

# 床旁肺部超声在新生儿呼吸窘迫综合征应用中的研究进展

李雪意, 张文花\*

山东第一医科大学第一附属医院(山东省千佛山医院)超声医学科, 山东 济南

收稿日期: 2024年1月27日; 录用日期: 2024年2月21日; 发布日期: 2024年2月27日

## 摘要

新生儿呼吸窘迫综合征(Neonatal respiratory distress syndrome, NRDS)在新生儿肺部疾病中较为常见, 尤其多发生在早产儿, 且病情严重、死亡率较高, 故早期正确诊断和及时干预是改善其预后的关键。近年来, 利用超声诊断新生儿肺部疾病的方法越来越流行, 该技术的灵敏度和特异性也越来越高, 在床旁肺超声的监测下对NRDS的管理也取得了显著效果, 降低了该病的误诊率。本文就床旁肺部超声对新生儿呼吸窘迫综合征诊断的研究进展做一综述。

## 关键词

肺超声, 新生儿, 呼吸窘迫综合征

# Advances in the Use of Bedside Lung Ultrasound in Neonatal Respiratory Distress Syndrome

Xueyi Li, Wenhua Zhang\*

Department of Medical Ultrasound, The First Affiliated Hospital of Shandong First Medical University (Shandong Provincial Qianfoshan Hospital), Jinan Shandong

Received: Jan. 27<sup>th</sup>, 2024; accepted: Feb. 21<sup>st</sup>, 2024; published: Feb. 27<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Neonatal respiratory distress syndrome (NRDS) is a common neonatal lung disease, especially in

\*通讯作者。

preterm infants, and has a serious condition and high mortality rate, so early and correct diagnosis and timely intervention is the key to improve its prognosis. In recent years, the use of ultrasound to diagnose neonatal lung disease has become increasingly popular, and the sensitivity and specificity of this technique have become higher and higher, and the management of NRDS under the monitoring of bedside lung ultrasound has achieved remarkable results, reducing the misdiagnosis rate of this disease. In this article, we present a review of the progress of research on bedside lung ultrasound for the diagnosis of neonatal respiratory distress syndrome.

## Keywords

Lung Ultrasound, Neonate, Respiratory Distress Syndrome

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

新生儿呼吸窘迫综合征(Neonatal respiratory distress syndrome, NRDS)是新生儿一种严重的肺部疾病,尤其发生在早产儿,研究显示[1],早产儿呼吸窘迫综合征的发病率较高,且胎龄越小发病率越高。NRDS进展快、死亡率高,不仅对早产儿造成严重伤害,还会损害足月婴儿的健康[2] [3] [4]。同时, NRDS也是新生儿一些严重肺部疾病的常见原因,如肺出血、气胸和新生儿持续性肺动脉高压(Persistent pulmonary hypertension of newborn, PPHN)等[5] [6] [7],这些因素均使 NRDS 的死亡率提高至 43.6%,而存活的患儿支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia, BPD)的发生率也明显增加[5] [8]。因此,早期正确诊断 NRDS 和及时的干预是改善预后的关键[9]。20 世纪 40 年代初,超声便已开始应用于医疗行业,而早在 2008 年, Copetti [10]等人就对超声诊断 NRDS 进行了初步研究,认为超声用于诊断 NRDS 具有可行性。目前,床旁超声在 NRDS 中的应用已经越来越广泛。本文将针对 NRDS 的超声应用进展做一综述。

## 2. NRDS 肺部超声检查的基本原理、设备及检查方法

目前, NRDS 的诊断及预后评估的主要依据是典型的临床表现、相关实验室指标及胸部 X 线检查,特别是 X 线检查甚至被认为是诊断 NRDS 的“金标准”,然而由于 X 线检查对不同肺部疾病的诊断并不特异[11],不仅是 NRDS,严重的肺水肿、肺炎及肺出血等也可导致类似 NRDS 的 X 线表现,如网状阴影和白肺,因此, X 线检查有时对 NRDS 的诊断并不可靠,甚至会误导临床医生做出错误的诊断[12] [13] [14],且胸部 X 线检查具有辐射性,临床工作中 NRDS 病情较重的患儿往往需要重复进行 X 线检查,这就导致患儿接受的辐射大大增加,十分不利于新生儿的生长发育[15]。此外, X 线图像清晰与否还受到患儿体位及呼吸影响[16],导致 X 线图像质量不佳。因此在 NRDS 的临床诊治中,需要更便捷、更安全的检查方式来评估患儿的病情及预后情况。

在过去传统的超声检查观念影响下,人们普遍认为肺部疾病很难通过超声进行诊断,但通过最近的研究发现,肺部超声通过一些特殊的检查机制,也能够反应很多的肺部病变[17] [18]。国内有学者在 2019 年制定了《新生儿肺脏疾病超声诊断指南》[19],这证明超声在新生儿肺部疾病中的应用已经逐渐发展成熟,在国内外学者的领导下,越来越多的医生开始在新生儿肺部疾病的诊治中使用超声,有些机构甚至已经将肺部超声取代 X 线来协助诊治 NRDS [20]。超声通过识别肺内含水量的变化来诊断新生儿的肺部病变,利用混响伪像的原理,准确判断肺部组织不同病变的情况[21],而新生儿相对于成人有体积小、胸

壁薄的优势, 更有助于声束的穿透, 超声成像较为清楚, 又因床旁超声十分便捷, 可以随时多次观察患儿肺部病变的进展, 临床提供更有价值的信息。

进行新生儿床旁肺部超声检查时应根据患儿的胎龄及体重选择探头[22], 高频探头(9~12 MHz)能更好地显示胸膜及其解剖和肺滑动; 而较低频率的探头(2.5~5 MHz)则可以更好地显示 B-线的深度延伸和实变或积液。微凸探头(5~11 MHz)有着频率范围宽、体积小的优点, 特别适用于肋间隙, 被许多人认为是较为理想的探头[23] [24]。检查时, 患儿可取仰卧、侧卧或俯卧体位, 扫查肺脏的各个区域。肺脏每侧分为三个区域: 胸骨旁和腋前线之间的前区, 腋前线和腋后线之间的外侧区和腋后线和脊柱之间的区域[25]。扫查方法包括纵向扫查法和横向扫查法, 前者在扫查时将探头与肋骨垂直, 是最为常用和重要的扫查方法, 而后者探头则沿肋间隙逐一肋间扫查。

### 3. NRDS 的主要超声征象及鉴别诊断

对 NRDS 患儿进行床旁肺部超声检查时, B-线是超声波遇到肺泡气液界面引起的伪影的线性高回声反射, B-线起源于胸膜线且垂直于胸膜线, 并随着呼吸运动与肺部滑动同步移动, B-线的数量反映了肺内含水量的增加与水平的差别[26] [27] [28]。对 NRDS 患儿进行床旁肺部超声检查时, 由于患儿的肺含水量增多, 超声图像显示为 B-线增加, 当扫查时发现整个肋间隙内存在密集的 B-线(B-线相互融合)但仍可以显示肋骨声影, 则称为融合 B-线(confluent B-line), 当任一肺野内探查到 2 个以上的肋间隙存在融合 B-线时称为肺间质综合征(alveolar-interstitial syndrome, AIS) [28] [29] [30] [31], 而当扫查时导致肋骨声影消失的密集 B-线则称为致密 B-线(compact B-line), 若扫查中每个肺野均表现为致密 B-线, 则称为白肺(white lung) [19]。由于肺内水分持续增多而渗出, 导致纤维蛋白累积, 出现肺透明膜, 进一步形成了肺实变组织。超声图像上肺实变组织表现为为实性低回声, 而肺实变的范围与 NRDS 的病情程度有关[32], 轻症 NRDS 患儿的肺组织大部分以 AIS 呈现, 其实变的肺组织大多是局限于胸膜下范围较小的实变; 而重度 NRDS 患儿则会表现为延伸至深部的、大范围的肺实变, 其中可见支气管充气征, 这正是超声诊断 NRDS 的重要特征[33], 此外, 病情严重的患儿超声扫查还可发现胸腔积液[34]。目前, 肺部超声检查已经能够做到准确识别出实变的肺组织, 区分轻度及重度 NRDS, 对临床医生选择正确的治疗方案做出有效指导。

### 4. 应用肺超声量化指标评估 NRDS 病情程度的研究进展

近年来, 肺超声评分等的量化指标在学者间已被广泛研究, 国内外许多学者应用肺超声评分来评估 NRDS 的病情程度, 并逐步证实肺超声评分可以体现出正常新生儿与 NRDS 患儿肺部组织的区别, 并能在一定程度上预测患儿的预后, 具有诊断意义。Christoph [35]等进行了将超声评分应用于指导外源性肺表面活性物质和持续气道正压通气的研究; 后有学者[18]对肺超声评分(Lung ultrasound score, LUS)进行了描述, 通过对各个肺野进行超声扫查, 通过观察 B-线及有无实变肺组织等对每个区域进行评分, 最后各区域分数相加得出总评分, 以此评估肺部病变的程度; 于红奎[36]等将双侧肺野分为 10 个区域, 所有区域总和为 40 分, 对 NRDS 患儿进行肺超声量化评估, 得出肺超声区分轻、中及重度的总分分别为 13.0、22.5、29.5 分, 并应用肺超声评分指导 NRDS 患儿何时使用有创通气最佳。另有 Lucia [37]等学者研究结果表明, LUS 不仅对于 NRDS 患儿具有指导临床诊断的应用价值, 同时, 还可以评估 NRDS 患儿的病情程度以及预测患儿的预后情况。但刘敬[38]等学者提出肺超声评分并不能准确的判断 NRDS 患儿病情程度, 例如, 肺超声评分标准忽略了换能器频率对肺超声结果的影响, 在进行新生儿肺超声检查时, 若换能器的频率不同, 会导致肺部同一区域的分值不同; 此外, 肺超声评分系统还忽略了 NRDS 患儿同时存在胸腔积液、肺出血等其他肺部表现的情况, 不同程度的胸腔积液是新生儿肺部疾病的常见表现, 而肺

出血则提示 NRDS 病情进展至重度, 但肺超声评分系统并未规定如何对此类情况进行评分。于是刘敬[9]根据 NRDS 的肺实变特点、范围及其并发症, 制定了肺部超声的分级诊断标准, 将 NRDS 患儿的肺超声分为了轻、中、重度三个亚组, 更合理的应用肺超声指导 NRDS 的诊断。

## 5. 肺超声在 NRDS 治疗中的新应用

随着肺超声价值的逐步体现, 肺超声在 NRDS 的诊治过程中也出现了许多新应用。支气管肺发育不良(bronchopulmonary dysplasia, BPD)是 NRDS 患儿最常见的并发症之一, 该并发症不仅病死率高, 对存活的患儿也会造成身体多系统的损害。刘敬[39]的研究表明, 若患儿在生后 2~3 周仍对吸氧依赖, 且肺超声表现为融合 B-线或有虫蚀样胸膜线异常, 则日后发展为 BPD 的可能性极大, 应及时采取预防措施以防止发展为 BPD。自 2017 年至 2020 年, 刘敬[40]在新生儿病房内将肺超声全面替代胸部 X 线诊断, 并通过肺部超声的评估来治疗患有肺部疾病的新生儿, 其病房内收治的患儿中 BPD 的发生率为 0, 由此证明应用肺超声来监测新生儿的肺部疾病可以非常有效地改善患儿的预后[40] [41]。床旁肺超声还可以指导 NRDS 患儿呼吸机的使用, 令呼吸机的使用率有效降低, 且对于必须使用呼吸机的患儿, 在肺部超声的监测下也可使其上机时间大幅缩短, 从而降低了发生呼吸机相关肺损伤的几率[42] [43] [44]。对新生儿进行床旁肺部超声检查还能够快速发现患儿可能存在的其他肺部病变, 如肺炎、肺出血及肺不张等, 能够指导临床医师及时给与相应临床治疗, 从而避免因肺出血、肺不张等肺部疾病造成的其它严重并发症的发生。此外, 肺超声还可以指导外源性肺表面活性物质(pulmonary surfactant, PS)的应用, 在床旁肺部超声的评估指导下, 在新生儿病房不但降低了 PS 的使用率, 减少了使用剂量和使用频次, 也缩短了 PS 的使用时间间隔, 从而减少了相关并发症[43] [45]。

## 6. 总结与展望

综上所述, 随着近年来国内外研究的不断深入, 床旁肺部超声对新生儿肺部疾病的诊断效能和指导治疗的效果日益提升, 其在诊治 NRDS 的应用中逐渐展示出多重优势, 如有较高的敏感性及特异性等, 且安全、便捷、准确, 且在 NRDS 患儿的治疗过程中, 常常需要重复、细致的检查, 而床旁肺部超声可以满足临床需求, 能够做到及时、高效的评估病情发展和预后, 为临床医生的诊断和治疗争取到宝贵的时间, 方便临床医师精准的调整相关治疗方案, 使肺部超声代替胸部 X 线作为 NRDS 的首选检查成为必然的趋势。然而, 尽管床旁肺部超声已广泛应用在 NRDS 患儿临床诊治工作中, 但其仍具有一定的局限性, 如尚未统一的量化评分标准, 故肺超声诊断 NRDS 及指导治疗方式中的标准有待继续探索完善。

## 参考文献

- [1] 顾兆丹, 王永芹, 张春磊, 等. 潍坊市住院新生儿病死率及死亡原因的多中心研究[J]. 中国当代儿科杂志, 2022, 24(9): 994-1000.
- [2] Rubarth, L.B. and Quinn, J. (2015) Respiratory Development and Respiratory Distress Syndrome. *Neonatal Network*, **34**, 231-238. <https://doi.org/10.1891/0730-0832.34.4.231>
- [3] Chowdhury, N., Giles, B.L. and Dell, S.D. (2019) Full-Term Neonatal Respiratory Distress and Chronic Lung Disease. *Pediatric Annals*, **48**, e175-e181. <https://doi.org/10.3928/19382359-20190328-01>
- [4] Liu, J., Shi, Y., Dong, J.Y., et al. (2010) Clinical Characteristics, Diagnosis and Management of Respiratory Distress Syndrome in Full-Term Neonates. *Chinese Medical Journal*, **19**, 2640-2644.
- [5] Lee, M., Wu, K., Yu, A., et al. (2019) Pulmonary Hemorrhage in Neonatal Respiratory Distress Syndrome: Radiographic Evolution, Course, Complications and Long-Term Clinical Outcomes. *Journal of Neonatal-Perinatal Medicine*, **12**, 161-171. <https://doi.org/10.3233/NPM-1867>
- [6] Vibede, L., Vibede, E., Bendtsen, M., Pedersen, L. and Ebbesen, F. (2017) Neonatal Pneumothorax: A Descriptive Regional Danish Study. *Neonatology*, **111**, 303-308. <https://doi.org/10.1159/000453029>
- [7] Apiliogullari, B., Sunam, G.S., Ceran, S. and Koc, H. (2011) Evaluation of Neonatal Pneumothorax. *The Journal of*

- International Medical Research*, **39**, 2436-2440. <https://doi.org/10.1177/147323001103900645>
- [8] Donda, K., Vijayakanthi, N., Dapaah-Siakwan, F., *et al.* (2019) Trends in Epidemiology and Outcomes of Respiratory Distress Syndrome in the United States. *Pediatric Pulmonology*, **54**, 405-414. <https://doi.org/10.1002/ppul.24241>
- [9] Liu, J. (2023) Ultrasound Diagnosis and Grading Criteria of Neonatal Respiratory Distress Syndrome. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **36**, Article ID: 2206943. <https://doi.org/10.1080/14767058.2023.2206943>
- [10] Copetti, R., Cattarossi, L., Macagno, F., *et al.* (2008) Lung Ultrasound in Respiratory Distress Syndrome: A Useful Tool for Early Diagnosis. *Neonatology*, **94**, 52-59. <https://doi.org/10.1159/000113059>
- [11] Xin, H., Wang, L.J., Hao, W., *et al.* (2023) Lung Ultrasound in the Evaluation of Neonatal Respiratory Distress Syndrome. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **42**, 713-721. <https://doi.org/10.1002/jum.16097>
- [12] Liu, J., Cao, H.Y., Wang, H.W. and Kong, X.Y. (2015) The Role of Lung Ultrasound in Diagnosis of Respiratory Distress Syndrome in Newborn Infants. *Iranian Journal of Pediatrics*, **25**, E323. <https://doi.org/10.5812/ijp.323>
- [13] 梁惠颖, 陈智毅, 廖剑艺, 等. 超声与 X 线胸片对新生儿暂时性呼吸增快症和呼吸窘迫综合征的诊断效能[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(5): 683-687.
- [14] Qiu, W., Chen, Y.M., Kishimoto, J., *et al.* (2017) Longitudinal Analysis of Pre-Term Neonatal Cerebral Ventricles from 3D Ultrasound Images Using Spatial-Temporal Deformable Registration. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, **36**, 1016-1026. <https://doi.org/10.1109/TMI.2016.2643635>
- [15] Ayşenur, B.Y., Merve, T., Basak, A., *et al.* (2023) Investigation of Childhood Pneumonia with Thoracic Ultrasound. *Ultrasound Quarterly*, **39**, 216-222. <https://doi.org/10.1097/RUQ.0000000000000651>
- [16] 杨子慧, 李亚超, 于蓓. 肺部超声与胸部 X 线在新生儿呼吸窘迫综合征中的诊断价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2021, 20(24): 2686-2689.
- [17] 刘敬, 曹海英, 李静雅, 等. 新生儿肺部疾病的超声诊断[J]. 中华围产医学杂志, 2012, 15(12): 753-756.
- [18] Rouby, J.J., Arbelot, C., Gao, Y.Z., *et al.* (2018) Training for Lung Ultrasound Score Measurement in Critically Ill Patients. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **198**, 398-401. <https://doi.org/10.1164/rccm.201802-0227LE>
- [19] 刘敬, 冯星, 胡才宝, 等. 新生儿肺脏疾病超声诊断指南[J]. 中国当代儿科杂志, 2019, 21(2): 105-113.
- [20] 王会霞, 陈彦香. 新生儿呼吸窘迫综合征相关检查应用进展[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7(3): 11-13, 17.
- [21] 李虹, 吕秀章, 李一丹, 等. 肺超声“彗星尾征”的关联性结构及相关定性定量研究[J], 中华超声影像学杂志, 2017, 26(5): 458-460.
- [22] 李微, 李克婷, 杨宏宇, 等. 肺超声评估新生儿肺源性呼吸窘迫的价值[J]. 同济大学学报(医学版), 2023, 44(5): 660-665.
- [23] 刘敬, 曹海英, 程秀永. 新生儿肺脏疾病超声诊断学[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 2013: 21-22.
- [24] Chen, S.W., Zhang, M.Y. and Liu, J. (2015) Application of Lung Ultrasonography in the Diagnosis of Childhood Lung Diseases. *Chinese Medical Journal*, **128**, 2672-2678. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.166035>
- [25] Cattarossi, L. (2013) Lung Ultrasound: Its Role in Neonatology and Pediatrics. *Early Human Development*, **89**, S17-S19. [https://doi.org/10.1016/S0378-3782\(13\)70006-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3782(13)70006-9)
- [26] Hiles, M., Culpán, A.M., Watts, C., *et al.* (2017) Neonatal Respiratory Distress Syndrome: Chest X-Ray or Lung Ultrasound? A Systematic Review. *Ultrasound*, **25**, 80-91. <https://doi.org/10.1177/1742271X16689374>
- [27] Leblanc, D., Bouvet, C., Degiovanni, F., *et al.* (2014) Early Lung Ultrasonography Predicts the Occurrence of Acute Respiratory Distress Syndrome in Blunt Trauma Patients. *Intensive Care Medicine*, **40**, 1468-1474. <https://doi.org/10.1007/s00134-014-3382-9>
- [28] 中华医学会儿科学分会围产医学专业委员会, 中国医师协会新生儿科医师分会超声专业委员会, 中国医药教育协会超声医学专业委员会重症超声学组, 等. 新生儿肺脏疾病超声诊断指南[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2018, 33(14): 1057-1064.
- [29] Piette, E., Daoust, R. and Denault, A. (2013) Basic Concepts in the Use of Thoracic and Lung Ultrasound. *Current Opinion in Anaesthesiology*, **26**, 20-30. <https://doi.org/10.1097/ACO.0b013e32835afd40>
- [30] Giovanni, V., Valeria, C., Luciano, C., *et al.* (2008) Detection of Sonographic B-Lines in Patients with Normal Lung or Radiographic Alveolar Consolidation. *Medical Science Monitor*, **3**, CR122-8.
- [31] Dietrich, C.F., Mathis, G., Blaivas, M., *et al.* (2016) Lung B-Line Artefacts and Their Use. *Journal of Thoracic Disease*, **8**, 1356-1365. <https://doi.org/10.21037/jtd.2016.04.55>
- [32] 冯景, 王洲, 张伟莉, 等. 肺超声评分法在新生儿呼吸窘迫综合征机械通气撤机中的应用价值[J]. 中国超声医学杂志, 2023, 39(9): 995-998.

- [33] Francesco, C., Claudia, B. and Paolo, P. (2014) Chest Ultrasound in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Current Opinion in Critical Care*, **20**, 98-103. <https://doi.org/10.1097/MCC.000000000000042>
- [34] Volpicelli, G., Elbarbary, M., Blaivas, M., *et al.* (2012) International Evidence-Based Recommendations for Point-of-Care Lung Ultrasound. *Intensive Care Medicine*, **38**, 577-591. <https://doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>
- [35] Dietrich, C.F., Mathis, G., Cui, X.W., *et al.* (2015) Ultrasound of the Pleurae and Lungs. *Ultrasound in Medicine & Biology*, **41**, 351-365. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.10.002>
- [36] 于红奎, 夏焙, 黄惠君, 等. 肺超声评分评估新生儿呼吸窘迫综合征肺病变及预后的可行性及临床意义[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(8): 1216-1220.
- [37] De Martino, L., Yousef, N., Ben-Ammar, R., *et al.* (2018) Lung Ultrasound Score Predicts Surfactant Need in Extremely Preterm Neonates. *Pediatrics*, **142**, e20180463. <https://doi.org/10.1542/peds.2018-0463>
- [38] Liu, J. (2020) The Lung Ultrasound Score Cannot Accurately Evaluate the Severity of Neonatal Lung Disease. *Journal of Ultrasound in Medicine*, **39**, 1015-1020. <https://doi.org/10.1002/jum.15176>
- [39] 刘敬. 肺脏超声对早产儿支气管肺发育不良的预测及诊断价值[J]. 江苏大学学报(医学版), 2022, 32(2): 104-107.
- [40] Gao, Y.Q., Qiu, R.X., Liu, J., *et al.* (2022) Lung Ultrasound Completely Replaced Chest X-Ray for Diagnosing Neonatal Lung Diseases: A 3-Year Clinical Practice Report from a Neonatal Intensive Care Unit in China. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **35**, 3565-3572. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1830369>
- [41] Ferrante, G., Montante, C., Notarbartolo, V. and Giuffrè, M. (2022) Antioxidants: Role the in Prevention and Treatment of Bronchopulmonary Dysplasia. *Paediatric Respiratory Reviews*, **42**, 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2022.01.003>
- [42] Liu, J., Zhang, X., Wang, Y., *et al.* (2022) The Outcome- or Cost-Effectiveness Analysis of LUS-Based Care or CXR-Based Care of Neonatal Lung Diseases: The Clinical Practice Evidence from a Level III NICU in China. *Diagnostics*, **12**, Article 2790. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12112790>
- [43] Liu, J., Xia, R.M., Ren, X.L. and Li, J.J. (2020) The New Application of Point-of-Care Lung Ultrasound in Guiding or Assisting Neonatal Severe Lung Disease Treatment Based on a Case Series. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **33**, 3907-3915. <https://doi.org/10.1080/14767058.2019.1590332>
- [44] Liu, J., Lovrenski, J., Hlaing, A.Y. and Kurepa, D. (2021) Neonatal Lung Diseases: Lung Ultrasound or Chest X-Ray. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, **34**, 1177-1182. <https://doi.org/10.1080/14767058.2019.1623198>
- [45] Liu, J., Fu, W. and Qin, S.J. (2022) Lung Ultrasound to Guide the Administration of Exogenous Pulmonary Surfactant in Respiratory Distress Syndrome of Newborn Infants: A Retrospective Investigation Study. *Frontiers in Pediatrics*, **10**, Article 952315. <https://doi.org/10.3389/fped.2022.952315>