

MODERN METHODS OF DIAGNOSING PNEUMONIA IN CHILDREN

N.A.Aminova¹ 

1. Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan.

OPEN ACCESS
*IJSP***Correspondence**Aminova Nigina Aminovna,
Samarkand State Medical
University, Samarkand,
Uzbekistan.e-mail: niginaaminzoda9@gmail.com

Received: 15 May 2025

Revised: 20 May 2025

Accepted: 02 June 2025

Published: 02 June 2025

Funding source for publication:
Andijan state medical institute and
I-EDU GROUP LLC.**Publisher's Note:** IJSP stays
neutral with regard to jurisdictional
claims in published maps and
institutional affiliations.**Copyright:** © 2022 by the
authors. Licensee IJSP, Andijan,
Uzbekistan. This article is an open
access article distributed under
the terms and conditions of the
Creative Commons Attribution
(CC BY-NC-ND) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).**Abstract.**

Relevance. Pneumonia is considered one of the leading causes of hospitalisation in children. The accurate diagnosis of this disease is still at the centre of scientific attention. The aim of this study was to evaluate the diagnostic value of ultrasonography in out-of-hospital pneumonia (OP) in children. **Materials and methods of the study.** Clinical data of children diagnosed with CAP and a control group of healthy children were collected, and lung ultrasonography was performed. Lung ultrasonography scale (LUS) was evaluated and venous blood sampling was performed. Blood analysis including white blood cell count, serum procalcitonin (SCT) level. All patients were also assessed with the paediatric critical illness scale (PCS). **Research results.** Leukocyte count, absolute neutrophil count and respiratory index were significantly higher in the CAP group than in the control group, while oxygenation index was significantly lower. The ultrasound findings showed that pleural effusion, interstitial lung changes, lung consolidation, B-lines, air bronchogram signs, and reduced or no signs of lung sliding were significantly more frequent in the CAP group compared with the control group. In addition, the levels of SUL and SCT were markedly higher in the ER group, while PCS was markedly lower. Further analysis showed that SUL in the CAP group was significantly positively correlated with the level of SCT and negatively correlated with PCS. **Conclusion.** Lung ultrasound is closely related to serum SCT level and PCS. Lung ultrasound demonstrates high sensitivity and specificity, indicating its high clinical and diagnostic significance in paediatric CAP.

Key words: pneumonia in children, diagnosis, lung ultrasound, serum procalcitonin.

Введение. Внебольничная пневмония (ВП) является одной из ведущих причин госпитализации и смертности во всем мире [1], особенно затрагивая людей в возрасте до 5 лет [2,3]. Известно, что ВП является инфекционным заболеванием, вызванным бактериальными инфекциями или вирусными [4]. Бактериальные патогены, такие как *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pyogenes* и *Staphylococcus aureus* [5], а также респираторные вирусы, такие как респираторно-синцитиальный вирус [6], являются распространенными причинами ВП у детей. Несмотря на высокую распространенность и тяжелые исходы, связанные с ВП, диагностика возбудителей остается сложной задачей. Кроме того, совпадение симптомов ВП с другими респираторными заболеваниями затрудняет точную диагностику, основанную только на клинических признаках и симптомах [7]. Поэтому необходимо усовершенствовать существующие диагностические стратегии для устранения осложнений, связанных с ВП у детей.

Традиционные методы диагностики, включая рентгенографию грудной клетки, имеют ограничения по специфичности и чувствительности [8] и связаны с такими рисками, как лучевая нагрузка [9]. Таким образом, существует критическая потребность в более безопасных и эффективных средствах диагностики. УЗИ легких стало многообещающей альтернативой, обладающей такими преимуществами, как отсутствие радиационного излучения, экономии времени. Исследования показали, что УЗИ легких обладает более высокой специфичностью и чувствительностью по сравнению с РГК в диагностике ВП у детей (78,5% и 95,2% соответственно) [10].

Цель данного исследования. Оценить диагностическую ценность ультразвукового исследования при ВП у детей, соотнеся результаты ультразвукового исследования с уровнем прокальцитонина (ПКТ) в сыворотке крови, перспективным биомаркером бактериальных инфекций, и шкалой детских критических заболеваний (ШДКЗ). Эти результаты будут способствовать разработке более точных и безопасных диагностических стратегий для детского ВП.

Материалы и методы исследования. В исследование были ретроспективно включены 106 детей с диагнозом ВП, проходивших лечение в нашей больнице с октября 2024 по февраль 2025 года. Кроме того, 106 здоровых детей, получавших

педиатрическую помощь в тот же период, составили контрольную группу. Данное исследование было одобрено этическим комитетом Самаркандского областного детского многопрофильного медицинского центра.

Критериями включения были: диагноз на основании клинических симптомов и признаков; основные клинические проявления - лихорадка, кашель и одышка; значительные хрипы при аускультации легких; возраст от 6 месяцев до 6 лет.

Критериями исключения были: нестабильные показатели жизнедеятельности, туберкулез легких, тяжелые нарушения сердечно-легочной деятельности и неполные данные.

Было определены возраст, пол, вес, рост, частоту сердечных сокращений и частоту дыхания, Индекс оксигенации (ИО) и респираторный индекс. Ультразвуковое исследование легких проводилось с помощью портативного цветного доплерографического ультразвукового диагностического аппарата (Siemens AG, Германия,) с частотой датчика от 9 до 15 МГц. Пациенты находились в положении лежа. Грудная клетка была разделена на 4 области в соответствии с плоскостью угла грудины и средней ключичной линией. Далее эти 4 области были разделены на переднюю, среднюю и заднюю, соответственно, по передней аксиллярной линии и средней аксиллярной линии, всего 12 областей. В итоге оценивались 12 областей легкого.

При ультразвуковом исследовании легких были выявлены следующие аномальные признаки: В-линии (кольцевые артефакты), образующиеся при отражении ультразвуковых волн на границе воздух-жидкость альвеол; консолидация легких, когда воспаление приводит к экссудации в легком, создавая ультразвуковые признаки, похожие на паренхиматозные органы; признак воздушной бронхограммы, характеризующийся появлением солидных изменений в легочной ткани с мерцанием и колебанием воздуха внутри легочной ткани во время дыхания; аномалии плевральной линии, когда толщина плевральной линии превышает 2 мм, она выглядит неровной, нечеткой или исчезает; плевральный выпот, когда ширина жидкости в плевральной полости превышает 3 мм; и снижение или отсутствие признака скольжения легкого, когда горизонтальное скольжение плевры отсутствует из-за значительной экссудации при воспалении легких.

Использовалась балльная система: 0 баллов - признак скольжения легкого с линиями А или <2 изолированных линий В; 1 балл - видимые линии А и рассеянные линии В; 2 балла - множественные и типичные линии В; 3 балла - множественные и сливающиеся линии В; 4 балла - видимая визуализация тканей в области консолидации легкого, сопровождающаяся типичными воздушными бронхограммами, аномальными плевральными линиями и плевральным выпотом. Оценка УЗИ легких (ШУЛ) регистрировалась у всех детей в течение 48 часов после поступления. [11]. ШДКЗ - это комплексная балльная система, используемая для оценки тяжести заболевания у педиатрических пациентов. Она основана на нескольких физиологических и клинических параметрах, включая жизненно важные показатели (такие как температура тела, частота сердечных сокращений, частота дыхания и артериальное давление), результаты лабораторных исследований (такие как WBC и Hb), неврологический статус, характеристики выделений, индекс оксигенации, результаты РГК и бактериальный посев. Общая оценка по этой шкале составляла 100 баллов. Более низкие баллы были связаны с более тяжелыми симптомами и состояниями легочной инфекции, что отражало большую тяжесть заболевания. [12]

Анализ данных, полученные в ходе исследования, были обработаны с помощью программы SPSS 25.0. Данные о численности были выражены в n (%). Для определения различий между двумя группами использовался тест χ^2 . Данные измерений были представлены как среднее \pm стандартное отклонение, а различия между двумя группами определялись с помощью t-теста. Коэффициент корреляции Спирмена использовался для анализа ШУЛ и корреляции уровней ШДКЗ и ПКТ. Статистически значимым считалось значение $P < .05$.

Результаты исследования.

В группе ВП было 59 детей мужского пола (55,66%) и 41 ребенок женского пола (44,34%), а в контрольной группе - 65 мальчиков (61,32%) и 41 девочка (38,68%). Как показано в табл. 1, между двумя группами не было существенных различий по полу, возрасту, весу, росту, частоте сердечных сокращений, частоте дыхания и уровню Hb. Однако, по сравнению с контрольной группой, в группе ВП были значительно выше уровни WBC, абсолютного количества нейтрофилов и респираторный индекс в сыворотке крови, в то время как ОИ был значительно ниже ($P < .001$).

Таблица-1

Сравнение базовой информации между двумя группами детей

	Контрольная группа (n= 106)	Группа ВП (n= 106)	χ^2/t	P
Пол, %			0.699	.403
Мужчина	65 (61.32%)	59 (55.66%)		
Женщины	41 (38.68%)	47 (44.34%)		
Возраст, год	3.47 ± 1.34	3.72 ± 1.27	1.425	.156
Вес, кг	15.85 ± 1.60	15.87 ± 2.12	0.088	.930
Высота, см	104.38 ± 4.91	105.25 ± 4.82	1.299	.195
ЧСС	113.81 ± 6.59	113.59 ± 6.99	-0.233	.816
ЧД	27.65 ± 2.13	27.85 ± 2.48	0.624	.533
Hb г/л	129.15 ± 6.56	128.82 ± 7.45	-0.345	.730
Лейкоциты	6.29 ± 1.88	12.67 ± 1.90	24.586	< .001
Нейтрофилы	5.62 ± 2.27	9.63 ± 2.96	11.078	< .001
РИ	1.44± 0.34	2.46± 0.41	19.681	< .001
ИО, мм рт. ст.	335.36 ± 11.83	239.12 ± 12.33	-57.979	< .001

Данные выражены как среднее ± стандартное отклонение или n (%)

Таблица-2

Сравнение ШУЛ, уровня ПКТ в сыворотке крови и ШДКЗ между двумя группами детей

	n	ШУЛ (баллы)	ПКТ в сыворотке крови, нг/мл	ШДКЗ (баллы)
Контрольная группа	106	9.67± 4.07	0.11± 0.06	94.78± 13.2
Группа больных с ВП	106	15.73± 4.37	0.97± 0.40	80,73± 12,76
t		10.450	21.837	-7.882
P		<.001	<.001	<.001

Анализ результатов ультразвукового исследования легких. Ультразвуковое исследование легких было проведено детям как в группе ВП, так и в контрольной группе, результаты представлены в таблице 2. В группе ВП в 18 случаях наблюдался плевральный выпот (16,98%), в 20 случаях - интерстициальные изменения легких (18,87%), в 8 случаях - кон- консолидация легких (7,55%), в 43 случаях - В-линии (40,57%), в 39 случаях - признаки воздушной бронхограммы (36,79%) и в 32 случаях - снижение или отсутствие признаков скопления легких (30,19%). В контрольной группе плевральный выпот был обнаружен в 5 случаях (4,72%), интерстициальные изменения легких, в 9 случаях (8,49%), В-линии - в 19 случаях (17,92%), признаки воздушной бронхограммы - в 17 случаях (16,04%), снижение или отсутствие признаков скопления легких - в 11 случаях (10,38%). Примечательно, что в контрольной группе консолидация легких не была обнаружена. Статистический анализ показал, что по сравнению с контрольной группой в группе ВП чаще выявлялись плевральный выпот, интерстициальные изменения легких, консолидация легких, В-линии, признак воздушной бронхограммы, а также снижение или отсутствие признака скопления легких ($P < .001$ или $P < .05$).

Таблица-3

Сравнение результатов УЗИ между 2 группами детей

	Контрольная группа (n= 106)	Группа ВП (n= 106)	χ^2/t	P
Плевральный выпот, %	5 (4.72)	18 (16.98)	8.242	.004
Интерстициальное легкое изменения, %	9 (8.49)	20 (18.87)	4.834	.028
Консолидация легких, %	0 (0)	8 (7.55)	6.365	.012
В-линии, %	19 (17.92)	43 (40.57)	13.130	<.001
Признак воздушной бронхограммы, %	17 (16.04)	39 (36.79)	11.745	<.001

Сокращение или отсутствие признака скользяния легких, %	11 (10.38)	32 (30.19)	12.865	<.001
---	------------	------------	--------	-------

Сравнение ШУЛ, уровня ПКТ в сыворотке крови и ШДКЗ показали, что в группе ВП по сравнению с контрольной группой были значительно выше уровень ШУЛ ($15,73 \pm 4,37$ против $9,67 \pm 4,07$) и уровень ПКТ в сыворотке крови ($0,97 \pm 0,40$ против $0,11 \pm 0,06$ нг/мл), в то время как ШДКЗ ($80,73 \pm 12,76$ против $94,78 \pm 13,2$) был значительно ниже. ($P < .001$; Таблица 3).

В данном исследовании была проанализирована связь между показателями LUS и уровнем ПКТ в сыворотке крови, а также ШДКЗ, чтобы проследить корреляцию между результатами УЗИ при ВП у детей и этими параметрами. Результаты показали значительную положительную корреляцию между ШУЛ и уровнем ПКТ в сыворотке крови (рис. 1А; $R = 0,709$; $P < .001$) и значительную отрицательную корреляцию между ШУЛ и ШДКЗ (рис. 1В; $R = -0,544$; $P < .001$).

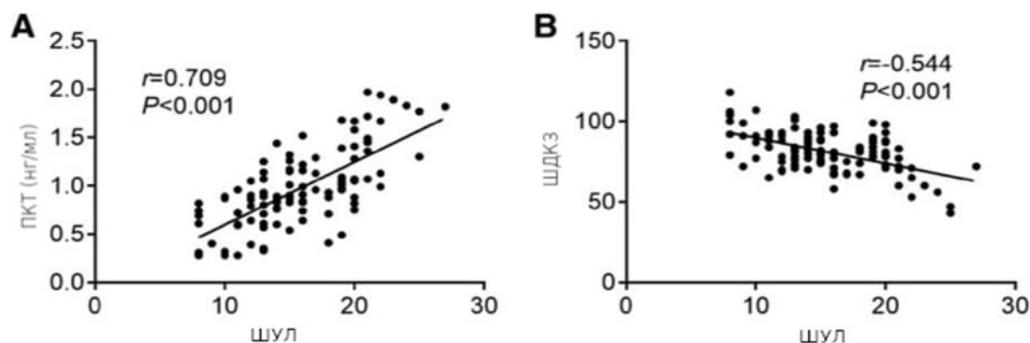


Рисунок-1. Корреляционный анализ результатов ультразвукового исследования легких (ШУЛ) с уровнем прокальцитонина (ПКТ) в сыворотке крови и шкалой детских критических заболеваний (ШДКЗ). А-Корреляционный анализ между ШУЛ и уровнем ПКТ в сыворотке крови. В- Корреляционный анализ между ШУЛ и ШДКЗ.

Для оценки диагностической ценности УЗИ при ВП у детей был проведен анализ ROC-кривой, в котором в качестве диагностических критериев наряду с УЛ использовались клинические симптомы и признаки. Как показано на рис. 2, чувствительность ШУЛ составила 76,4%, а специфичность - 75,5% для диагностики легочной инфекции. Площадь под ROC-кривой составила 0,841, что указывает на значительную диагностическую ценность ($P < .001$).

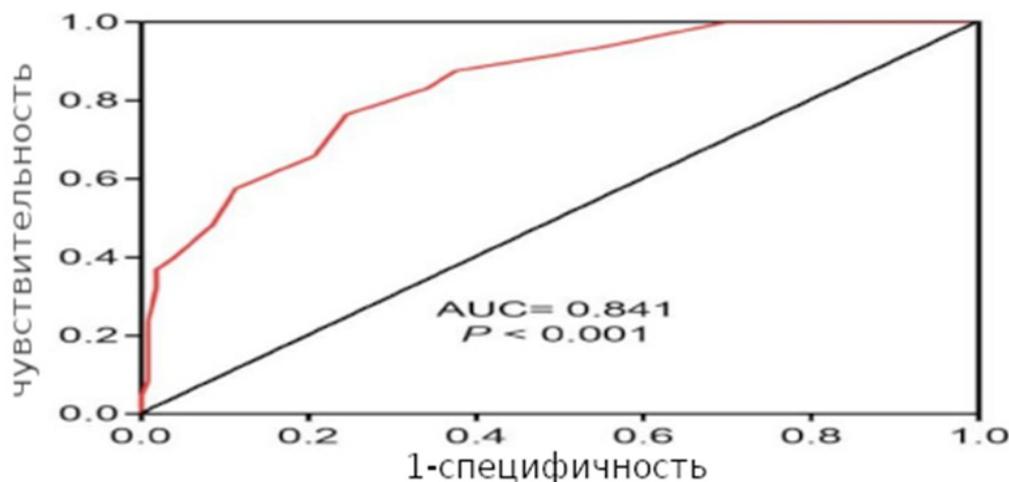


Рисунок-2. Клиническая ценность ультразвуковой оценки легких (ШУЛ) в диагностике.

Обсуждение результатов. ВП может быть вызван бактериальными или вирусными инфекциями, что делает его клиническую диагностику сложной. Согласно международным рекомендациям Общества инфекционных болезней педиатрии

лечению ВП рекомендуется проводить посев крови у госпитализированных детей с ВП [13]. Однако посев крови выявляет возбудителей только у 2-7 % детей с ВП. [14] В клинической практике обычно использовалась культура нижних дыхательных путей, поскольку бронхоальвеолярный лаваж редко подходит для диагностики пациентов с ВП. Этот метод требует инвазивных процедур для получения образцов плеврального выпота, что может нанести вторичный вред детям [15]. Кроме того, тесты на серотип- специфический антиген мочи, хотя и были оценены у взрослых, имеют неопределенную пользу у детей [16]. Таким образом, диагностика бактериальной пневмонии остается сопряженной с трудностями.

Обнаружение с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) верхних Для диагностики вирусной пневмонии обычно используются образцы дыхательных путей, тогда как при инфекциях нижних дыхательных путей их эффективность может снижаться [17]. Примечательно, что совпадение бактериальных и вирусных инфекций при ВП затрудняет микробиологическую диагностику, снижая точность э т и х методов [18]. Следовательно, необходимо одновременно тестировать вирусные и бактериальные патогены при ВП, поскольку их сосуществование часто коррелирует с тяжелым клиническим течением [19]. В диагностическом процессе пневмонии решающую роль играет визуализация, при этом ультразвуковое исследование является перспективным инструментом благодаря своей неинвазивности и точности в выявлении изменений, связанных с пневмонией [20]. Исследования показали эффективность ультразвукового исследования в диагностике плеврального выпота у детей с ВП, продемонстрировав высокую отрицательную прогностическую ценность (93%-94%) и положительную прогностическую ценность (98%). Кроме того, УЗИ может предсказать тяжелую некротизирующую пневмонию, поскольку коррелирует нарушение перфузии с выраженностью некроза, наблюдаемого при компьютерной томографии [23]. Хотя УЗИ легких является ценным неинвазивным инструментом для выявления изменений, связанных с пневмонией, оно имеет ограничения в дифференциации вирусной и бактериальной пневмонии. Такие ультразвуковые находки, как плевральный выпот, интерстициальные изменения и уплотнения в легких, являются общими для обоих типов пневмонии, что затрудняет их разграничение только на основании ультразвукового исследования. Это ограничение подчеркивает необходимость использования дополнительных диагностических инструментов, таких как микробиологические, серологические или ПЦР-методы, для точной идентификации возбудителей пневмонии.

Примечательно, что хотя микробиологические, серологические и ПЦР-исследования тесты, основанные на методах, ценны для точной идентификации возбудителей пневмонии, однако их использование в рутинной клинической практике может быть затруднено. Эти методы требуют специализированных лабораторных помещений, обученного персонала и более длительного времени обработки, что может быть доступно не во всех медицинских учреждениях . Кроме того, необходимость получения высококачественных образцов и риск

Контаминация может еще больше усложнить их рутинное применение. Несмотря на эти трудности, интеграция таких диагностических подходов может повысить точности диагностики и лечения пневмонии. В данном исследовании у детей с ВП по сравнению со здоровыми контрольными группами чаще встречались плевральный выпот, интерстициальные изменения легких, консолидация легких, В-линии, признаки воздушной бронхограммы, а также уменьшение или отсутствие признаков раздвижения легких, что подтверждает диагностическую роль УЗИ. Результаты УЗИ были оценены в баллах, и показатель ШУЛ был значительно выше в группе ВП по сравнению с контрольной группой. Наши результаты также показали корреляцию между ШУЛ, уровнем ПКТ в сыворотке крови и ШДКЗ. ПКТ, предшественник кальцитонина, обычно вырабатывается в ответ на бактериальные инфекции и связан с тяжестью пневмонии [24]. Исследования показывают, что повышенный уровень ПКТ коррелирует с бактериальным ВП при пневмонии у взрослых и связан с маркерами воспаления при ВП у детей [25,26] Ratageri et al. [27] обнаружили, что чувствительность и специфичность ПКТ (>0,5 нг/мл) при пневмонии составляют 29,7 и 87,5 % соответственно, что подчеркивает его роль в определении плеврального выпота и степени тяжести. В недавних исследованиях подчеркивается потенциальная диагностическая ценность ПКТ и некоторых нейропептидов для отличия вирусной пневмонии от бактериальной у детей [28].

Эта статья подчеркивает полезность уровня ПКТ в сыворотке крови, что со-

гласуется с нашими результатами, согласно которым повышенный изменений, связанных с пневмонией, оно имеет ограничения в дифференциации вирусной и бактериальной пневмонии. Такие ультразвуковые находки, как плевральный выпот, интерстициальные изменения и уплотнения в легких, являются общими для обоих типов пневмонии, что затрудняет их разграничение только на основании ультразвукового исследования. Это ограничение подчеркивает необходимость использования дополнительных диагностических инструментов, таких как микробиологические, серологические или ПЦР-методы, для точной идентификации возбудителей пневмонии.

Примечательно, что хотя микробиологические, серологические и ПЦР-исследования тесты, основанные на методах, ценны для точной идентификации возбудителей пневмонии, однако их использование в рутинной клинической практике может быть затруднено. Эти методы требуют специализированных лабораторных помещений, обученного персонала и более длительного времени обработки, что может быть доступно не во всех медицинских учреждениях. Кроме того, уровень ПКТ ассоциируется с тяжестью пневмонии. В нашем исследовании уровень ПКТ в сыворотке крови в группе ВП был значительно выше по сравнению с контрольной группой, а ШДКЗ в группе ВП был значительно снижен. ШДКЗ, комплексный балл, отражающий педиатрическую критическую болезнь, точно оценивает тяжесть пневмонии на основе объективных показателей [29]. Подобно предыдущим результатам, в нашем исследовании ШДКЗ коррелирует с коэффициентом системного повреждения, что подчеркивает его полезность для оценки тяжести педиатрической пневмонии [30].

В итоге, несмотря на то, что УЗИ легких и ПКТ подтвердили Диагностическая ценность у детей с ВП, существенным ограничением нашего исследования является отсутствие идентификации возбудителей пневмонии с помощью микробиологических, серологических или ПЦР-тестов. Это упущение ограничивает нашу способность точно дифференцировать вирусную и бактериальную пневмонию, что имеет решающее значение для выбора соответствующей стратегии лечения. Поэтому в будущих исследованиях следует использовать эти методы диагностики и измерения ПКТ для более полного понимания этиологии пневмонии и повышения специфичности лечебных мероприятий.

Выводы. Таким образом, наши результаты показали, что ШУЛ является эффективным методом оценки симптомов у детей с ВП. Кроме того, УЗИ легких тесно связано с уровнем ПКТ в сыворотке крови и ШДКЗ у детей. Ультразвуковое исследование легких демонстрирует высокую чувствительность и специфичность, что подчеркивает его клинико-диагностическую ценность при ВП у детей.

LIST OF REFERENCES

- [1] Florin TA, Ambroggio L, Brokamp C, et al. Biomarkers and disease severity in children with community-acquired pneumonia. *Pediatrics*. 2020;145:e20193728.
- [2] Trampler-Stranders GA. Childhood community-acquired pneumonia: a review of etiology- and antimicrobial treatment studies. *Paediatr Respir Rev*. 2018;26:41–8.
- [3] Liu L, Oza S, Hogan D, et al. Global, regional, and national causes of under-5 mortality in 2000-15: an updated systematic analysis with implications for the Sustainable Development Goals. *Lancet*. 2016;388:3027–35. [4]
- [4] Cooper-Sood J, Wallihan R, Naprawa J. Pediatric community-acquired pneumonia: diagnosis and management in the emergency department. *Pediatr Emerg Med Pract*. 2019;16:1–28. [5]
- [5] Stein RT, Marostica PJ. Community-acquired pneumonia: a review and recent advances. *Pediatr Pulmonol*. 2007;42:1095–103.
- [6] Carvalho Mda G, Tondella ML, McCaustland K, et al. Evaluation and improvement of real-time PCR assays targeting *lytA*, *ply*, and *psaA* genes for detection of pneumococcal DNA. *J Clin Microbiol*. 2007;45:2460–6.
- [7] Chee E, Huang K, Haggie S, Britton PN. Systematic review of clinical practice guidelines on the management of community acquired pneumonia in children. *Paediatr Respir Rev*. 2022;42:59–68.
- [8] Williams GJ, Macaskill P, Kerr M, et al. Variability and accuracy in interpretation of consolidation on chest radiography for diagnosing pneumonia in children under 5 years of age. *Pediatr Pulmonol*. 2013;48:1195–200.
- [9] Suliman II, Elawed SO. Radiation dose measurements for optimisation of chest

X-ray examinations of children in general radiography hospitals. *Radiat Prot Dosimetry*. 2013;156:310–4.

[10] Principi N, Esposito A, Giannitto C, Esposito S. Lung ultrasonography to diagnose community-acquired pneumonia in children. *BMC Pulm Med*. 2017;17:212.

[11] Stassen J, Bax JJ. How to do lung ultrasound. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23:447–9.

[12] Li G, Yu WL, Yu XJ, Qian SY, Sun B. Assessment of pediatric critical index score and pediatric index of mortality in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Chin J Emerg Med*. 2007;16:518–21.

[13] Campbell SG, Marrie TJ, Anstey R, Dickinson G, Ackroyd-Stolarz S. The contribution of blood cultures to the clinical management of adult patients admitted to the hospital with community-acquired pneumonia: a prospective observational study. *Chest*. 2003;123:1142–50.

[14] Bradley JS, Byington CL, Shah SS, et al.; Pediatric Infectious Diseases Society and the Infectious Diseases Society of America. The management of community-acquired pneumonia in infants and children older than 3 months of age: clinical practice guidelines by the Pediatric Infectious Diseases Society and the Infectious Diseases Society of America. *Clin Infect Dis*. 2011;53:e25–76.

[15] Evans SE, Jennerich AL, Azar MM, et al. Nucleic acid-based testing for noninfluenza viral pathogens in adults with suspected community-acquired pneumonia. An official American Thoracic Society clinical practice guideline. *Am J Respir Crit Care Med*. 2021;203:1070–87.

[16] Rueda ZV, Aguilar Y, Maya MA, et al. Etiology and the challenge of diagnostic testing of community-acquired pneumonia in children and adolescents. *BMC Pediatr*. 2022;22:169.

[17] Osborne CM, Langelier C, Kamm J, et al.; National Institute for Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network. Viral detection by reverse transcriptase polymerase chain reaction in upper respiratory tract and metagenomic RNA sequencing in lower respiratory tract in critically ill children with suspected lower respiratory tract infection. *Pediatr Crit Care Med*. 2024;25:e1–e11.

[18] Voiriot G, Visseaux B, Cohen J, et al. Viral-bacterial coinfection affects the presentation and alters the prognosis of severe community-acquired pneumonia. *Crit Care*. 2016;20:375.

[19] MacIntyre CR, Chughtai AA, Barnes M, et al. The role of pneumonia and secondary bacterial infection in fatal and serious outcomes of pandemic influenza a(H1N1)pdm09. *BMC Infect Dis*. 2018;18:637.

[20] Martinez Redondo J, Comas Rodriguez C, Pujol Salud J, et al. Higher accuracy of lung ultrasound over chest X-ray for early diagnosis of COVID-19 pneumonia. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:3481.

[21] Ho MC, Ker CR, Hsu JH, Wu JR, Dai ZK, Chen IC. Usefulness of lung ultrasound in the diagnosis of community-acquired pneumonia in children. *Pediatr Neonatol*. 2015;56:40–5.

[22] Reali F, Sferrazza Papa GF, Carlucci P, et al. Can lung ultrasound replace chest radiography for the diagnosis of pneumonia in hospitalized children? *Respiration*. 2014;88:112–5.

[23] Lai SH, Wong KS, Liao SL. Value of lung ultrasonography in the diagnosis and outcome prediction of pediatric community-acquired pneumonia with necrotizing change. *PLoS One*. 2015;10:e0130082.

[24] Heer RS, Mandal AKJ, Szawarski P, Missouri CG. Procalcitonin is a biomarker for disease severity rather than bacterial co-infection in COVID-19. *Eur J Emerg Med*. 2022;29:315.

[25] Mahajan P, Grzybowski M, Chen X, et al. Procalcitonin as a marker of serious bacterial infections in febrile children younger than 3 years old. *Acad Emerg Med*. 2014;21:171–9.

[26] Agnello L, Bellia C, Di Gangi M, et al. Utility of serum procalcitonin and C-reactive protein in severity assessment of community-acquired pneumonia in children. *Clin Biochem*. 2016;49:47–50.

[27] Ratageri VH, Panigatti P, Mukherjee A, et al. Role of procalcitonin in diagnosis of community acquired pneumonia in Children. *BMC Pediatr*. 2022;22:217.

[28] Bekdas M, Saygi B, Kilinc YB, Kilinc E. Plasma levels of neurogenic inflammation related neuropeptides in pediatric patients with community-acquired pneumonia and their

potential diagnostic value in distinguishing viral and bacterial pneumonia. *Eur J Pediatr.* 2024;183:1619–27.

[29] Ellis N, Hughes C, Mazurak V, Joynt C, Larsen B. Does persistent inflammatory catabolic syndrome exist in critically ill neonates? *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2017;41:1393–8.

[30] Fang C, Mao Y, Jiang M, Yin W. Pediatric critical illness score, clinical characteristics and comprehensive treatment of children with severe mycoplasma pneumoniae pneumonia. *Front Surg.* 2022;9:897550.