

- drome and stable lesions in stable angina by multi-detector computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2006; 47 (8): 1655–62.
6. Ternovoy S.K., Veselova T.N. Identification of unstable coronary plaques by multislice computed tomography. *REJR.* 2014; 4 (1): 7–13. Available at: <http://www.rejr.ru/2011-01-25-13-42-35/588.html> (in Russian).
 7. Kitagawa T., Yamamoto H., Horiguchi J., Ohhashi N., Tadehara F., Shokawa T. et al. Characterization of Noncalcified coronary plaques and identification of culprit lesions in patients with acute coronary syndrome by 64-slice computed tomography. *JACC: Cardiovascular Imaging.* 2009; 2 (2): 153–9.
 8. Motoyama S., Sarai M., Harigaya H., Anno H., Inoue K., Hara T. et al. Computed tomographic angiography characteristics of atherosclerotic plaques subsequently resulting in acute coronary syndrome. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2009; 54: 49–57.
 9. Virmani R., Narula J., Leon M.B., Willerson J.T. *The Vulnerable Atherosclerotic Plaque: Strategies for Diagnosis and Management.* NY: Wiley-Blackwell; 2006: 384.
 10. Cademartiri F., Casolo G., Midiri M. *Clinical Applications of Cardiac CT.* Springer; 2012: 380.
 11. Boogers M.J., Broersen A., van Velzen J.E., de Graaf F.R., El-Naggar H.M., Kitslaar P.H. et al. Automated quantification of coronary plaque with computed tomography: comparison with intravascular ultrasound using a dedicated registration algorithm for fusion-based quantification. *Eur. Heart J.* 2012; 33 (8): 1007–16.
 12. Motoyama S., Kondo T., Anno H. et al. Atherosclerotic plaque characterization by 0.5-mm-slice multislice computed tomographic imaging. *Circ. J.* 2007; 71 (3): 363–6.
 13. Kataoka Y., Wolski K., Balog C., Uno K., Puri R., Tuzcu E.M. et al. Progression of coronary atherosclerosis in stable patients with ultrasonic features of high-risk plaques. *Eur. Heart J.: Cardiovascular Imaging.* 2014; 15: 1035–41.
 14. Kashiwagi M., Tanaka A., Kitabata H., Tsujioka H., Kataiwa H., Komukai K. et al. Feasibility of noninvasive assessment of thin-cap fibroatheroma by multidetector computed tomography. *J. Am. Coll. Cardiol. Img.* 2009; 2: 1412–9.
 15. Veselova T.N., Merkulova I.N., Merkulov E.V., Mironov V.M., Ternovoy S.K., Ruda M.Ya. Noninvasive assessment of coronary atherosclerosis in patients with acute coronary syndrome by multislice computed tomography. *Meditsinskaya Vizualizatsiya.* 2010; 3: 2–10 (in Russian).
 16. Sato A. Coronary plaque imaging by coronary computed tomography angiography. *World J. Radiol.* 2014; 6 (5): 148–59.
 17. Veselova T.N., Merkulova I.N., Barysheva N.A., Ternovoy S.K., Sharia M.A., Ruda M.Ya. Comparison of characteristics of atherosclerotic plaques in patients with acute coronary syndrome and stable ischemic heart disease: data of multispiral computed tomography. *Kardiologiya.* 2013; 12: 14–20 (in Russian).
 18. Pundziute G., Schuijff J.D., Jukema J.W., Jukema W., Decramer I., Sarno G. et al. Evaluation of plaque characteristics in acute coronary syndromes: non-invasive assessment with multi-slice computed tomography and invasive evaluation with intravascular ultrasound radiofrequency data analysis. *Eur. Heart J.* 2008; 29 (19): 2373–81.

Поступила 13.03.2015 г.

© М.Н. АЛЕХИН, 2015

УДК 616.24-073.431.1

DOI: 10.15275/kreatkard.2015.01.03

Ультразвуковое исследование легких для диагностики внесосудистой жидкости

М.Н. Алехин

ФГБУ «Центральная клиническая больница с поликлиникой» Управления делами Президента РФ;
ул. Маршала Тимошенко, 15, Москва, 121356, Российская Федерация

Алехин Михаил Николаевич, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением, e-mail: amn@mail.ru

В обзоре рассматриваются возможности и ограничения ультразвукового исследования легких с целью диагностики появления и накопления внесосудистой жидкости в легких у кардиологических больных. При этом в качестве маркера появления и накопления внесосудистой жидкости в паренхиме легких

используются артефакты ультразвукового изображения, называемые В-линиями. В обзоре представлены возможные механизмы возникновения этих артефактов, методики выполнения исследования и оценки его результатов.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование легких; ультразвуковые кометы легких; ультразвуковые артефакты; В-линии.

Lung ultrasonography in the diagnosis of extravascular lung water

M.N. Alekhin

Central Clinical Hospital of the Presidential Medical Center; ulitsa Marshala Timoshenko, 15, Moscow, 121356, Russian Federation

Alekhin Mikhail Nikolaevich, MD, DM, Professor, Chief of Department, e-mail: amn@mail.ru

This review article provides an overview of lung ultrasonography in the diagnosis of extravascular lung water through assessment of ultrasound artefacts like B-lines (Ultrasound lung comets). In addition, we describe a genesis, standardized technique for identifying B-lines and its utility in recognizing the presence of extravascular lung water.

Key words: lung ultrasonography; ultrasound lung comets; ultrasound artefacts; B-lines.

Представления о невозможности исследования легких с помощью ультразвука вследствие их воздушности, постулируемые в ряде руководств и подтверждающиеся повседневной практикой эхокардиографических исследований, претерпели существенные изменения. Действительно, в связи с тем что ультразвуковая энергия очень быстро затухает в воздушной легочной ткани, визуализировать паренхиму легких в стандартных условиях у здоровых лиц невозможно. Однако при развитии целого ряда патологических поражений легочной паренхимы или плевральной полости воздушность легочной ткани может уменьшаться, что позволяет диагностировать эти патологические изменения при ультразвуковом исследовании легких [1, 2]. За последнее десятилетие в практике urgentной эхокардиографии с успехом используется и ультразвуковое исследование легких с целью выявления внесосудистой жидкости в паренхиме легочной ткани и оценки ее количества. С этой целью была разработана концепция ультразвуковых комет легких (В-линий) в качестве маркера появления и накопления внесосудистой жидкости в паренхиме легких [3–5].

При нормальной вентиляции легочной ткани при ультразвуковом исследовании удается визуализировать только плевру, ко-

торая предстает в виде гиперэхогенной горизонтальной линии. До сих пор идут дебаты, представляет ли плевральная линия собой собственно плевру, или является артефактом ультразвукового изображения из-за феномена отражения между альвеолярным воздухом и мягкими тканями грудной стенки [6]. Несмотря на эти дебаты, плевральная линия с успехом используется в диагностике. Наличие этой линии является одним из признаков отсутствия пневмоторакса. 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. Эти линии называют А-линии (рис. 1). В совокупности со скольжением легких эти реверберационные артефакты представляют собой картину нормального или избыточного содержания воздуха в альвеолах. При уменьшении воздушности легочной паренхимы вследствие разнообразных причин, таких как накопление внесосудистой жидкости или развитие фиброза, разница в акустическом импедансе между измененной легочной паренхимой и окружающими тканями уменьшается, что позволяет ультразвуковому лучу частично про-

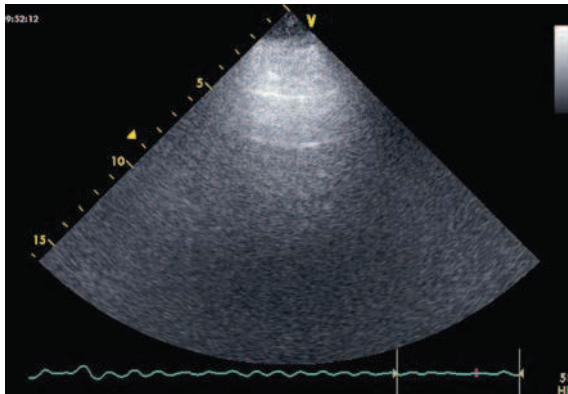


Рис. 1. Ультразвуковое исследование легких у здорового пациента. Регистрируются горизонтальные артефакты в виде двух параллельных линий (А-линии), расположенные позади плевры

никать в легочную паренхиму в зоне междольковых перегородок с формированием реверберационных ультразвуковых вертикально направленных сигналов, которые получили название В-линий.

До недавнего времени для обозначения В-линий использовались различные термины. D. Lichtenstein и соавт. [3] использовали термин «артефакт хвоста кометы» для обозначения единичного артефакта. Для обозначения множественных артефактов использовали термин «артефакт», а в обиходном общении их называли «легочные ракеты». Другие авторы использовали термины «хвост кометы», «ультразвуковое изображение хвоста кометы» [7, 8]. E. Ricano и соавт. [5] считали, что не следует употреблять термин «артефакты» и предлагали их просто называть «ультразвуковые кометы легких», так как в основе появления хвоста кометы лежит не только артефакт: первый эхосигнал формируется за счет утолщенной междольковой перегородки и не является собственно артефактом. В последние годы активно использовался термин «В-линии», и в 2012 г. термин был принят для обозначения этих артефактов международным комитетом экспертов по ультразвуковому (УЗ) исследованию легких [9].

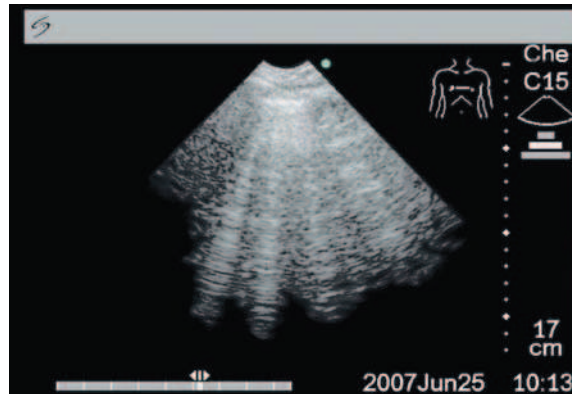


Рис. 2. Ультразвуковое исследование легких у больного острым повторным инфарктом миокарда, осложненным острой левожелудочковой недостаточностью. Регистрируются множественные вертикальные артефакты, представляющие собой В-линии

В-линии определяют как дискретные, лазероподобные вертикальные гиперэхогенные реверберационные артефакты, возникающие от плевральной линии, распространяющиеся до дальнего края экрана без затухания сигнала идвигающиеся синхронно со скольжением легких [9] (рис. 2). Множественные В-линии считаются ультразвуковым признаком интерстициального синдрома легких, и их количество увеличивается по мере уменьшения аэрации легких и увеличения плотности легочной ткани [10]. Если аэрация легких продолжает уменьшаться, то это может привести к консолидации (уплотнению) легочной ткани, что сопровождается появлением возможности ультразвуковой визуализации собственно легочной паренхимы. Консолидация легочной паренхимы может быть результатом инфекционного процесса, инфаркта при эмболии легочной артерии, развития опухоли или метастазов, вследствие компрессии из-за обструктивного ателектаза или при контузии легких после травмы грудной клетки [6, 8].

Механизмы формирования В-линий при исследовании легких до конца не выяснены. В соответствии с современными представлениями о генезе В-линий они образуются от множества мелких субплев-

рально расположенных отражательных поверхностей на границе между воздушными альвеолами и содержащими интерстициальную жидкость междольковыми перегородками [3]. Воздух и жидкость представляют собой элементы с очень разным акустическим сопротивлением. В результате попадания ультразвука на границу между заполненными жидкостью междольковыми промежутками и воздушными альвеолами возникают множественные реверберации, которые визуализируются на экране в виде вертикальных линейных артефактов, их называют В-линиями. Таким образом, основным физическим элементом для формирования В-линий выступает утолщенная междольковая перегородка. Однако в практике могут наблюдаться не только обозначенные выше, но и другие структурные изменения, которые способны генерировать В-линии: 1) увеличение содержания жидкости в паренхиме легких (увеличение плотности); 2) увеличение тканевого компонента легочной паренхимы (увеличение плотности); 3) снижение вентиляции и воздушности легких вследствие разных причин (увеличение плотности); 4) микроузелки, нарушения целостности плевры и субплевральные микроконсолидации [11].

В-линии могут наблюдаться и в норме, особенно в нижнелатеральной части лег-

ких [3]. Частота их выявления в норме варьируется от 14 до 28% [3, 12, 13].

Таким образом, дифференцировать генез образования В-линий при интерстициальном синдроме следует на основании всего комплекса клинико-инструментальных и лабораторных данных, так как В-линии неспецифичны.

Методика обследования легких

Ультразвуковое исследование легких с целью выявления В-линий может быть выполнено практически любым УЗ-сканером с двумерной визуализацией, включая портативные, с частотами сканирования 1,6–5 МГц [5]. Ультразвуковое исследование легких можно выполнить над всей поверхностью легких, располагая датчик в межреберных промежутках. Датчик можно расположить продольно, перпендикулярно ребрам и в косом направлении, параллельно ребрам. При продольном сканировании легких визуализируется так называемый симптом летучей мыши [6]. Он формируется за счет сочетания теней от верхнего и нижнего ребер (крылья летучей мыши) и от расположенной чуть глубже плевральной линии (спина мыши) (рис. 3). При сканировании в косом направлении удастся визуализировать плевральную линию на несколько большем протяжении, и она не прерывается тенями от ребер.

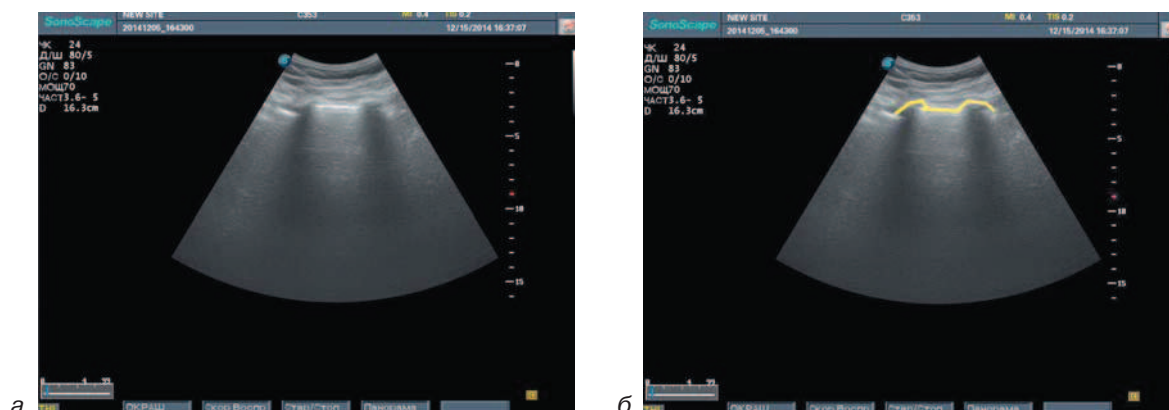


Рис. 3. Ультразвуковое исследование легких конвексным датчиком: *а* – УЗ-изображение; *б* – схема. При продольном расположении датчика тени от ребер в совокупности с плеврой создают УЗ-картину так называемого симптома летучей мыши

По мнению экспертов международного комитета по ультразвуковому исследованию легких, возможно использование нескольких методических подходов для оценки интерстициального синдрома, ультразвуковым признаком которого являются множественные В-линии [9, 14]. Идеально сканировать 8 зон. Однако в некоторых случаях можно ограничиться сканированием двух передних зон. Третий способ заключается в сканировании 28 межреберных промежутков. Остановимся подробнее на этих методиках сканирования легких для оценки В-линий.

Для оценки В-линий можно ограничиться передней и латеральной поверхностями легких, которые разделяют на 8 зон (2 передние и 2 боковые с каждой стороны). Передние зоны распространяются от парастернальной линии до передней подмышечной, боковые – от передней до задней подмышечной линии. Верхняя и нижняя зоны располагаются между ключицей и вторым–третьим межреберным промежутками и между третьим межреберьем и диафрагмой соответственно [15]. Каждая из 8 зон грудной клетки включает 2–3 межреберных промежутка. Сканирование должно выполняться через межреберные промежутки с максимальной визуализацией плевральной линии. При этом основными элементами анализа являются В-линии. Положительным (патологическим) результатом сканирования является сочетание трех признаков: 1) множественных артефактов в одном скане (не менее 3); 2) диффузного распространения (более чем один скан на каждой стороне); 3) двухстороннего поражения. По данным G. Volpicelli и соавт. [15], при таком подходе продолжительность УЗ-исследования никогда не превышала 3 мин.

Другой способ оценки В-линий может ограничиваться сканированием только передних поверхностей легких, что оправданно у тяжелых больных для быстрой оценки наличия интерстициального синдрома в критических ситуациях, так как вре-

мя исследования при этом составляет не более 30 с [16, 17].

В ранних работах использовалась следующая методика выявления и оценки В-линий: УЗ-исследование проводится в положении пациента на спине, при этом датчик располагается в продольном направлении на передней и боковой поверхностях грудной клетки справа во втором–пятом межреберных промежутках, а слева во втором–четвертом межреберьях. В каждом межреберном промежутке регистрируется количество изображений с патологическим артефактом по парастернальной, среднеключичной, передней и средней подмышечным линиям. Суммируя такие изображения, получают УЗ-индекс патологических В-линий [4, 5].

Наряду с УЗ-индексом патологических В-линий, который представляет собой количественную величину, предлагалась и полуколичественная оценка В-линий исходя из градаций, предложенных E. Pisanò и соавт. [5] (см. таблицу).

В ранних работах указывалось на возможность быстрой оценки наличия В-линий при сканировании только третьего межреберного промежутка по переднеподмышечной линии справа [4]. Это основывалось на том, что чаще всего В-линии при кардиогенном отеке легких выявлялись в третьем межреберном промежутке по переднеподмышечной линии справа, и коэффициент корреляции числа В-линий в этой точке с рентгенологическим индексом внесосудистой жидкости в легких составлял 0,64 ($p < 0,01$) [4]. Очевидно, что это может быть использовано только в тех случаях,

Полуколичественная оценка В-линий

Степень	Количество В-линий	Количество внесосудистой жидкости в легких
0	<5	Нет
1	5–14	Небольшое
2	15–30	Умеренное
3	>30	Выраженное

когда кардиогенный генез В-линий уже установлен. Некоторые авторы исследовали и заднюю поверхность легких [18], однако это не всегда удобно у лежачих больных.

При УЗ-исследовании легких не каждый вертикальный артефакт представляет собой В-линию. У больных с подкожной эмфиземой могут наблюдаться Е-линии, представляющие собой также вертикальные и похожие на В-линии сигналы, но они возникают от грудной стенки, а не от плевральной линии [19]. Наряду с В-линиями от плевральной линии могут наблюдаться неглубоко распространяющиеся, всего на несколько сантиметров, Z-линии, значение которых остается невыясненным [19].

Если при УЗ-исследовании выявляются жидкость в легких, плевральные спайки или другие изменения легочной ткани с визуализацией спавшейся легочной ткани, тогда окружающие поверхности легких нередко становятся источниками В-линий [3, 15], поэтому выявление В-линий в каких-либо зонах легких не обязательно обусловлено диффузным интерстициальным накоплением жидкости в легких. В связи с этим, как уже отмечалось, для диффузного альвеолярно-интерстициального синдрома диагностически значимо выявление патологических В-линий не менее чем в двух зонах для каждой половины грудной клетки [15].

Ультразвуковое исследование легких с целью выявления В-линий характеризуется низкой *вариабельностью*, которая составляет 3,1–5% при проведении исследования одним и тем же исследователем и 4,4–7% при оценке данных разными исследователями [4, 7]. Наиболее воспроизводимые результаты удается получить при подсчете максимального количества В-линий в каждом скане [20].

Еще одним преимуществом использования этой методики обследования является возможность быстрого обучения и получение воспроизводимых и достоверных результатов не только опытными, но и начинающими осваивать эту методику врача-

ми независимо от качества используемого УЗ-прибора [8].

Доступность, простота исследования, возможность его выполнения непосредственно у постели больного вне зависимости от положения тела пациента, а также отсутствие ионизирующей радиации являются несомненными преимуществами по сравнению с рентгенографией грудной клетки для выявления внесосудистой жидкости в легких. При использовании В-линий для выявления отека легких согласие с данными рентгенографии грудной клетки составляет 95% [21]. По чувствительности УЗ-исследование легких превосходит рентгенографию грудной клетки в диагностике отека легких [22, 23]. По данным N. Xirouchaki и соавт. [23], рентгенологическое исследование легких показало чувствительность 46% и специфичность 80%, а соответствующие показатели по данным анализа В-линий составили 94 и 93%.

Клиническое значение В-линий

Существует линейная корреляция между количеством В-линий и рентгенологическим индексом внесосудистой жидкости в легких ($r=0,78$; $p<0,01$), а также при сопоставлении динамики количества В-линий и рентгенологического индекса внесосудистой жидкости в легких ($r=0,89$; $p<0,01$) [4].

Диффузное и двухстороннее расположение множественных В-линий является патологическим признаком, характерным для интерстициального синдрома. Уже в первой работе D. Lichtenstein и соавт. [3] была показана высокая чувствительность (93,4%) и специфичность (93%) В-линий в диагностике интерстициального синдрома при сравнении с данным рентгенографии легких и окончательным клиническим диагнозом. В последующем высокие значения чувствительности (85,7%) и специфичности (97,7%) В-линий в диагностике интерстициального синдрома были подтверждены и другими исследователями [15].

В-линии существенно коррелируют с выраженностью сердечной недостаточности при ее оценке по классификации NYHA, а эффективная терапия приводит к уменьшению класса сердечной недостаточности и количества В-линий [24, 25]. М.Н. Miglioranza и соавт. [26] предложили использовать количественное значение В-линий 15 и более для быстрого выявления декомпенсации сердечной недостаточности у амбулаторных больных с хронической сердечной недостаточностью.

В-линии могут быть использованы в качестве показателя, позволяющего мониторировать изменения количества внесосудистой жидкости в легких. Это обстоятельство было подтверждено не только у больных с острой и хронической сердечной недостаточностью, но и у больных, находящихся на хроническом гемодиализе, а также у критических больных в шоковом состоянии [16, 27–32]. В недавно выполненном исследовании Р. Theerawit и соавт. [32] у больных с септическим шоком 120 мл положительного водного баланса сопровождалось увеличением на одну В-линию при УЗ-исследовании легких.

Как уже отмечалось ранее, В-линии могут быть и в норме, особенно в нижних латеральных отделах легких и с правой стороны. Интерпретация В-линий в нижних латеральных отделах легких должна проводиться с осторожностью. Такие В-линии, как единичные, так и множественные, могут быть не только в норме, но и у больных с консолидацией легких при пневмонии или ателектазе. В подобных случаях клиника одышки в сочетании с другими физикальными симптомами, а также с лихорадкой и сниженной оксигенацией крови позволяет дифференцировать патологическое состояние от нормы. У пациентов с одышкой патологическое состояние следует подозревать вплоть до того момента, пока оно не будет исключено другими диагностическими методами. У здоровых лиц выявление В-линий в нижних и латеральных отделах легких с высо-

кой вероятностью указывает на то, что они не являются патологическими.

Этот синдром может наблюдаться при фиброзе легких, остром респираторном дистресс-синдроме, интерстициальной пневмонии и остром отеке легких [15]. Разная клиническая картина этих заболеваний позволяет определить их причину, несмотря на однотипную УЗ-картину в легких. Продолжительность заболевания может указывать на преимущественно легочный генез интерстициального синдрома за счет легочного фиброза в отличие от быстро развивающейся симптоматики при отеке легких. В качестве дополнительных признаков могут быть использованы некоторые особенности при выявлении В-линий. При фиброзе легких В-линии одинаково распределяются над поверхностью легких, а при кардиогенном отеке легких наряду с билатеральным распространением все же можно отметить их большее количество над правым легким [33]. Утолщение межальвеолярных перегородок из-за накопления интерстициальной жидкости представляет собой обратимый процесс и под воздействием терапии диуретиками количество В-линий быстро уменьшается. В случае необратимых пролиферативных изменений с отложением коллагена и утолщением межальвеолярных перегородок динамика количества В-линий не наблюдается. Исходя из этого, динамика В-линий в ответ на терапию диуретиками может помочь дифференцировать обратимые изменения межальвеолярных перегородок у больных с сердечной недостаточностью от необратимых изменений при другом генезе интерстициального синдрома.

Если у больных с одышкой при УЗ-исследовании легких В-линии не обнаруживаются или находятся в минимальном количестве непосредственно над диафрагмой, то следует подумать о других возможных причинах: хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), остром бронхите и эмболии легочной артерии. В-линии могут помочь в дифференциальной

диагностике одышки у больных с отеком легких от одышки у больных с ХОБЛ. По данным D.A. Lichtenstein, G.A. Mezière [34] у всех 40 больных с отеком легкого были зарегистрированы В-линии и только у 2 из 26 больных с ХОБЛ. У этих двух пациентов с ложноположительным результатом в группе больных ХОБЛ была диагностирована пневмония в зоне выявления В-линий.

Неспецифичный характер В-линий может быть частично преодолен при их совместной оценке с другими признаками и клиническими симптомами, поэтому оценка В-линий при УЗ-исследовании легких является одним из важнейших компонентов при целом ряде алгоритмов диагностики и ведения больных различного профиля. Особенно популярны такие алгоритмы для быстрой диагностики у пациентов, находящихся в критических состояниях. D. Lichtenstein и соавт. [35] используя В-линии в качестве элемента BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency) протокола удалось правильно установить причину острой дыхательной недостаточности в 90,5% случаев. Быстрое выявление В-линий при УЗ-исследовании легких позволяет мониторировать количество жидкости в легких и может быть сигналом для коррекции лечебной тактики ведения больных в шоковом состоянии. С этой целью был предложен протокол FALLS (Fluid Administration Limited by Lung Sonography) – введения жидкости на основе ультразвукового исследования легких [29, 36, 37].

У пациентов с остро развившейся одышкой совместная оценка В-линий (10 и более), фракции выброса (менее 45%) и коллабирования нижней полой вены (менее 20%) позволяла со 100% специфичностью диагностировать острую декомпенсацию сердечной недостаточности, но чувствительность при этом составляла только 36% [20].

Полезной может быть совместная оценка В-линий и характеристик плевральной линии при УЗ-исследовании. Гладкая, тонкая и ровная плевральная линия в совокуп-

ности с множественными В-линиями свидетельствует в пользу кардиогенного отека, а для легочного генеза в большей степени свойственна утолщенная, шероховатая и неровная плевральная линия [11, 38]. Ряд авторов указывают на свойственную отеку легких закономерность распределения количества В-линий с их наибольшим количеством в нижних или латеральных зонах вследствие силы тяжести [38, 39]. Как уже отмечалось ранее, на фоне терапии диуретиками В-линии, обусловленные накоплением интерстициальной жидкости при кардиальном генезе, могут исчезать уже через несколько часов [5, 27].

Таким образом, УЗ-исследование легких может быть очень полезным у больных кардиологического профиля, особенно при наличии одышки. Выявление множественных В-линий при УЗ-исследовании легких обычно точно указывают на наличие в них патологических изменений. Эти изменения могут быть обусловлены как острыми, так и хроническими поражениями интерстициальной ткани: сердечной декомпенсацией, острым респираторным дистресс-синдромом, интерстициальной пневмонией или диффузным фиброзом легких. Дифференциальная диагностика между этими состояниями не может быть выполнена только на основании УЗ-исследования легких и должна проводиться с использованием всего комплекса инструментальной и лабораторной диагностики.

В случае обнаружения кардиального генеза В-линий за счет накопления интерстициальной жидкости в легких УЗ-исследование может быть использовано для оценки ее количества и для динамического наблюдения в ходе лечения. Простота выявления В-линий в легких, доступность ультразвукового оборудования и возможность быстрого освоения метода могут способствовать более широкому внедрению метода в клиническую практику.

Конфликт интересов

Конфликт интересов не заявляется.

Литература

1. Шахов Б.Е., Сафонов Д.В. Трансторакальное ультразвуковое исследование легких и плевры. Н. Новгород: Издательство Нижегородской государственной медицинской академии; 2002.
2. Казакевич В.И. Ультразвуковое исследование грудной клетки при опухолях легких. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена; 2003.
3. Lichtenstein D., Meziere G., Biderman P., Gerner A., Barre O. The comet-tail artifact an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997; 156: 1640–6.
4. Jambrik Z., Monti S., Coppola V. et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93 (10): 1265–70.
5. Picano E., Frassi F., Agricola E., Gligorova S., Gargani L., Mottola G. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006; 19 (3): 356–63.
6. Gargani L., Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2014; 4 (12): 25.
7. Agricola E., Bove T., Oppizzi M., Marino G., Zangrillo A., Margonato A., Picano E. “Ultrasound comet-tail images”: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.* 2005; 127 (5): 1690–5.
8. Bedetti G., Gargani L., Combisiero A., Frassi F., Poggianti E., Mottola G. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2006; 4: 34.
9. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38: 577–91.
10. Baldi G., Gargani L., Abramo A., D’Errico L., Caramella D., Picano E. et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study. *Intensive Care Med.* 2013; 39 (1): 74–84.
11. Smargiassi A., Inchingolo R., Soldati G. et al. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document II. *Multidiscip. Respir. Med.* 2013; 8 (1): 55.
12. Reissig A., Kroegel C. Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet tail artifacts. *J. Ultrasound Med.* 2003; 22: 173–80.
13. Wohlgenannt S., Gehmacher O., Gehmacher U. et al. Sonographic findings in interstitial lung diseases. *Ultraschall Med.* 2001; 22: 27–31.
14. Tsverava M., Tsverava D. “Comet tail” artefact in diagnosis of pulmonary congestion in patients with diastolic heart failure. *Georgian Med. News.* 2010; 187: 28–35.
15. Volpicelli G., Mussa A., Garofalo G. et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am. J. Emerg. Med.* 2006; 24: 689–96.
16. Lichtenstein D.A., Meziere G.A., Lagoueyte J.F., Biderman P., Goldstein I., Gepner A. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest.* 2009; 136 (4): 1014–20.
17. Lichtenstein D.A., Meziere G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117–25.
18. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Rouby J.J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit. Care.* 2007; 11 (1): 205.
19. Lichtenstein D.A., Meziere G., Lascols N. et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit. Care Med.* 2005; 33: 1231–8.
20. Anderson K.L., Fields J.M., Panebianco N.L., Jenq K.Y., Marin J., Dean A.J. Inter-rater reliability of quantifying pleural B-lines using multiple counting methods. *J. Ultrasound. Med.* 2013; 32 (1): 115–20.
21. Zanobetti M., Poggioni C., Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest.* 2011; 139 (5): 1140–7.
22. Vitturi N., Soattin M., Allemand E., Simoni F., Realdi G. Thoracic ultrasonography: A new method for the work-up of patients with dyspnea. *J. Ultrasound.* 2011; 14 (3): 147–51.
23. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K. et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med.* 2011; 37:1488–93.
24. Frassi F., Gargani L., Gligorova S., Ciampi Q., Mottola G., Picano E. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur. J. Echocardiogr.* 2007; 8 (6): 474–9.
25. Platz E., Hempel D., Pivetta E., Rivero J., Solomon S.D. Echocardiographic and lung ultrasound characteristics in ambulatory patients with dyspnea or prior heart failure. *Echocardiography.* 2014; 31 (2): 133–9.
26. Miglioranza M.H., Gargani L., Sant’Anna R.T., Rover M.M., Martins V.M., Mantovani A. et al. Lung ultrasound for the evaluation of pulmonary congestion in outpatients: a comparison with clinical assessment, natriuretic peptides, and echocardiography. *JACC: Cardiovasc Imaging.* 2013; 6 (11): 1141–51.
27. Гришин А.М. Ультразвуковое исследование для выявления внесосудистой жидкости в легких у больных с сердечной недостаточностью: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2011.
28. Basso F., Milan Manani S., Cruz D.N. et al. Comparison and reproducibility of techniques for fluid status assessment in chronic hemodialysis patients. *Cardiorenal Med.* 2013; 3 (2): 104–12.
29. Lichtenstein D. Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol). *Expert Rev. Respir. Med.* 2012; 6 (2): 155–62.

30. Bilotta F., Giudici L.D., Zeppa I.O., Guerra C., Stazi E., Rosa G. Ultrasound imaging and use of B-lines for functional lung evaluation in neurocritical care: a prospective, observational study. *Eur. J. Anaesthesiol.* 2013; 30 (8): 464–8.
31. Vitturi N., Dugo M., Soattin M., Simoni F., Maresca L., Zagatti R., Maresca M.C. Lung ultrasound during hemodialysis: the role in the assessment of volume status. *Int. Urol. Nephrol.* 2014; 46 (1): 169–74.
32. Theerawit P., Touman N., Sutherasan Y., Kiatboonsri S. Transthoracic ultrasound assessment of B-lines for identifying the increment of extravascular lung water in shock patients requiring fluid resuscitation. *Indian J. Crit. Care Med.* 2014; 18 (4): 195–9.
33. Squeri A. (ed.) Hot Topics in Echocardiography. InTech; 2013. DOI: 10.5772/57354.
34. Lichtenstein D., Mezière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med.* 1998; 24: 1331–4.
35. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134: 117–25.
36. Lichtenstein D. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel.* 2013; 5 (3): 142–7.
37. Lichtenstein D.A. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann. Intensive Care.* 2014; 4 (1): 1.
38. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2008; 6: 16.
39. Sartori S., Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases. *World J. Radiol.* 2010; 2 (6): 203–14.
6. Gargani L., Volpicelli G. How I do it: Lung ultrasound. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2014; 4 (12): 25.
7. Agricola E., Bove T., Oppizzi M., Marino G., Zangrillo A., Margonato A., Picano E. “Ultrasound comet-tail images”: a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.* 2005; 127 (5): 1690–5.
8. Bedetti G., Gargani L., Combisiero A., Frassi F., Poggianti E., Mottola G. Evaluation of ultrasound lung comets by hand-held echocardiography. *Cardiovasc. Ultrasound.* 2006; 4: 34.
9. Volpicelli G., Elbarbary M., Blaivas M. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med.* 2012; 38: 577–91.
10. Baldi G., Gargani L., Abramo A., D’Errico L., Caramella D., Picano E. et al. Lung water assessment by lung ultrasonography in intensive care: a pilot study. *Intensive Care Med.* 2013; 39 (1): 74–84.
11. Smargiassi A., Inchingolo R., Soldati G. et al. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document II. *Multidiscip. Respir. Med.* 2013; 8 (1): 55.
12. Reissig A., Kroegel C. Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet tail artifacts. *J. Ultrasound. Med.* 2003; 22: 173–80.
13. Wohlgenannt S., Gehmacher O., Gehmacher U. et al. Sonographic findings in interstitial lung diseases. *Ultraschall Med.* 2001; 22: 27–31.
14. Tsverava M., Tsverava D. “Comet tail” artefact in diagnosis of pulmonary congestion in patients with diastolic heart failure. *Georgian Med. News.* 2010; 187: 28–35.
15. Volpicelli G., Mussa A., Garofalo G. et al. Bedside lung ultrasound in the assessment of alveolar-interstitial syndrome. *Am. J. Emerg. Med.* 2006; 24: 689–96.
16. Lichtenstein D.A., Mezière G.A., Lagoueyte J.F., Biderman P., Goldstein I., Gepner A. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest.* 2009; 136 (4): 1014–20.
17. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest.* 2008; 134 (1): 117–25.
18. Bouhemad B., Zhang M., Lu Q., Rouby J.J. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit. Care.* 2007; 11 (1): 205.
19. Lichtenstein D.A., Mezière G., Lascols N. et al. Ultrasound diagnosis of occult pneumothorax. *Crit. Care Med.* 2005; 33: 1231–8.
20. Anderson K.L., Fields J.M., Panebianco N.L., Jenq K.Y., Marin J., Dean A.J. Inter-rater reliability of quantifying pleural B-lines using multiple counting methods. *J. Ultrasound. Med.* 2013; 32 (1): 115–20.
21. Zanobetti M., Poggioni C., Pini R. Can chest ultrasonography replace standard chest radiography for

References

1. Shakhov B.E., Safonov D.V. Transthoracic ultrasound of the lung and pleura. Nizhny Novgorod: Izdatel'stvo Nizhegorodskoy Gosudarstvennoy Meditsinskoy Akademii; 2002 (in Russian).
2. Kazakevich V.I. Ultrasound examination of the chest with lung tumors Moscow: MNIOI imeni P.A. Gertsena; 2003 (in Russian).
3. Lichtenstein D., Meziere G., Biderman P., Gerner A., Barre O. The comet-tail artifact an ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997; 156: 1640–6.
4. Jambrik Z., Monti S., Coppola V. et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am. J. Cardiol.* 2004; 93 (10): 1265–70.
5. Picano E., Frassi F., Agricola E., Gligorova S., Gargani L., Mottola G. Ultrasound lung comets: a clinically useful sign of extravascular lung water. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2006; 19 (3): 356–63.

- evaluation of acute dyspnea in the ED? *Chest*. 2011; 139 (5): 1140–7.
22. Vitturi N., Soattin M., Allemand E., Simoni F., Realdi G. Thoracic ultrasonography: A new method for the work-up of patients with dyspnea. *J. Ultrasound*. 2011; 14 (3): 147–51.
 23. Xirouchaki N., Magkanas E., Vaporidi K. et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med*. 2011; 37:1488–93.
 24. Frassi F., Gargani L., Gligorova S., Ciampi Q., Mottola G., Picano E. Clinical and echocardiographic determinants of ultrasound lung comets. *Eur. J. Echocardiogr*. 2007; 8 (6): 474–9.
 25. Platz E., Hempel D., Pivetta E., Rivero J., Solomon S.D. Echocardiographic and lung ultrasound characteristics in ambulatory patients with dyspnea or prior heart failure. *Echocardiography*. 2014; 31 (2): 133–9.
 26. Miglioranza M.H., Gargani L., Sant'Anna R.T., Rover M.M., Martins V.M., Mantovani A. et al. Lung ultrasound for the evaluation of pulmonary congestion in outpatients: a comparison with clinical assessment, natriuretic peptides, and echocardiography. *JACC: Cardiovasc Imaging*. 2013; 6 (11): 1141–51.
 27. Grishin A.M. Ultrasound examination for detection of extravascular fluid in the lungs in patients with heart failure. Dr. Med. Sci. Diss. Author's abstract. Moscow.; 2011 (in Russian).
 28. Basso F., Milan Manani S., Cruz D.N. et al. Comparison and reproducibility of techniques for fluid status assessment in chronic hemodialysis patients. *Cardiorenal Med*. 2013; 3 (2): 104–12.
 29. Lichtenstein D. Fluid administration limited by lung sonography: the place of lung ultrasound in assessment of acute circulatory failure (the FALLS-protocol). *Expert Rev. Respir. Med*. 2012; 6 (2): 155–62.
 30. Bilotta F., Giudici L.D., Zeppa I.O., Guerra C., Stazi E., Rosa G. Ultrasound imaging and use of B-lines for functional lung evaluation in neurocritical care: a prospective, observational study. *Eur. J. Anaesthesiol*. 2013; 30 (8): 464–8.
 31. Vitturi N., Dugo M., Soattin M., Simoni F., Maresca L., Zagatti R., Maresca M.C. Lung ultrasound during hemodialysis: the role in the assessment of volume status. *Int. Urol. Nephrol*. 2014; 46 (1): 169–74.
 32. Theerawit P., Touman N., Sutherland Y., Kiatboonsri S. Transthoracic ultrasound assessment of B-lines for identifying the increment of extravascular lung water in shock patients requiring fluid resuscitation. *Indian J. Crit. Care Med*. 2014; 18 (4): 195–9.
 33. Squeri A. (ed.) Hot Topics in Echocardiography. InTech; 2013. DOI: 10.5772/57354.
 34. Lichtenstein D., Mezière G. A lung ultrasound sign allowing bedside distinction between pulmonary edema and COPD: the comet-tail artifact. *Intensive Care Med*. 1998; 24: 1331–4.
 35. Lichtenstein D.A., Mezière G.A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008; 134: 117–25.
 36. Lichtenstein D. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. *Heart Lung Vessel*. 2013; 5 (3): 142–7.
 37. Lichtenstein D.A. Lung ultrasound in the critically ill. *Ann. Intensive Care*. 2014; 4 (1): 1.
 38. Copetti R., Soldati G., Copetti P. Chest sonography: a useful tool to differentiate acute cardiogenic pulmonary edema from acute respiratory distress syndrome. *Cardiovasc. Ultrasound*. 2008; 6: 16.
 39. Sartori S., Tombesi P. Emerging roles for transthoracic ultrasonography in pulmonary diseases. *World J. Radiol*. 2010; 2 (6): 203–14.

Поступила 13.03.2015 г.