

Е.А. Жирнова<sup>1</sup>, Р.Е. Лахин<sup>2</sup>, А.В. Щеголев<sup>2</sup>, И.Н. Грачев<sup>2</sup>

## Сравнение ультразвуковых протоколов для диагностики поражения при пневмонии

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

**Резюме.** Использование ультразвукового исследования легких дает представление о состоянии легочной ткани, объеме поражения и влияет на тактику лечения. Однако различные протоколы ультразвукового исследования легких дают возможность получить различные данные. С помощью ROC-анализа по эталону компьютерной томографии сравнивали чувствительность и специфичность ультразвуковых методик, а именно протокола прикроватного ультразвукового исследования легких, а также 4-зонного и 9-зонного протоколов, в диагностике пневмонии. Выявлено, что чувствительность исследуемых протоколов составила 97, 93 и 97% соответственно, специфичность – 80, 80 и 90% соответственно. При этом модифицированный 9-зонный протокол сканирования дает возможность более точно производить поиск пневмонического поражения не только с учетом долевого строения, но и с учетом сегментов легких. Чувствительность протоколов прикроватного ультразвукового исследования легких, 4-зонного и 9-зонного протоколов в диагностике пневмонического поражения по долям составила 69, 80 и 97% соответственно, специфичность – 60, 62 и 71% соответственно. Чувствительность протоколов прикроватного ультразвукового исследования легких, 4-зонного и 9-зонного протоколов в диагностике пневмонического поражения по сегментам составила 73, 68 и 93% соответственно, специфичность – 66, 68 и 92% соответственно. В диагностике пневмонии возможно использовать любой из трех протоколов с высокой специфичностью и чувствительностью. Модифицированный 9-зонный протокол сканирования дает возможность производить диагностику пневмонического поражения с учетом долевого строения и с учетом сегментарного строения легких с более высокими показателями чувствительности и специфичности.

**Ключевые слова:** внебольничная пневмония, нозокомиальная пневмония, ультразвук легких, компьютерная томография, специфичность, чувствительность, диагностика, доли легкого, сегменты легкого, прикроватное ультразвуковое исследование легких.

**Введение.** Возникновение внебольничной пневмонии в развитых странах колеблется от 1,6 до 16 случаев на 1000 населения. Приблизительно 20% из них требует госпитализации, а смертность при тяжелой пневмонии достигает 48% [15], поэтому существует необходимость точных методик визуализации. Традиционно для диагностики пневмонии было достаточно сбора анамнеза, физикального осмотра с определением аускультативных изменений в легких и рентгенографии грудной клетки, однако многочисленные спорные случаи в диагностике пневмонии привели к внедрению компьютерной томографии (КТ) [5]. В настоящее время КТ органов грудной полости является «золотым» стандартом в диагностике пневмонии, но у этой методики есть и недостатки, такие как лучевая нагрузка, трудности транспортировки тяжелых пациентов к месту диагностики и невозможность её использования для мониторинга течения заболевания [7, 17]. За последние несколько лет на основе научных доказательств существенно расширен спектр применения ультразвука в диагностике заболеваний легких [5, 8, 9]. Ультразвук легких позволяет быстро интерпретировать результаты обследования, когда традиционные методики осмотра отсрочивают результаты [1, 10]. Методика успешно внедрена в практику для диагностики различных заболеваний легких [11, 12]. Проведено большое количество разнообразных исследований, доказывающих преимущество ультразвукового исследования (УЗИ) перед физикальными и рентгенологическими методиками диагностики пневмонии [2, 14, 15]. Его использование в качестве прикроватной методики ис-

следования дает представление о состоянии легочной ткани, объеме поражения и влияет на тактику лечения [16, 19]. Ранняя диагностика пневмонии важна для начала лечения, поскольку именно поздняя антибактериальная или противовирусная терапия ведут к увеличению частоты развития осложнений и летального исхода [17]. Существует несколько фокусированных протоколов УЗИ легких у пациентов с дыхательной недостаточностью [12, 18]. Эти ультразвуковые протоколы позволяют получить различную информацию о семиотике и объеме пневмонического поражения легочной ткани.

**Цель исследования.** Оценка чувствительности и специфичности различных ультразвуковых протоколов осмотра легких для топической диагностики пневмонии.

**Материалы и методы.** Исследование выполнено в клинике анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова в период с 2016 по 2017 г. В исследование включено 39 пациентов с диагностированной внебольничной пневмонией, из них 27 мужчин и 17 женщин в возрасте 35±1 и 37,2±2 года соответственно.

Всем пациентам непосредственно перед или сразу после КТ проводили ультразвуковой осмотр легких по трем протоколам: прикроватном протоколе УЗИ легких (так называемом УЗИ легких у постели больного (Bedside Lung Ultrasound in Emergency – BLUE) [13], 4-зонном (рис. 1) [18] и 9-зонном протоколах (удостоверение на рационализаторское предложение № 1462671 от 02.03.2017 г.), рис. 2.

Обработку полученных данных проводили в три этапа. На первом этапе оценивали чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов для выявления пневмонии у пациента без топического определения места поражения легочной ткани по принципу «да-нет» (есть пневмония – нет пневмонии). На втором этапе исследовали чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов в отношении точности диагностики пневмонического поражения в долях легких. На третьем этапе определяли чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов в отношении точности по сегментному выявлению пораженной легочной ткани.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерной программы IBM SPSS Statistics 20.0. Оценку чувствительности и специфичности ультразвуковых методик проводили на основании анализа рабочей характеристики приемника (receiver operating characteristic – ROC)-анализа по «золотому» стандарту КТ. Выполняли визуальное сравнение ROC-кривых, рассчитывали показатели чувствительности и специфичности, а также определяли площадь под ROC-кривой.

**Результаты и их обсуждение.** При исследовании возможности ультразвуковых протоколов в выявлении

пневмонического поражения легочной ткани по принципу «да – нет» все три протокола показали высокую специфичность и чувствительность (табл. 1). Девятизонный протокол имел некоторое преимущество за счет меньшего количества ошибок, поскольку осмотр со стороны спины давал возможность лучше визуализировать медиальные и задние отделы легких. Прогностическая сила модели, определяемая по площади под ROC-кривой одинаково высока для всех трех протоколов (рис.3).

На втором этапе оценивали определение локализации пневмонии с учетом долевого строения. Девятизонная методика показала наиболее высокую чувствительность и специфичность: 97 и 71% соответственно. Чувствительность 4-зонного протокола – 80%, специфичность – 62%, площадь под кривой – 0,709 абс. ед. Чувствительность и специфичность BLUE-протокола в исследовании пневмонии по долям показала наименьшие показатели: 69 и 60% соответственно, площадь под кривой равна 0,647 абс. ед. (табл. 2).

Наибольшая площадь под кривой была выявлена при ультразвуковом осмотре по 9-зонной методике (рис. 4).

Различия в специфичности и чувствительности ультразвуковых протоколов обусловлены совпаде-

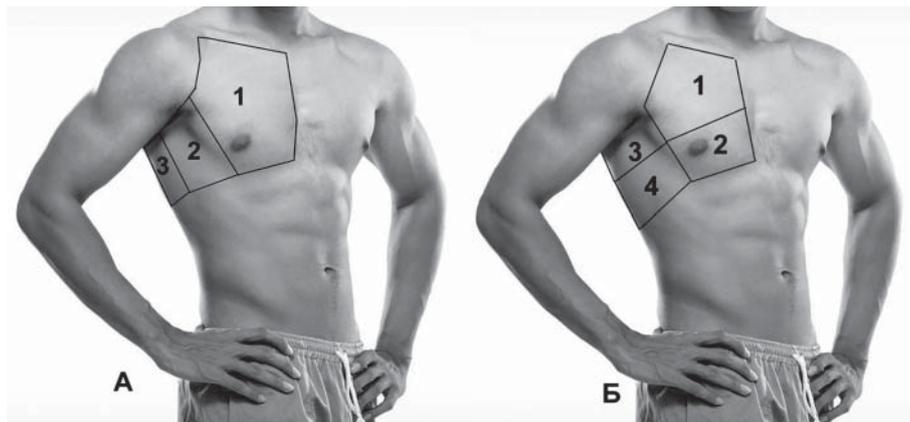


Рис. 1. УЗИ легких по протоколам: А – BLUE-протокол. Адаптировано по D. Lichtenstein, 2008 [12]; Б – 4-зонный протокол. Адаптировано по G. Volpicelli et al., 2012 [18].

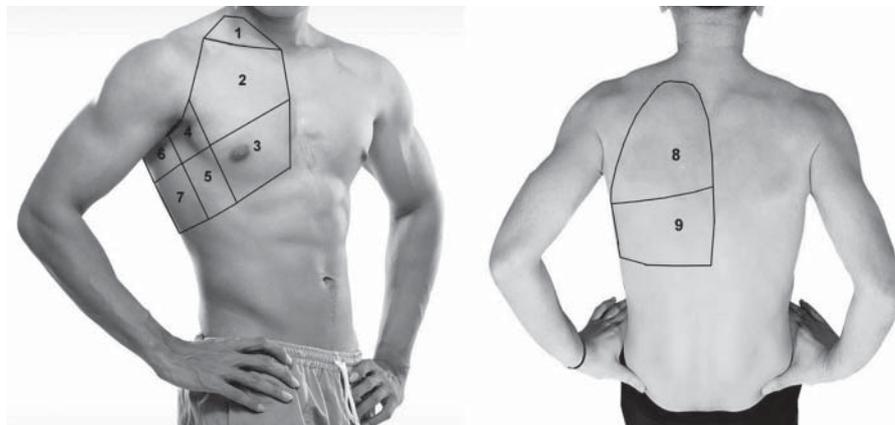


Рис. 2. УЗИ легких по модифицированному 9-зонному протоколу. Цифрами обозначены зоны сканирования. Адаптировано по Е.А. Жирновой, 2017 [3]

Таблица 1  
Чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов в диагностике пневмонии

Методика осмотра	Площадь под кривой, абс. ед.	Чувствительность, %	Специфичность, %
9-зонный протокол	0,933	97	90
4-зонный протокол	0,866	93	80
BLUE-протокол	0,883	97	80

нием или несовпадением границ исследуемых зон с границами долей легких. Проекция долей легкого на переднюю поверхность грудной клетки с наложением зон сканирования разных протоколов демонстрирует отличия зон сканирования с долевым строением.

Так, при исследовании по схеме BLUE-протокола (рис. 5) видно, что в каждой из трех зон сканирования визуализируется несколько долей одновременно, что затрудняет интерпретацию ультразвуковых признаков.

В первой зоне сканирования справа расположены верхняя и средняя доли, во второй зоне находятся верхняя, средняя, нижняя доли. В третьей зоне, как

справа, так и слева, располагается нижняя доля. При осмотре левого легкого в первой зоне сканирования обнаруживается верхняя доля, во второй зоне – верхняя и нижняя доли.

При сканировании легких 4-зонным способом (рис.6) по передней поверхности в первой зоне визуализируется верхняя доля обоих легких, во второй зоне справа – средняя доля, слева – верхняя доля. В третьей зоне по боковой поверхности как в правом, так и в левом легком сканируется верхняя доля. В четвертой зоне справа расположены средняя и нижняя доли, а слева верхняя и нижняя доли.

В ходе сканирования легких по 9-зонной методике (рис. 7) в каждой зоне визуализируется какая-либо доля. В правом легком в первой зоне над ключицей сканируется верхняя доля, во второй зоне по передней поверхности – верхняя доля, в третьей зоне – средняя доля, в четвертой зоне – верхняя доля, в пятой зоне – средняя доля, в шестой зоне – верхняя доля, в седьмой зоне – нижняя доля, в восьмой и девятой зонах – нижняя доля.

В левом легком в первой, второй, третьей, четвертой, пятой и шестой зонах находится верхняя доля. В седьмой зоне расположена нижняя доля. В восьмой и девятой зонах определяется нижняя доля.

При исследовании на третьем этапе точности ультразвуковых протоколов в определении пораженных сегментов легких различия в специфичности и чувствительности 9-зонной методики и других протоколов нарастают еще больше. Чувствительность и специфичность были существенно выше у 9-зонного протокола: 93 и 92% соответственно (табл. 3).

Площадь под ROC-кривой была выше при осмотре по 9-зонному протоколу – 0,924 абс. ед. (рис.8).

При использовании 4-зонной методики нет четкого представления, какой сегмент легкого просматривается в данной зоне (рис.9). Часть сегментов не визуализируется, так как для сканирования они не доступны: S1, S1/2, S6, S7, S9, S10 (рис. 9).

Таблица 2  
Чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов в диагностике поражения по долям легких

Методика осмотра	Площадь под кривой, абс. ед.	Чувствительность, %	Специфичность, %
9-зонный протокол	0,839	97	71
4-зонный протокол	0,709	80	62
BLUE-протокол	0,647	69	60

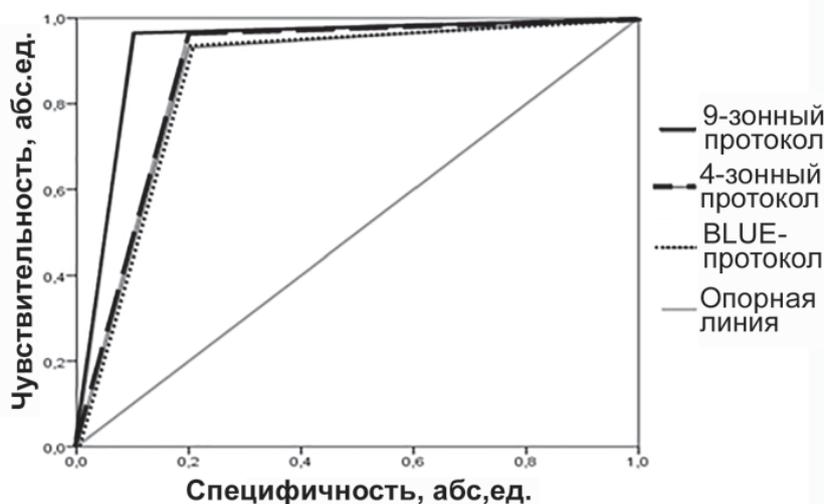


Рис. 3. ROC-кривые ультразвуковых протоколов при анализе выявления пневмонии

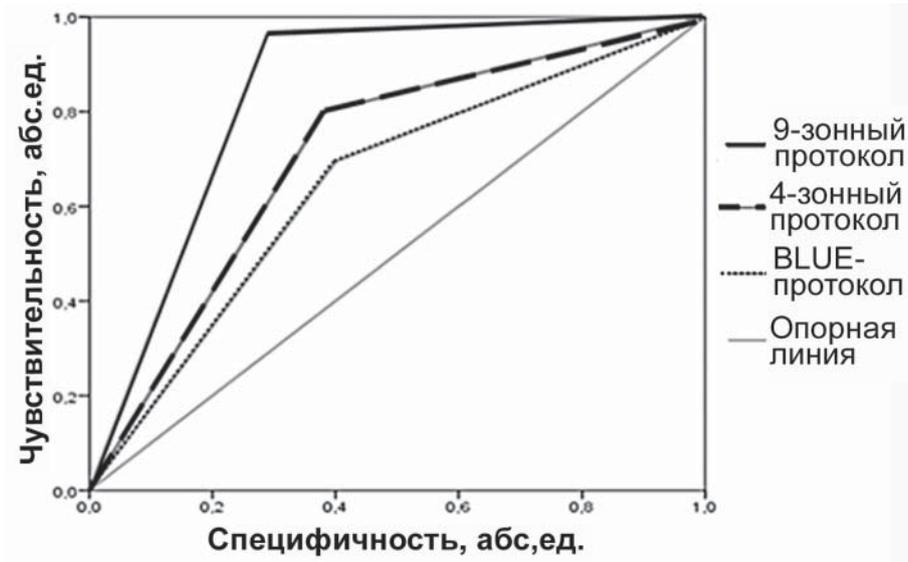


Рис. 4. ROC-кривые ультразвуковых протоколов при анализе точности определения поражения долей легких

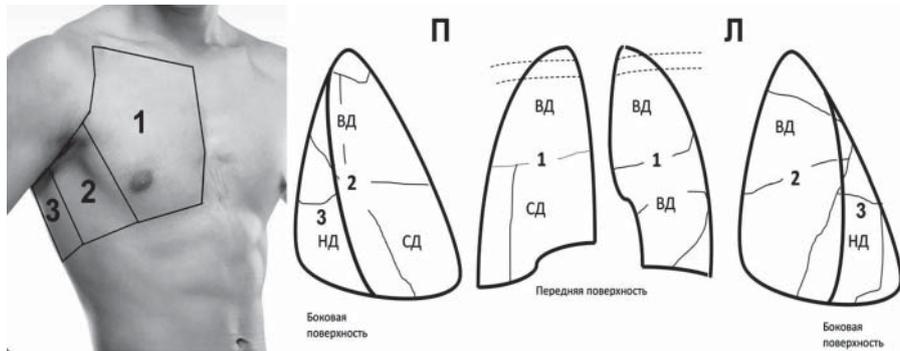


Рис. 5. Схема соответствия долевого строения легких и зон сканирования по BLUE-протоколу: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля. Цифрами 1–3 обозначены зоны сканирования

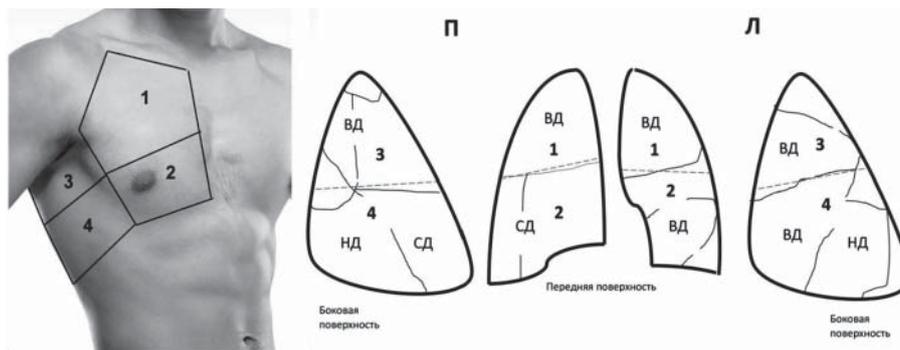


Рис. 6. Схема соответствия долевого строения легких и зон сканирования по 4-зонному протоколу: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля. Цифрами 1–4 обозначены зоны сканирования

Что касается BLUE-протокола, то данная методика практически не дает представления о сегментарной локализации инфильтративных изменений, так как в каждой из зон сканирования расположено несколько сегментов (рис. 10).

Обнаружив при ультразвуковом сканировании ультразвуковые признаки инфильтрации и консоли-

дации, мы с помощью BLUE-протокола не могли точно интерпретировать локализацию этих изменений. Кроме того, как и в случае использования 4-зонного протокола, остается проблема, связанная с тем, что некоторые сегменты не попадают в зоны сканирования: S1, S1/2, S6, S7, S10 справа и слева.

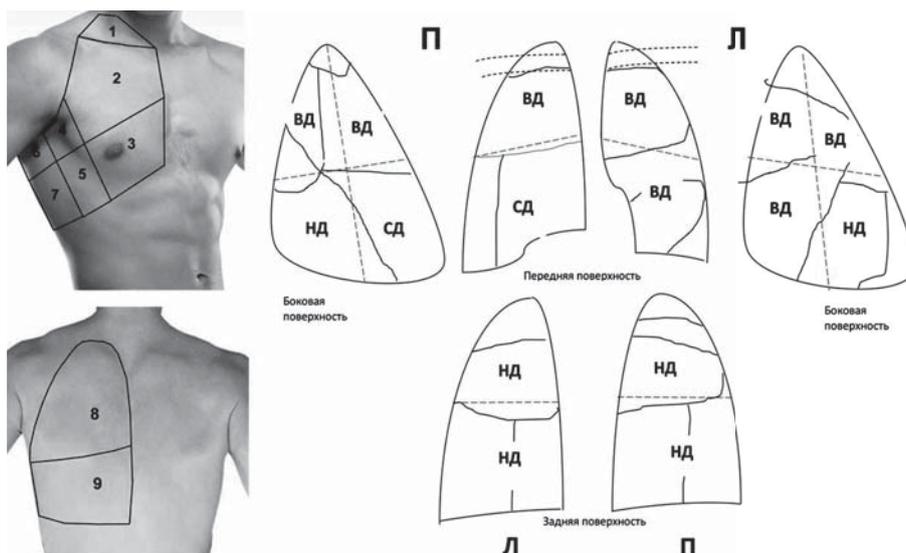


Рис. 7. Схема соответствия долевого строения легких и зон сканирования по методике модифицированного 9-зонного протокола: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля

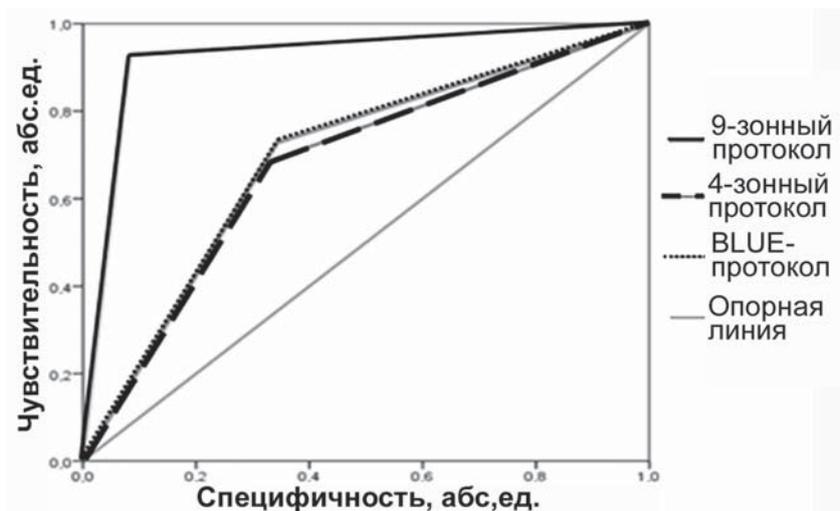


Рис. 8. ROC-кривые при анализе протоколов в диагностике пневмонии с учетом сегментарного строения

При ультразвуковом исследовании с помощью 9-зонного протокола осмотр проводят с передней, боковой и задней поверхности грудной клетки. Зональ-

ное деление максимально соответствует проекции сегментов на поверхность грудной клетки (рис.11). Таким образом, 9-зонный протокол позволяет визуализировать все сегменты легких как справа, так и слева, за исключением сегмента S7, который остается недоступным для ультразвукового сканирования.

Таблица 3  
Чувствительность и специфичность ультразвуковых протоколов с учетом сегментарного строения

Методика осмотра	Площадь под кривой, абс. ед.	Чувствительность, %	Специфичность, %
9-зонный протокол	0,924	93	92
4-зонный протокол	0,681	68	68
BLUE-протокол	0,692	73	66

Таким образом, «золотым» стандартом диагностики пневмонии является КТ, однако эта методика имеет ряд ограничений, одним из которых является необходимость доставки пациента к томографу. Ультразвуковое исследование предоставляет возможность проводить осмотр непосредственно у постели пациента, при этом в отличие от традиционного рентгенографического исследования не имеет лучевой нагрузки и может быть выполнено врачом-анестезиологом-реаниматологом [18, 20].

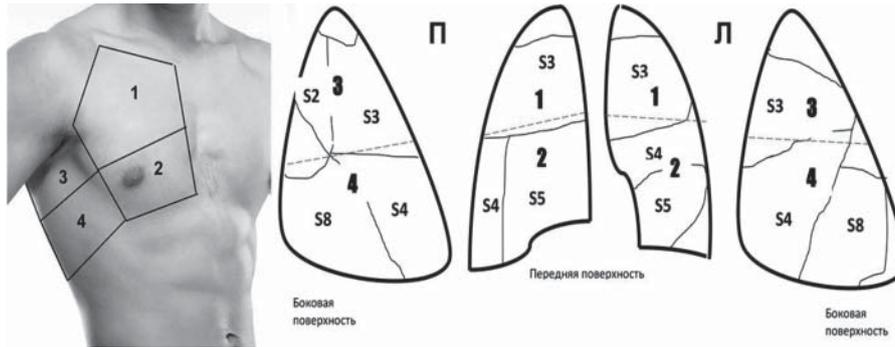


Рис.9. Схема соответствия долевого строения легких и зон сканирования по 4-зонному протоколу: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля. Цифрами 1–4 обозначены зоны сканирования

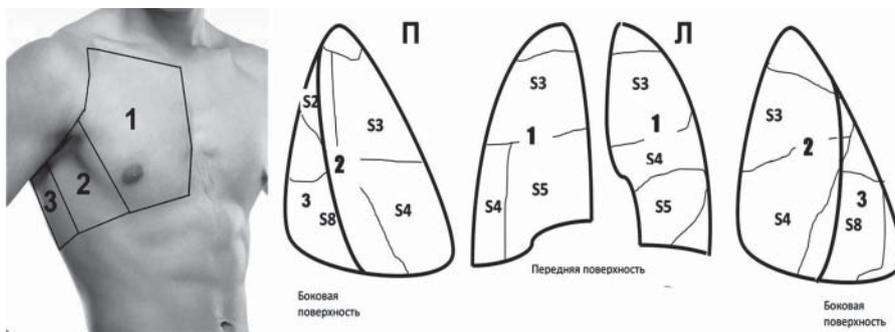


Рис.10. Схема соответствия долевого строения легких и зон сканирования по BLUE-протоколу: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля. Цифрами 1–3 обозначены зоны сканирования

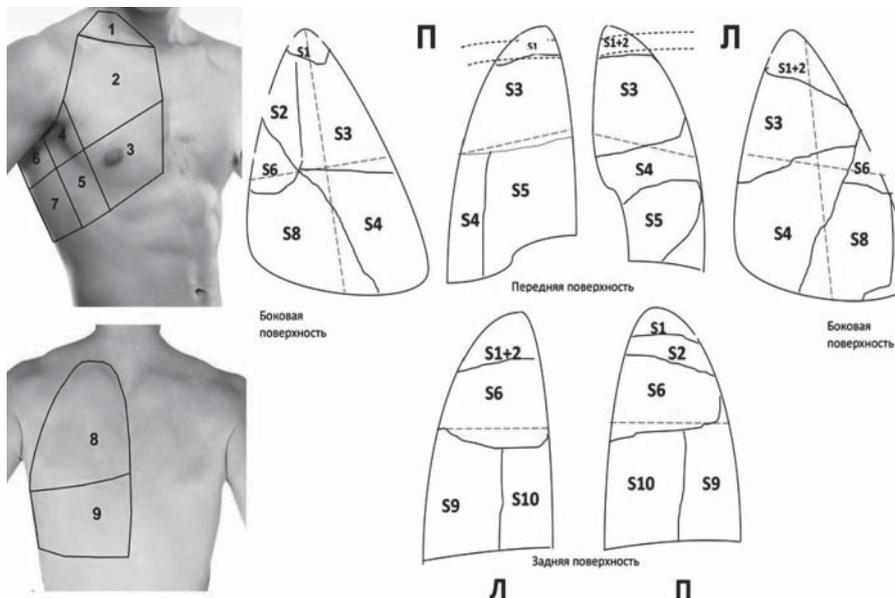


Рис.11. Схема сегментарного строения легких 9-зонного протокола: П – правое легкое; Л – левое легкое; ВД – верхняя доля; СД – средняя доля; НД – нижняя доля

Исторически первым протоколом ультразвукового осмотра легких был создан BLUE-протокол. Он был разработан для диагностики причин тяжелой дыхательной недостаточности у пациентов, поступающих в приемное отделение. Именно поэтому BLUE-протокол был направлен на быструю диагностику и выявление причин

по принципу «да-нет» [13]. 4-зонный протокол создавался для специалистов интенсивной терапии. Этот протокол был ориентирован на техническое удобство его выполнения и направлен на быстроту исследования [9]. BLUE- и 4-зонный протоколы не связаны с анатомическим строением легких, поэтому не позволяют

полноценно осматривать задние отделы нижних долей, которые чаще поражаются при пневмонии [18].

При создании модифицированного 9-зонного протокола сканирования учитывалось анатомическое строение легких, что дает возможность производить поиск пневмонического поражения не только с учетом долевого строения, но и с учетом сегментов легких [3]. С помощью этого способа сканирования возможно просмотреть все сегменты, за исключением S7 справа, прикорневое расположение которого делает его недоступным для ультразвуковой визуализации.

**Заключение.** В диагностике пневмонии возможно использовать любой из трех протоколов с высокой специфичностью и чувствительностью. Модифицированный 9-зонный протокол сканирования дает возможность производить поиск пневмонического поражения не только с учетом долевого строения, но и с учетом сегментов легких. Чувствительность 9-зонной методики в отношении определения точности посегментного выявления поражения легочной ткани наиболее высока и составляет 93%, а специфичность – 92%.

#### Литература

1. Лахин, Р.Е. Чувствительность и специфичность рентгенографических и ультразвуковых признаков в диагностике характера поражения лёгких при тяжёлой пневмонии / Р.Е. Лахин [и др.] // Медицина катастроф. – 2017. – №. 2. – С. 33–37.
2. Лахин, Р.Е. Характеристика ультразвуковых признаков в диагностике объема и характера поражения легких / Р.Е. Лахин [и др.] // Вестн. интенс. терапии. – 2016. – №. 4. – С. 5–11.
3. Способ ультразвукового осмотра пациентов при дыхательной недостаточности. Удостоверение на рационализаторское предложение № 1462671 от 02.03.2017 г. [Удостоверение ВС РФ] / Е.А. Жирнова. – СПб.: ВМА, 2017. -Alzahrani, S.A. Systematic review and meta-analysis for the use of ultrasound versus radiology in diagnosing of pneumonia / S.A. Alzahrani [et al.] // Critical ultrasound journal. – 2017. – Vol. 9, № 1. – С. 6.
4. Blaivas, M. Lung ultrasound in evaluation of pneumonia / M. Blaivas // Journal of Ultrasound in Medicine. – 2012. – Vol. 31, №. 6. – С. 823–826.
5. Berlet, T. Thoracic ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a meta-analysis // Respiratory research. – 2015. – Vol. 16, № 1. – С. 89.
6. Chavez, M. A. Lung ultrasound for the diagnosis of pneumonia in adults: a systematic review and meta-analysis / M.A. Chavez [et al.] // Respiratory research. – 2014. – Vol. 15, № 1. – С. 50.
7. Dietrich, C.F. Lung B-line artefacts and their use / C.F. Dietrich [et al.] // Journal of thoracic disease. – 2016. – Vol. 8, № 6. – С. 1356.
8. Gargani, L. How I do it: Lung ultrasound / L. Gargani [et al.] // Cardiovascular ultrasound. – 2014. – Vol. 12, №. 1. – С. 25.
9. Hew, M. The diagnostic accuracy of chest ultrasound for CT-detected radiographic consolidation in hospitalised adults with acute respiratory failure: a systematic review / M. Hew [et al.] // BMJ open. – 2015. – Vol. 5, №. 5. – С. e007838.
10. Lee, F.C.Y. Lung ultrasound – a primary survey of the acutely dyspneic patient / F.C.Y. Lee // Journal of intensive care. – 2016. – Vol. 4, № 1. – С. 57.
11. Lichtenstein, D.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol / D.A. Lichtenstein [et al.] // Chest. – 2008. – Vol. 134, № 1. – С. 117–125.
12. Lichtenstein, D.A. The BLUE-points: three standardized points used in the BLUE-protocol for ultrasound assessment of the lung in acute respiratory failure / D.A. Lichtenstein [et al.] // Critical Ultrasound Journal. – 2011. – Vol. 3, № 2. – С. 109.
13. Manolescu, D. The reliability of lung ultrasound in assessment of idiopathic pulmonary fibrosis / D. Manolescu [et al.] // Clinical interventions in aging. – 2018. – Vol. 13. – С. 437.
14. Orso, D. Lung ultrasound in diagnosing pneumonia in the emergency department: a systematic review and meta-analysis / D. Orso [et al.] // European Journal of Emergency Medicine. – 2018. – Vol. 25, № 5. – С. 312–321.
15. Pirozzi, C. Immediate versus delayed integrated point-of-care-ultrasonography to manage acute dyspnea in the emergency department / C. Pirozzi [et al.] // Critical ultrasound journal. – 2014. – Vol. 6, № 1. – С. 5.
16. Tsai, N.W. Lung ultrasound imaging in avian influenza A (H7N9) respiratory failure / N.W. Tsai [et al.] // Critical ultrasound journal. – 2014. – Vol. 6, № 1. – С. 6.
17. Volpicelli, G. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound / G. Volpicelli [et al.] // Intensive care medicine. – 2012. – Vol. 38, № 4. – С. 577–591.
18. Whitson, M.R. Ultrasonography in the emergency department / M.R. Whitson [et al.] // Critical Care. – 2016. – Vol. 20, № 1. – С. 227.
19. Zhang, Y. Lung ultrasonography for the diagnosis of 11 patients with acute respiratory distress syndrome due to bird flu H7N9 infection / Y. Zhang [et al.] // Virology journal. – 2015. – Vol. 12, № 1. – С. 176.

E.A. Zhirnova, R.E. Lahin, A.V. Shchegolev, I.N. Grachev

#### Comparison of ultrasound protocols in diagnostic of lesions of pneumonia

**Abstract.** The use of ultrasound examination of the lungs gives an idea of the lung tissue, lesion volume and affect the tactics of treatment. However, different lungs ultrasound examination protocols gives the opportunity to get different data. Using ROC analysis by standard of computed tomography were compared the sensitivity and specificity of ultrasound techniques, specifically the protocol for bedside ultrasound examination of the lungs, as well as the 4-zone and 9-zone protocols in the diagnosis of pneumonia. It was revealed that the sensitivity of the researched protocols was 97, 93 and 97%, respectively, specificity – 80, 80 and 90%, respectively. At the same time, the modified 9-zone scanning protocol makes it possible to more accurately search for pneumonic lesions, not only taking into account the lobar structure, but also taking into account the segments of the lungs. The sensitivity of the protocols of bedside ultrasound examination of the lungs, 4-zone and 9-zone in the diagnosis of pneumonic lesions in shares was 69, 80 and 97%, respectively, specificity – 60, 62 and 71%, respectively. The sensitivity of the protocols of bedside ultrasound examination of the lungs, 4-zone and 9-zone in the diagnosis of pneumonic lesions in segments was 73, 68 and 93%, respectively, specificity – 66, 68 and 92%, respectively. In the diagnosis of pneumonia, it is possible to use any of the three protocols with high specificity and sensitivity. The modified 9-zone scanning protocol makes possible to diagnose pneumonic lesions taking into account the lobar structure and taking into account the segmental structure of the lungs with higher sensitivity and specificity.

**Key words:** community-acquired pneumonia, nosocomial pneumonia, ultrasound of the lungs, computed tomography, specificity, sensitivity, diagnostics, lung lobes, lung segments, bedside ultrasound of the lungs.

Контактный телефон: +7-911-723-53-89; e-mail: kate-embrace@mail.ru