

Ультразвуковая оценка маневра рекрутирования альвеол у пациентов с тяжелой пневмонией

Р.Е. Лахин^{1*}, Е.А. Жирнова², В.В. Шустров¹, С.Г. Шульман³, А.А. Емельянов¹, Б.Н. Богомолов¹

Кафедра военной анестезиологии и реаниматологии

¹ ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» МО РФ

Российская Федерация, 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова

Российская Федерация, 190103, Санкт-Петербург, наб. Фонтанки, д. 154

³ ФГКУ «1602 Военный клинический госпиталь» МО РФ

Российская Федерация, 344064, Ростов-на-Дону, Дачная ул., д. 10

* Контактная информация: Лахин Роман Евгеньевич, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры военной анестезиологии и реаниматологии ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова». E-mail: doctor-lahin@yandex.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ

Ультразвуковое исследование существенно расширило возможности прикроватной диагностики у пациентов с дыхательной недостаточностью. С помощью ультразвука имеется возможность определения объема поражения легких в виде коллабированных альвеол и зон инфильтрации с сохранением воздушности легочной ткани.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить возможность оценки маневра рекрутирования альвеол на основании изменения ультразвуковых признаков поражения легочной ткани.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проспективное исследование выполнено в клинике анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. В исследование были включены 36 пациентов, которые находились на лечении в период с 2010 по 2017 г. с длительностью аппаратной респираторной поддержки не менее 48 часов; индексом оксигенации менее 300 мм рт.ст. Тридцати шести пациентам было выполнено 48 маневров рекрутирования альвеол по пошаговой методике под контролем динамической податливости и среднего значения дыхательного объема. При ультразвуковом сканировании определяли характер и объем поражения легочной ткани по признакам инфильтрации и консолидации.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У обследуемых пациентов после проведения маневра рекрутирования альвеол статистически значимо выросли показатели оксигенации артериальной крови, индекс оксигенации, снизился уровень PaCO₂, улучшилась податливость легочной ткани, увеличился дыхательный объем. Все это свидетельствовало о мобилизации альвеол и улучшении вентиляции легких. Сонографическая оценка легочной ткани показала существенное уменьшение выраженности ультразвукового признака инфильтрации после проведения маневра рекрутирования с 46,5 (38; 57,5) до 37,5 (30,5; 49,5). Однако рекрутирование практически не оказало влияния на объем консолидированной зоны легочной ткани: общий индекс консолидации до (4 (3; 5)) и после (4 (3; 5)) маневра не имел статистически достоверных различий.

ВЫВОДЫ

1) Пораженная пневмонией консолидированная легочная ткань имеет низкий рекрутабельный потенциал и при увеличении положительного давления в конце выдоха объем консолидации не меняется. 2) После маневра рекрутирования уменьшается количество В-линий, свидетельствующих о снижении инфильтрации и увеличении воздушности легких.

Ключевые слова:

маневр рекрутирования, ультразвуковое исследование легких, ПДКВ (положительное давление в конце выдоха), консолидация, инфильтрация, пневмония, дыхательная недостаточность, ИВЛ (искусственная вентиляция легких)

Ссылка для цитирования

Лахин Р.Е., Жирнова Е.А., Шустров В.В., Шульман С.Г. и др. Ультразвуковая оценка маневра рекрутирования альвеол у пациентов с тяжелой пневмонией. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2019;8(4):418–422. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-4-418-422>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарности

Исследование не имеет спонсорской поддержки

ИВЛ — искусственная вентиляция легких
ИО — индекс оксигенации

ПДКВ — положительное давление в конце выдоха

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в комплексе интенсивной терапии дыхательной недостаточности респираторная поддержка занимает ведущее место [1, 2]. Чем тяжелее повреждение легких, тем более агрессивные параметры респираторной поддержки приходится использовать. Современная концепция искусственной вентиляции легких (ИВЛ), «открытых легких», реализует высокий уровень положительного давления в конце выдоха (ПДКВ) и небольших дыхательных объемов, позволяя максимально увеличить зону газообмена. «Протективная вентиляция» сочетает небольшой дыхательный объем, меньший, чем при «открытых легких» уровень пикового давления, и подобранное оптимальное значение ПДКВ [2, 3]. Обе эти концепции разрабатывались для предотвращения коллапсирования пораженных и открытых спавшихся альвеол [3–5]. Однако и принцип «открытых легких» и протективная вентиляция за счет ряда факторов, в том числе «монотонности» ИВЛ, приводят к неомогенному состоянию легочной ткани: коллапсированные альвеолы находятся рядом с вентилируемыми, причем количество потенциально рекрутируемых альвеол остается достаточно большим [6]. Наиболее широко используемым приемом мобилизации коллапсированных альвеол является маневр «открытия легких» (рекрутирования) [7]. Рекрутирование альвеол позволяет значительно увеличить количество функционирующих альвеол, увеличить комплаенс легких, индекс оксигенации и уменьшить фракцию шунта [8]. В настоящее время известны такие методы проведения мобилизации альвеол как: методика «40x40», пошаговая методика, искусственный вздох, медленный маневр рекрутирования альвеол, ИВЛ в положении на животе (прон-позиция) [9, 10].

Оценку эффекта маневра мобилизации альвеол проводят опосредованно с помощью показателей газообмена и биомеханики дыхания, поскольку именно они являются конечной целью рекрутирования. Однако определить, насколько удалось мобилизовать коллапсированные и сдавленные альвеолы непосредственно у кровати пациента, сложно, поскольку традиционные методы исследования легких связаны с лучевой нагрузкой, да и информативность такого метода, как рентгенография органов грудной клетки у пациента в положении лежа, невысока. Новым направлением в визуализации состояния легочной ткани и оценки маневра рекрутирования альвеол стало ультразвуковое исследование [11, 12]. С помощью ультразвука имеется возможность определения объема консолидированной легочной ткани с коллапсированными альвеолами, зон инфильтрации с сохранением воздушности легочной ткани и зон с нормальной воздушностью без признаков поражения [12, 13].

Цель исследования: проанализировать возможность ультразвукового мониторинга в оценке маневра рекрутирования альвеол легких.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проспективное исследование выполнено в клинике анестезиологии и реаниматологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. В исследование были включены 36 пациентов, которые находились на лечении в период с 2012 по 2018 г.

Критериями включения в исследование были: возраст пациентов — 18–75 лет; развитие внутрибольнич-

ной и внебольничной пневмонии; длительность аппаратной респираторной поддержки не менее 48 часов; индекс оксигенации (ИО) менее 300 мм рт.ст.; проведение маневра рекрутирования.

Критерии исключения: наличие пневмоторакса; травма груди; наличие фонового специфического заболевания (туберкулез, саркоидоз); операции на легких.

Все пациенты были мужчины, средний возраст составил 31,5 (24; 42). Внебольничная пневмония была у 25 пациентов, внутрибольничная пневмония у 11 больных. Тридцати шести пациентам были выполнены 48 маневров рекрутирования альвеол по пошаговой методике под контролем динамической податливости и среднего значения дыхательного объема. Маневр выполняли при полной релаксации и седации пациента. После рекрутирования устанавливали PEEP на 2–3 см вод.ст. выше давления закрытия альвеол.

Ультразвуковое исследование легких, анализ PaO_2 , PaCO_2 , ИО ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$), дыхательного объема (Vt), комплаенса (C) выполняли непосредственно перед началом маневра рекрутирования легких и через 30 минут после окончания маневра.

Ультразвуковая оценка легочной ткани при проведении маневра рекрутирования альвеол проведена по модифицированной методике Z. Jambrick, 2004 [14]. В положении пациента лежа на спине выполняли сканирование по 6-зонной методике портативным ультразвуковым аппаратом SonoSite Edge с конвексным датчиком (3–5 МГц) (рис. 1).

При сканировании определяли ультразвуковые признаки поражения легочной ткани: признак инфильтрации и признак консолидации (рис. 2).

В каждой зоне сканирования регистрировали максимальное количество В-линий. Общий индекс В-линий определяли суммированием полученных значений В-линий в каждой зоне. Тканевой признак регистрировали в каждой зоне, индексируя: 0 — нет консолидации, 1 — часть зоны консолидирована, 2 — вся зона консолидирована. Общий индекс консолидации определяли суммированием полученных значений во всех зонах.

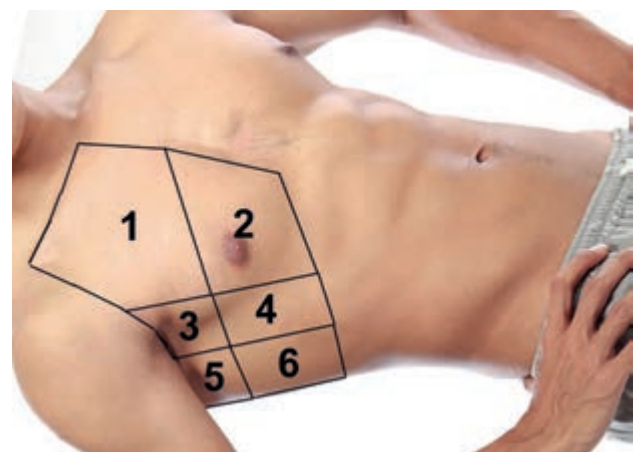


Рис. 1. Схема зон ультразвукового сканирования. Цифрами 1–6 обозначены зоны сканирования. По Z. Jambrick, 2004 [14]
Fig. 1. Areas for untrosound. Numbers 1–6 indicate the scan area. By Z. Jambrick, 2004. [14]

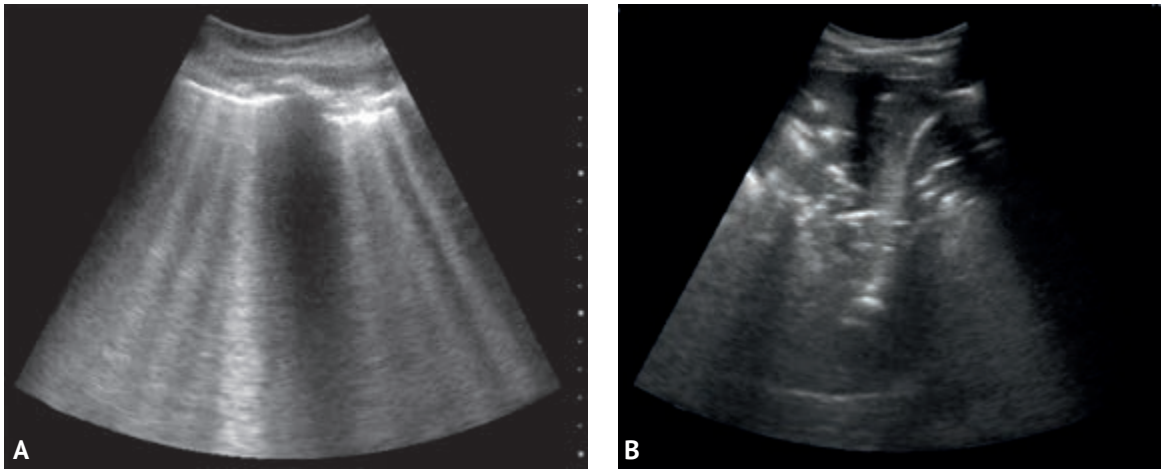


Рис. 2. Ультразвуковые признаки поражения легочной ткани. А — признак инфильтрации (В-линии), В — признак консолидации (тканевой признак)

Fig. 2. Ultrasonic signs of lung tissue lesion. A is a sign of infiltration (B-line), B is a sign of consolidation (tissue sign)

РЕЗУЛЬТАТЫ

Традиционной оценкой эффективности маневра рекрутирования является улучшение показателей газообмена и биомеханических свойств легких. У обследуемых пациентов после проведения маневра рекрутирования альвеол статистически значимо выросли показатели оксигенации артериальной крови, ИО, снизился уровень PaCO_2 , улучшилась податливость легочной ткани, увеличился дыхательный объем ($p < 0,00$) (таблица).

Сонографическая оценка легочной ткани показала существенное уменьшение признаков инфильтрации после проведения маневра рекрутирования. Об этом свидетельствует статистически значимое уменьшение общего индекса В-линий. Однако рекрутирование практически не оказало влияния на объем консолидированной зоны легочной ткани: общий индекс консолидации до и после маневра не имел статистически достоверных различий ($p = 0,2$) (см. таблицу). Объем консолидации при увеличении *PEEP* практически не изменился, свидетельствуя о низком рекрутабельном потенциале этой ткани.

Таблица

Показатели газообмена, биомеханики дыхания, ультразвуковых признаков до и после проведения маневра рекрутирования альвеол

Table
Indicators of gas exchange, biomechanics of respiration, ultrasonic signs before and after the maneuver for alveoli recruitment

Показатель	До рекрутирования	После рекрутирования	Критерий Вилкоксона, Z, p
Общий индекс В-линий	46,5 (38; 57,5)	37,5 (30,5; 49,5)	-5,989 0,000
Общий индекс консолидации	4 (3; 5)	4 (3; 5)	-1,333 0,20
Дыхательный объем (V_t), мл	485 (425; 595)	570 (512,5; 702,5)	-3,520 0,000
PaO_2 , мм рт.ст.	84 (76,25; 89,25)	97,5 (89,75; 112,25)	-3,521 0,000
PaCO_2 , мм рт.ст.	43,05 (37,25; 47,98)	37,4 (34,18; 42,0)	-3,518 0,000
Индекс оксигенации ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)	42,5 (35,08; 53,03)	233 (196,65; 268,5)	-3,464 0,001
Комплаенс (C) мл/см вод.ст.	29,65 (23,25; 42,25)	42,5 (35,08; 53,03)	-2,380 0,017

ОБСУЖДЕНИЕ

Оценку эффективности маневра рекрутирования легких, как правило, осуществляют по улучшению показателей газообмена и биомеханических показателей легких. Это свидетельствует, что проведенный маневр рекрутирования привел к мобилизации альвеол, выключенных до этого из газообмена. Согласно исследованиям *B. Lachmann* (1992), при «полном открытии» альвеол уровень PaO_2 может превысить 450 мм рт.ст. при ингаляции 100% кислорода [15].

Ультразвук предоставляет новые возможности прикроватного исследования легких. Участки консолидации, визуализируемые при ультразвуковом исследовании как тканевой признак, свидетельствуют об отсутствии вентиляции альвеол в этой зоне [13]. В нашем исследовании при увеличении *PEEP* объем консолидации достоверно не изменился, что свидетельствует о низком рекрутабельном потенциале этой ткани. Подобные данные о плохой рекрутабельности консолидированной ткани выявляли А.И. Ярошецкий и соавт. (2017), которые, оценивая маневр рекрутирования, показали, что увеличение *PEEP* не приводило к значимому уменьшению объема консолидации при компьютерной томографии легких и увеличению конечно-эспираторного объема легких [6]. Отделы легких, в которых определяли ультразвуковой инфильтрационный признак, наоборот, при рекрутировании показали динамику, свидетельствующую об уменьшении количества внесосудистой жидкости в интерстиции легких и об увеличении воздушности. Полученные результаты свидетельствуют о том, что улучшение вентиляции произошло за счет отделов легких с инфильтрационным признаком, а не за счет консолидированных участков. Данные нашего исследования совпадают с результатами других исследователей, которые также выявляли улучшение вентиляции в менее пораженных отделах легких, а консолидированные альвеолы не были рекрутированы [16, 17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ультразвуковое исследование легких дает возможность оценить изменения в легочной ткани при выполнении маневра рекрутирования альвеол. Увеличение воздушности при рекрутировании альвеол определяется по уменьшению интерстициального призна-

ка. Отделы легких, визуализируемые при сонографии как консолидированный признак, рекрутированию не поддавались.

ВЫВОДЫ

1. Пораженная пневмонией консолидированная легочная ткань имеет низкий рекрутабельный потен-

циал и при увеличении положительного давления в конце выдоха объем консолидации не меняется.

2. После маневра рекрутирования уменьшается количество В-линий, свидетельствующих о снижении инфильтрации и увеличении воздушности легких.

ЛИТЕРАТУРА

1. Власенко А.В., Остапченко Д.А., Шестаков Д.А., Яковлев В.Н., Шабунин А.В. Эффективность применения маневра «открытия легких» в условиях ИВЛ у больных с острым респираторным дистресс-синдромом. *Общая реаниматология*. 2002;4(6):50–59.
2. Гельфанд Б.Р. (ред.) *Нозокомиальная пневмония у взрослых: Российские национальные рекомендации*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Медицинское информационное агентство; 2016.
3. Seal K, Featherstone R. Airway Pressure Release Ventilation for Acute Respiratory Distress Syndrome: Clinical Effectiveness and Guidelines [Internet]. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2018 Feb. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531787/pdf/Bookshelf_NBK531787.pdf [Дата обращения 22 октября 2019 г.] PMID: 30307725
4. Spieth PM, Güldner A, Carvalho AR, Kasper M, Pelosi P, Uhlig S, et al. Open lung approach vs acute respiratory distress syndrome network ventilation in experimental acute lung injury. *Br J Anaesth*. 2011;107(3):388–397. <http://doi.org/10.1093/bja/aer257>
5. Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, Arabi YM, Beitler JR, Mercat A, et al. Acute respiratory distress syndrome. *Nat Rev Dis Primers*. 2019;5(1):18. <http://doi.org/10.1038/s41572-019-0069-0>
6. Ярошецкий А.И., Проценко Д.Н., Бойцов П.В., Ченцов В.Б., Нистратов С.Л., Кудряков О.Н., и др. Оптимальное положительное конечно-экспираторное давление при ОРДС у больных гриппом А(H1N1)pdm09: баланс между максимумом конечно-экспираторного объема и минимумом перераздувания альвеол. *Анестезиология и реаниматология*. 2016;6(4):425–432. <http://doi.org/10.18821/0201-7563-2016-61-6-425-432>
7. Goligher EC, Hodgson CL, Adhikari NKJ, Meade MO, Wunsch H, Uleryk E, et al. Lung Recruitment Maneuvers for Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(Supplement 4):304–311. PMID: 29043837 <http://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201704-340OT>
8. Nguyen A. Use of Recruitment Maneuvers in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *Dimens Crit Care Nurs*. 2018;37(3):135–143. PMID: 29596290 <http://doi.org/10.1097/DCC.0000000000000298>
9. Tusman G, Acosta CM, Costantini M. Ultrasonography for the assessment of lung recruitment maneuvers. *Crit Ultrasound J*. 2016;8(1):8. PMID: 27496127 <http://doi.org/10.1186/s13089-016-0045-9>
10. Bhattacharjee S, Soni KD, Maitra S. Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials. *J Intensive Care*. 2018;6:35. PMID: 29983985 <http://doi.org/10.1186/s40560-018-0305-9>
11. Godet T, Constantin JM, Jaber S, Futier E. How to monitor a recruitment maneuver at the bedside. *Curr Opin Crit. Care*. 2015;21(3):253–258. PMID: 25827586 <http://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000195>
12. Radzina M, Biederer J. Ultrasonography of the Lung. R6Fo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgeb Verfahren. *Rofö*. 2019;191(10):909–923. PMID: 30947352 <http://doi.org/10.1055/a-0881-3179>
13. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Int Care Med*. 2012;38(4):577–591. <http://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
14. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004;93(10):1265–1270. PMID: 15135701 <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.02.012>
15. Lachmann B. Intensive Care Medicine Editorial Open up the lung and keep the lung open. *Int Care Med*. 1992;18(6):319–321. PMID: 1469157 <http://doi.org/10.1007/bf01694358>
16. Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM, Pedoto A, Vercesi P, Lissoni A. Acute Respiratory Distress Syndrome Caused by Pulmonary and Extrapulmonary Disease Different Syndromes?. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;158(1):3–11. PMID: 9655699 <http://doi.org/10.1164/ajrccm.158.1.9708031>
17. Марченков Ю.В., Мороз В.В., Измайлов В.В. Патофизиология рекрутирующей вентиляции и ее влияние на биомеханику дыхания (обзор литературы). *Анестезиология и реаниматология*. 2012;(3):34–41.
1. Vlasenko AV, Ostapchenko DA, Shestakov DA, Vodneva MM, Voyevodina YS, Neznamova NG, et al. Efficiency of Use of the “Lung Opening” Maneuver Under Artificial Ventilation in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *General Reanimatology*. 2002;4(6):50–59 (In Russ.).
2. Gel'fand BR. (ed.) *Nozokomial'naya pnevmoniya u vzroslykh*. 2nd ed., rev. and exp. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo Publ.; 2016. (In Russ.)
3. Seal K., Featherstone R. *Airway Pressure Release Ventilation for Acute Respiratory Distress Syndrome: Clinical Effectiveness and Guidelines*. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2018 Feb. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531787/pdf/Bookshelf_NBK531787.pdf [Accessed Oct 22, 2019] PMID: 30307725
4. Spieth PM, Güldner A, Carvalho AR, Kasper M, Pelosi P, Uhlig S, et al. Open lung approach vs acute respiratory distress syndrome network ventilation in experimental acute lung injury. *Br J Anaesth*. 2011;107(3):388–397. <http://doi.org/10.1093/bja/aer257>
5. Matthay MA, Zemans RL, Zimmerman GA, Arabi YM, Beitler JR, Mercat A, et al. Acute respiratory distress syndrome. *Nat Rev Dis Primers*. 2019;5(1):18. <http://doi.org/10.1038/s41572-019-0069-0>
6. Yaroshetskiy AI, Protsenko DN, Boytsov PV, Chentsov VB, Nistratov SL, Kudryakov ON, et al. Optimum level of positive end-expiratory pressure in acute respiratory distress syndrome caused by influenza A(H1N1)pdm09: balance between maximal end-expiratory volume and minimal alveolar overdistension. *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*. 2016;(6):425–432. <http://doi.org/10.18821/0201-7563-2016-61-6-425-432>
7. Goligher EC, Hodgson CL, Adhikari NKJ, Meade MO, Wunsch H, Uleryk E, et al. Lung Recruitment Maneuvers for Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Am Thorac Soc*. 2017;14(Supplement 4):304–311. PMID: 29043837 <http://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201704-340OT>
8. Nguyen A. Use of Recruitment Maneuvers in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *Dimens Crit Care Nurs*. 2018;37(3):135–143. PMID: 29596290 <http://doi.org/10.1097/DCC.0000000000000298>
9. Tusman G, Acosta CM, Costantini M. Ultrasonography for the assessment of lung recruitment maneuvers. *Crit Ultrasound J*. 2016;8(1):8. PMID: 27496127 <http://doi.org/10.1186/s13089-016-0045-9>
10. Bhattacharjee S, Soni KD, Maitra S. Recruitment maneuver does not provide any mortality benefit over lung protective strategy ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome: a meta-analysis and systematic review of the randomized controlled trials. *J Intensive Care*. 2018;6:35. PMID: 29983985 <http://doi.org/10.1186/s40560-018-0305-9>
11. Godet T, Constantin JM, Jaber S, Futier E. How to monitor a recruitment maneuver at the bedside. *Curr Opin Crit. Care*. 2015;21(3):253–258. PMID: 25827586 <http://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000195>
12. Radzina M, Biederer J. Ultrasonography of the Lung. R6Fo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgeb Verfahren. *Rofö*. 2019;191(10):909–923. PMID: 30947352 <http://doi.org/10.1055/a-0881-3179>
13. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Int Care Med*. 2012;38(4):577–591. <http://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
14. Jambrik Z, Monti S, Coppola V, Agricola E, Mottola G, Miniati M, et al. Usefulness of ultrasound lung comets as a nonradiologic sign of extravascular lung water. *Am J Cardiol*. 2004;93(10): 1265–1270. PMID: 15135701 <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.02.012>
15. Lachmann B. Intensive Care Medicine Editorial Open up the lung and keep the lung open. *Int Care Med*. 1992;18(6):319–321. PMID: 1469157 <http://doi.org/10.1007/bf01694358>
16. Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM, Pedoto A, Vercesi P, Lissoni A. Acute Respiratory Distress Syndrome Caused by Pulmonary and Extrapulmonary Disease Different Syndromes? *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;158(1):3–11. PMID: 9655699 <http://doi.org/10.1164/ajrccm.158.1.9708031>
17. Marchenkov YuV, Moroz VV, Izmailov VV. Pathophysiology of Recruit Ventilation and its Impact on the Breath Biomechanics (review). *Russian Journal of Anaesthesiology and Reanimatology*. 2012;(3):34–41. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- Лакхин Роман Евгеньевич** доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры военной анестезиологии и реаниматологии, ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ, <https://orcid.org/0000-0001-6819-9691>
- Жирнова Екатерина Александровна** врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО СПбГУ, <https://orcid.org/0000-0003-1865-3838>
- Шустров Вячеслав Владимирович** старший ординатор отделения анестезиологии-реанимации клиники военной анестезиологии и реаниматологии, ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ, <https://orcid.org/0000-0001-5144-3360>
- Шульман Сергей Григорьевич** начальник отделения анестезиологии-реанимации ФГКУ 1602 ВКГ МО РФ, <https://orcid.org/0000-0001-5889-9934>
- Емельянов Александр Алексеевич** ординатор отделения анестезиологии-реанимации клиники военной анестезиологии и реаниматологии, ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ, <https://orcid.org/0000-0001-9863-4754>
- Богомолов Борис Николаевич** доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры военной анестезиологии и реаниматологии, ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова» МО РФ, <https://orcid.org/0000-0002-9587-766X>

Received on 08.05.2019

Accepted on 24.06.2019

Поступила в редакцию 08.05.2019

Принята к печати 24.06.2019

Ultrasonography in the Assessment of Lung Recruitment in Patients with Severe Pneumonia

R.Y. Lakhin^{1*}, E.A. Zhirnova², V.V. Shustrov¹, S.G. Shulman³, A.A. Yemelyanov¹, B.N. Bogomolov¹

Department of Military Anesthesiology and Intensive Care

¹ S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation

6 Akademika Lebedeva St. Petersburg 194044, Russian Federation

² N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies of St. Petersburg State University

154 Fontanki Embankment., St. Petersburg 190103, Russian Federation

³ 1602 Military Clinical Hospital of Russian Federation Defense Ministry

10 Dachnaya St., Rostov-on-Don 344064, Russian Federation

* **Contacts:** Roman Y. Lakhin, Dr. Med. Sci., Docent, Professor of the Department of Military Anesthesiology and Intensive Care, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation. E-mail: doctor-lakhin@yandex.ru

BACKGROUND Ultrasound study significantly expanded the possibilities of bedside diagnosis in patients with respiratory failure. Using ultrasound, it is possible to determine the volume of lung damage in the form of collapsed alveoli and infiltration areas with preserved airness of the lung tissue.

AIM OF STUDY To study the possibility of assessing the recruitment maneuver of the alveoli based on changes in the ultrasound signs of lung tissue damage.

MATERIAL AND METHODS A prospective study was performed in the Clinic of Anesthesiology and Resuscitation of S.M. Kirov Military Medical Academy. The study included 36 patients who were treated in the period from 2010 to 2017 with a duration of respiratory support of at least 48 hours and oxygenation index less than 300 mmHg. For 36 patients, 48 alveoli recruitment maneuvers were performed according to a step-by-step method under the control of dynamic compliance and average tidal volume. Ultrasound determined the type and extent of destruction of lung tissue by signs of infiltration and consolidation.

RESULTS In the studied patients, after carrying out a maneuver of recruitment of the alveoli, arterial blood oxygenation indices increased statistically significantly, PaCO₂ level decreased, pulmonary tissue compliance improved, respiratory volume grew. All this confirmed the mobilization of the alveoli and improved lung ventilation. Ultrasonographic evaluation of lung tissue showed a significant decrease in the severity of the ultrasound sign of infiltration after recruitment maneuver from 46.5 (38; 57.5) to 37.5 (30.5; 49.5). However, recruitment had practically no effect on the volume of the consolidated area of lung tissue: the general consolidation index before (4 (3; 5)) and after (4 (3; 5)) the maneuver had no statistically significant differences.

CONCLUSIONS The pneumonia-affected consolidated lung tissue has a low recruitment potential and the volume of consolidation does not change with the growth of PEEP. After the recruitment maneuver, the number of B-lines decreases, indicating a decrease in infiltration and an increase in lung airness.

Keywords: recruitment maneuver, ultrasound of the lungs, PEEP, consolidation, infiltration, pneumonia, respiratory failure, ventilatory support

For citation Lakhin RY, Zhirnova EA, Shustrov VV, Shulman SG, et al. Ultrasonography in the Assessment of Lung Recruitment in Patients with Severe Pneumonia. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019;8(4):418–422. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-4-418-422> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments The study had no sponsorship

Affiliations

- Roman Y. Lakhin Dr. Med. Sci., Docent, Professor of the Department of Military Anesthesiology and Intensive Care, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-6819-9691>
- Ekaterina A. Zhirnova Anesthesiologist of the Department of Anesthesiology and Resuscitation, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies of St. Petersburg State University Hospital, <https://orcid.org/0000-0003-1865-3838>
- Vyacheslav V. Shustrov Senior Resident of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the Clinic of Military Anesthesiology and Resuscitation, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5144-3360>
- Sergey G. Shulman Head of the Department of Anesthesiology and Intensive Care, 1602 Military Clinical Hospital of Russian Federation Defense Ministry, <https://orcid.org/0000-0001-5889-9934>
- Aleksandr A. Yemelyanov Resident of the Department of Anesthesiology and Intensive Care of the Clinic of Military Anesthesiology and Resuscitation, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9863-4754>
- Boris N. Bogomolov Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Military Anesthesiology and Intensive Care, S.M. Kirov Military Medical Academy of the Ministry of Defense of the Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9587-766X>