%)). Медиана возраста пациентов составила 74 (59–80) года. Преобладали лица с поздней НП; у большинства пациентов присутствовали сопутствующие хронические заболевания, наиболее распространенными из которых являлись болезни сердечно-сосудистой системы (таблица).

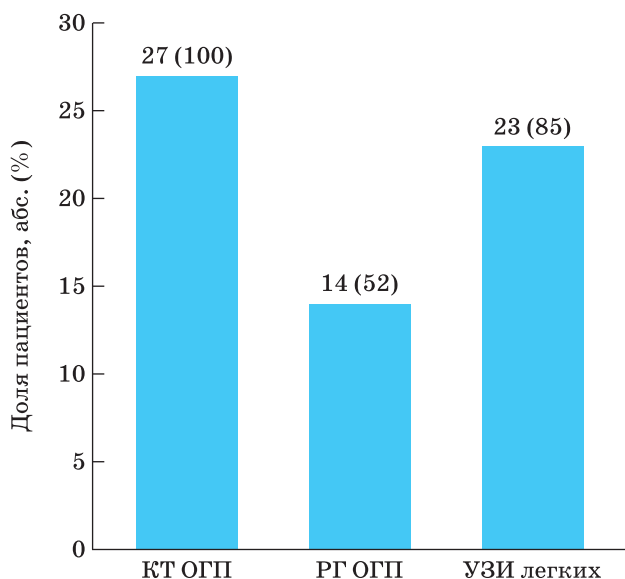


Рис. 5. Доля пациентов с подтвержденной НП: сравнение УЗИ легких, рентгенографии (РГ) ОГП и КТ ОГП (n = 27).

Профили, соответствующие пневмонии, при УЗИ легких были выявлены у 23 (85%) из 27 пациентов, что было значительно выше частоты обнаружения инфильтрации при обычной рентгенографии ОГП (рис. 5). Среди сонографических профилей, соответствующих пневмонии, наиболее часто определялся С-профиль с динамической аэробронхограммой – у 14 (61%) из 23 пациентов, далее следовали PLAPS-профиль и В*-профиль (по 4 случая соответственно), А/В-профиль был характерен для 1 пациента.

Полное совпадение локализации патологического процесса при сравнении данных КТ ОГП и УЗИ легких наблюдалось в 10 (43,5%) из 23 случаев. Следует отметить, что выявить наличие пневмонии при помощи УЗИ легких практически всегда удавалось при нижнедолевой пневмонии, а расхождения двух методов встречались преимущественно в случаях мультифокального поражения с вовлечением в патологический процесс верхних долей легких. Это может быть потенциальным ограничением УЗИ легких и/или протокола, который использовался в проведенном нами исследовании.

Заключение

Таким образом, имеющиеся к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что УЗИ легких является перспективным методом диагностики пневмоний. Метод характеризуется приемлемыми показателями чувствительности и специфичности и обладает важными дополнительными преимуществами, такими как доступность, быстрота и простота выполнения, низкая

стоимость исследования. Однако для уточнения места УЗИ легких в алгоритме диагностики как НП, так и ВП необходимы дальнейшие сравнительные клинические исследования, включающие различные категории больных (в том числе лиц с сопутствующими хроническими заболеваниями), с использованием надежных сравнительных методов лучевой диагностики и твердых конечных точек.

Конфликт интересов отсутствует. Публикация подготовлена без участия спонсоров.

Список литературы

1. Blaivas M. Lung ultrasound in evaluation of pneumonia. *Journal of Ultrasound in Medicine* 2012 Jun;31(6):823-6.
2. Wipf JE, Lipsky BA, Hirschmann JV, Boyko EJ, Takasugi J, Peugeot RL, Davis CL. Diagnosing pneumonia by physical examination: relevant or relic? *Archives of Internal Medicine* 1999 May;159(10):1082-7.
3. Metlay JP, Fine MJ. Testing strategies in the initial management of patient with community-acquired pneumonia. *Annals of Internal Medicine* 2003 Jan;138(2):109-18.
4. Tillotson GS, Zinner SH. Burden of antimicrobial resistance in an era of decreasing susceptibility. *Expert Review in Anti-Infective Therapy* 2017 Jul;15(7):663-76.
5. Antimicrobial resistance: tackling a crisis for the health and wealth of nations. The review on antimicrobial resistance. O'Neill J, chairman. 2014 Dec. Available from: <http://amr-review.org/> Accessed 2018 Dec 12.
6. Синопальников А.И. Бактериальная пневмония. В кн.: Респираторная медицина. Руководство в 2-х т. Под ред. Чучалина А.Г. Т. 1. М.: Гэотар-Медиа; 2007: 474-509.
7. Wunderink RG, Waterer GW. Community-acquired pneumonia. *The New England Journal of Medicine* 2014 Feb;370(19):543-51.
8. Нозокомиальная пневмония у взрослых. Российские национальные рекомендации. Под ред. Гельфанда Б.Р., отв. ред. Проценко Д.Н., Белоцерковский Б.З. 2-е изд., перераб. и доп. М.: МИА; 2016. 176 с.
9. Cortellaro F, Colombo S, Coen D, Duca PG. Lung ultrasound is an accurate diagnostic tool for the diagnosis of pneumonia in the emergency department. *Emergency Medicine Journal* 2012 Jan;29(1):19-23.
10. Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatric Critical Care Medicine* 2009 Nov;10(6):693-8.
11. Тюрин И.Е. Методы визуализации. В кн.: Респираторная медицина. В 3-х т. 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. Чучалина А.Г. Т. 1. М.: Гэотар-Медиа; 2017: 245-302.
12. Garnett ES, Webber CE, Coates G, Cockshott WP, Nahmias C, Lassen N. Lung density: clinical method for quantitation of pulmonary congestion and edema. *Canadian Medical Association Journal* 1977 Jan;116(2):153-4.
13. Lichtenstein DA, Mezière GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest* 2008 Jul;134(1):117-25.
14. Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest* 2015 Jun;147(6):1659-70.
15. Parlamento S, Copetti R, Di Bartolomeo S. Evaluation of lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in the ED. *The American Journal of Emergency Medicine* 2009 May;27(4):379-84.
16. Copetti R, Cattarossi L. Ultrasound diagnosis of pneumonia in children. *La Radiologia Medica* 2008 Mar;113(2):190-8.
17. Volpicelli G, Caramello V, Cardinale L, Cravino M. Diagnosis of radio-occult pulmonary conditions by real-time chest ultrasonography in patients with pleuritic pain. *Ultrasound in Medicine & Biology* 2008 Nov;34(11):1717-23.



18. Zanobetti M, Poggioni C, Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest* 2011 May;139(5):1140-7.
19. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, Melniker L, Gargani L, Noble VE, Via G, Dean A, Tsung JW, Soldati G, Copetti R, Bouhemad B, Reissig A, Agricola E, Rouby JJ, Arbelot C, Liteplo A, Sargsyan A, Silva F, Hoppmann R, Breitzkreutz R, Seibel A, Neri L, Storti E, Petrovic T; International Liaison Committee on Lung Ultrasound (ILC-LUS) for International Consensus Conference on Lung Ultrasound (ICC-LUS). International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Medicine* 2012 Apr;38(4):577-91.
20. Reissig A, Copetti R, Mathis G, Mempel C, Schuler A, Zechner P, Aliberti S, Neumann R, Kroegel C, Hoyer H. Lung ultrasound in the diagnosis and follow-up of community-acquired pneumonia: a prospective, multicenter, diagnostic accuracy study. *Chest* 2012 Oct;142(4):965-72.
21. Chavez MA, Shams N, Ellington LE, Naithani N, Gilman RH, Steinhoff MC, Santosham M, Black RE, Price C, Gross M, Checkley W. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis. *Respiratory Research* 2014 Apr;15(1):50.
22. Hu QJ, Shen YC, Jia LQ, Guo SJ, Long HY, Pang CS, Yang T, Wen FQ. Diagnostic performance of lung ultrasound in the diagnosis of pneumonia: a bivariate meta-analysis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine* 2014;7(1):115-21.
23. Llamas-Álvarez AM, Tenza-Lozano EM, Latour-Pérez J. Accuracy of lung ultrasonography in the diagnosis of pneumonia in adults: systematic review and meta-analysis. *Chest* 2017 Feb;151(2):374-82.
24. Wu PE, Morris AM. Review: Lung ultrasonography had varied sensitivity and specificity for diagnosing pneumonia in adults. *Annals of Internal Medicine* 2017 Jun;166(12):JC69.
25. Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С., Тюрин Е.И., Рачина С.А. Внебольничная пневмония у взрослых: практические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике. Пособие для врачей. М.: РРО, МАКМАХ; 2010. 54 с.
26. Чучалин А.Г., Синопальников А.И., Козлов Р.С., Авдеев С.Н., Тюрин Е.И., Руднов В.А., Рачина С.А., Фесенко О.В. Российское респираторное общество, Межрегиональная ассоциация по клинической микробиологии и антимикробной химиотерапии (МАКМАХ). Клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике тяжелой внебольничной пневмонии у взрослых. Пульмонология 2014;14(4):13-48.
27. Галстян Г.М., Новиков В.А., Троицкая В.В., Барях Е.А., Махия С.А., Паровичникова Е.Н., Савченко В.Г. Диагностика пневмонии с помощью ультразвукового исследования легких у беременных с опухолевыми заболеваниями системы крови. *Терапевтический архив* 2015;87(1):79-87.
28. Новиков В.А., Галстян Г.М., Гемджян Э.Г., Костина И.Э., Гитис М.К. Ультразвуковое исследование легких и плевральных полостей при острой дыхательной недостаточности, вызванной пневмонией, у онкогематологических больных. *Анестезиология и реаниматология* 2016;61(3):183-9.

Ultrasound Examination of Lungs: Procedure and Role in Diagnosis of Nosocomial Pneumonia

A.A. Petrov, A.F. Safarova, S.A. Rachina, Zh.D. Kobalava, N.B. Safarova, I.P. Tesakov, O.I. Lukina, O.T. Zorya, and L.G. Ezhova

Recently the role of ultrasound examination in detection of pathological processes in lungs including pneumonia has been widely discussed. The article describes the procedure, advantages and limitations of pulmonary ultrasound. The review of clinical studies evaluating lung ultrasound in patients with pneumonia is provided. The article contains the results of our prospective pilot study on the role pulmonary ultrasound for the diagnosis of nosocomial pneumonia in adults in multidisciplinary hospital.

Key words: pneumonia, ultrasound examination of lungs, nosocomial pneumonia, diagnosis.