

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2020.19.015

肺部超声在新生儿呼吸窘迫综合征临床诊断及肺泡表面活性物质治疗效果评估中的应用价值*

左莉莉¹ 陈 辉¹ 秦振英¹ 管亚飞¹ 陈筱青^{1,2Δ}

(1 南京医科大学第一附属医院 / 江苏省人民医院儿科 江苏 南京 210029;

2 南京医科大学第一附属医院妇幼分院 / 江苏省妇幼保健院儿科 江苏 南京 210029)

摘要 目的:研究肺部超声在新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)临床诊断及肺泡表面活性物质(PS)治疗效果评估中的应用价值。**方法:**将我院于2018年6月~2020年3月期间诊治的80例NRDS患儿纳入研究,记作NRDS组。另取同期80例健康新生儿作为对照组。对所有新生儿进行系统的肺部超声检查并评分,并比较NRDS组和对照组检查结果。将NRDS患儿根据胎龄的不同分成<30周亚组以及≥30周亚组,比较两组肺部超声检查结果。此外,将所有NRDS患儿按照是否接受PS治疗分成治疗组与非治疗组,比较两组肺部超声评分。**结果:**NRDS组肺实变、胸膜线异常、支气管充气征、融合B线、肺泡间质综合征、胸腔积液人数占比均高于对照组(均 $P<0.05$)。胎龄<30周亚组肺泡间质综合征人数占比低于胎龄≥30周亚组患儿,而胸腔积液人数占比高于胎龄≥30周亚组患儿(均 $P<0.05$)。治疗组治疗后12h、24h时的肺部超声评分分别为(15.23±3.15)分、(11.37±2.01)分,均低于非治疗组的(19.45±3.28)分、(16.48±2.83)分(均 $P<0.05$)。**结论:**肺部超声作为无创且实时监测手段,诊断NRDS的临床价值较高,且肺部超声评分可作为有效评估NRDS患儿接受PS治疗效果的指标,具有较好的临床应用价值。

关键词:新生儿呼吸窘迫综合征;肺部超声;肺泡表面活性物质;肺部超声评分;应用价值

中图分类号:R725.6;R563.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2020)19-3678-05

The Application Value of Pulmonary Ultrasound in Clinical Diagnosis of Neonatal Respiratory Distress Syndrome and Evaluation of Therapeutic Effect of Pulmonary Surfactant*

ZUO Li-li¹, CHEN Hui¹, QIN Zhen-ying¹, GUAN Ya-fei¹, CHEN Xiao-qing^{1,2Δ}

(1 Department of Pediatrics, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University/Jiangsu People's Hospital, Nanjing, Jiangsu, 210029, China; 2 Department of Pediatrics, Maternal and Child Health Branch of the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University/Jiangsu Maternal and Child Health Hospital, Nanjing, Jiangsu, 210029, China)

ABSTRACT Objective: To study the application value of pulmonary ultrasound in clinical diagnosis of neonatal respiratory distress syndrome (NRDS) and evaluation of therapeutic effect of pulmonary surfactant (PS). **Methods:** 80 children with NRDS treated in our hospital from June 2018 to March 2020 were included in the study, and were labeled as NRDS group. Another 80 healthy newborns in the same period were selected as the control group. All newborns were systematically examined and scored by pulmonary ultrasound, and the results of NRDS group and control group were compared. According to different gestational ages, children with NRDS were divided into <30 weeks subgroup and ≥30 weeks subgroup, and pulmonary ultrasound results of the two groups were compared. In addition, all children with NRDS were divided into treatment group and non-treatment group according to whether they had received PS treatment, and pulmonary ultrasound scores of the two groups were compared. **Results:** Lung consolidation, pleural abnormalities, air bronchi sign, fuse B-line, alveolar interstitial syndrome and pleural effusion in NRDS group were all higher than those in the control group (All $P<0.05$). The proportion of children with alveolar interstitial syndrome in the gestational age <30 weeks subgroup was lower than that in the gestational age ≥30 weeks subgroup, while the proportion of patients with pleural effusion was higher than that in the gestational age ≥30 weeks subgroup(all $P<0.05$). The pulmonary ultrasound scores of the treatment group at 12 h and 24 h after treatment were (15.23±3.15) scores and (11.37±2.01) scores, respectively, which were lower than that of the non-treatment group (19.45±3.28) scores and (16.48±2.83) scores (all $P<0.05$). **Conclusion:** Pulmonary ultrasound has a high clinical value in diagnosing neonatal NRDS, and pulmonary ultrasound score can be used as an effective indicator to evaluate the effect of PS treatment in children with RDS. It is worthy of clinical application.

* 基金项目:江苏省妇幼健康科研项目(F201745)

作者简介:左莉莉(1986-),硕士,主治医师,研究方向:新生儿重症及超声、儿童心血管疾病,E-mail: candynjxc@163.com

Δ 通讯作者:陈筱青(1975-),女,博士,主任医师,研究方向:新生儿肺发育、肺损伤,E-mail: 17714207690@163.com

(收稿日期:2020-03-06 接受日期:2020-03-30)

Key words: Neonatal respiratory distress syndrome; Pulmonary ultrasound; Pulmonary surfactant; Pulmonary ultrasound score; Application value

Chinese Library Classification(CLC): R725.6; R563.8 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2020)19-3678-05

前言

新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)主要是指因肺泡表面活性物质(PS)缺乏所引起的新生儿肺部结构以及功能发育不成熟,进一步引起患儿出现过度通气、酸中毒以及严重低氧血症^[1-3]。相关研究报道显示,NRDS是导致新生儿死亡的重要原因之一,亦是新生儿重症监护室(NICU)的常见疾病^[4-6]。由此可见,及时有效诊断NRDS显得尤为重要,亦是目前临床重点关注的问题之一。既往,临床上主要是根据典型临床表现、胸部X线检查以及动脉血气分析实现NRDS的诊断,但上述检查方式特异性较低,存在一定的误诊率^[7-9]。随着近年来超声技术的不断发展,肺部超声开始被广泛应用于临床多种肺部疾病的诊断中,且具有较高的准确性以及可靠性。此外,PS是一种广泛分布在肺泡液体分子层表面的脂蛋白,可避免肺不张和肺水肿发生,发挥降低肺泡表面张力,增加肺顺应性等作用^[10-12]。然而,关于肺部超声评估NRDS患儿应用PS替代治疗效果方面的研究并不多见。鉴于此,本文通过研究肺部超声在NRDS临床诊断及PS治疗效果评估中的应用价值,旨在为临床NRDS的诊断方式、PS治疗效果评估手段的选择提供一定参考依据,现作以下报道。

1 对象与方法

1.1 一般资料

将我院于2018年6月~2020年3月期间诊治的80例NRDS患儿纳入研究,记作NRDS组。其中男女人数分别为47例,33例;胎龄范围24~33周,平均胎龄(29.94 ± 2.22)周;分娩方式:自然分娩36例,剖宫产44例;出生体重750~2450 g,平均出生体重(1375.06 ± 387.03)g。纳入标准:(1)NRDS诊断标准参考《实用新生儿学》第4版^[13];(2)动脉血气分析以及胸部X线检查均和典型的NRDS典型表现相符;(3)均接受肺部超声检查;(4)入院前尚未接受相关治疗。排除标准:(1)合并先天性胸部或(和)心脏疾病者;(2)伴有缺血、缺氧性脑病等;(3)因各种原因无法完成相关治疗或检查者;(4)正参与其他研究者。另取同期80例健康新生儿作为对照组。男女人数分别为50例,30例;胎龄范围35~41周,平均胎龄(37.96 ± 1.48)周;分娩方式:自然分娩37例,剖宫产43例;出生体重1950~4000 g,平均出生体重(3085.25 ± 432.60)g。两组新生儿性别和分娩方式比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),均衡可比。见表1。所有新生儿监护人均在知情同意书上签字,本研究获得我院医学伦理委员会批准。

表1 两组一般资料对比

Table 1 Comparison of general data of two groups

Groups	n	Gender(Male/Female)	Gestational ages(week)	Delivery mode(Natural delivery / cesarean section)	Birth weight(g)
NRDS group	80	47/33	29.94 ± 2.22	36/44	1375.06 ± 387.03
Control group	80	50/30	37.96 ± 1.48	37/43	3085.25 ± 432.60
χ^2/t	-	0.236	-26.908	0.025	-26.352
P	-	0.627	0.000	0.874	0.000

1.2 研究方法

(1)分组方式:将NRDS患儿根据胎龄的不同分成胎龄 ≥ 30 周亚组34例,以及 <30 周亚组46例。此外,将所有NRDS患儿按照是否接受PS治疗分成治疗组37例与非治疗组43例。(2)肺部超声检测:所有新生儿均于入院后24 h内进行肺部超声检查,另外,治疗组的患儿还需在PS治疗前,治疗后12 h,24 h分别完成超声检查,使用仪器为超声诊断仪(型号:Sonosite Edge II),选用线阵探头L25(频率6-13MHz)。将每侧胸壁以胸骨旁线、腋前线、腋后线、脊柱旁线为界,并以双乳头连线的延长线分成前上、前下、腋上、腋下、后上、后下等区域。每区均采集横切、纵切声像图,标记并进行保存,每例新生儿均采集12幅图。检查时取仰卧位或侧卧位,注意观察新生儿是否有气胸表现,线阵探头依次探查前胸、侧胸、后背相关区域,观察是否有胸腔积液以及肺部病变。也可按照病情的不同侧卧位或俯卧位进行背部检查,观察有无胸膜病变或实变影。超声图

像的采集和报告由参与并通过急重症超声专业培训的医师全程独立操作完成。

1.3 观察指标

比较NRDS组与对照组的肺部超声检查结果,比较 <34 周亚组与 ≥ 34 周亚组的肺部超声检查结果,对比治疗组与非治疗组患儿治疗前后肺部超声评分。其中肺部超声相关指标包括以下几点:①肺实变;②胸膜线异常;③支气管充气征;④融合B线;⑤肺泡间质综合征;⑥胸腔积液。

1.4 评价标准

肺部超声评分标准主要是参照《新生儿肺脏疾病超声诊断指南》^[14]中所制定的相关标准进行:正常通气区域(N)B线孤立存在的数量 <2 条,A线显示结果清晰,实时超声检测可见肺滑动征;轻度肺通气减少区域具备分界清晰且典型的B线(B1线);中度肺部通气减少区域存在相互融合的典型B线(B2线);重度肺部通气减少区域肺实质部分存在动态支气管充气

征(C),肺组织呈肺实变。全面检查区域按照超声表现予以评分 1~图 4。
分,N、B1、B2、C 分别评分为 0、1、2、3 分,总分 0~36 分。见图



图 1 N- 肺部超声评分为 0 分

Fig.1 N-lung ultrasound score is 0

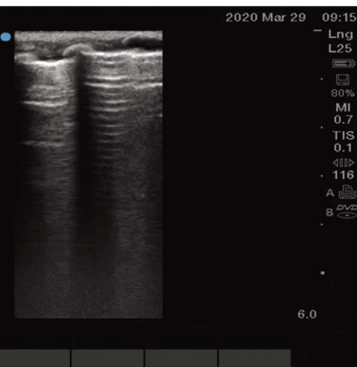


图 2 B1- 肺部超声评分为 1 分

Fig.2 B1-lung ultrasound score is 1



图 3 B2- 肺部超声评分为 2 分

Fig.3 B2-lung ultrasound score is 2



图 4 C- 肺部超声评分为 3 分

Fig.4 C-lung ultrasound score is 3

1.5 统计学处理

数据分析通过 SPSS 25.0 软件实现,计数资料的表示方式为[n(%)],检验方式为 χ^2 检验。计量资料的表示方式为($\bar{x} \pm s$),检验方式为 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 NRDS 组与对照组肺部超声检查结果对比

NRDS 组肺实变、胸膜线异常、支气管充气征、融合 B 线、肺泡间质综合征、胸腔积液人数占比均高于对照组(均 $P <$

0.05),见表 2。

2.2 胎龄 <30 周亚组与 ≥ 30 周亚组肺部超声检查结果对比

胎龄 <30 周亚组患儿肺泡间质综合征人数占比低于胎龄 ≥ 34 周亚组患儿,而胸腔积液人数占比高于胎龄 ≥ 30 周亚组患儿。(均 $P < 0.05$),见表 3。

2.3 治疗组与非治疗组患儿治疗前后肺部超声评分对比

治疗组治疗后 12 h、24 h 的肺部超声评分分别为(15.23 ± 3.15)分、(11.37 ± 2.01)分,均低于非治疗组的(19.45 ± 3.28)分、(16.48 ± 2.83)分(均 $P < 0.05$),见表 4。

表 2 NRDS 组与对照组肺部超声检查结果对比 [例(%)]

Table 2 Comparison of lung ultrasound results between NRDS group and control group [n(%)]

Groups	n	Lung consolidation	Pleural abnormalities	Air bronchi sign	Fuse B-line	Alveolar interstitial syndrome	Pleural effusion
NRDS group	80	27(33.75)	49(61.25)	25(31.25)	73(91.25)	60(75.00)	19(23.75)
Control group	80	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	5(6.25)	3(3.75)	0(0.00)
χ^2	-	32.481	70.631	29.630	115.672	85.066	35.420
P	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

3 讨论

在影像科临床中,胸部 X 线检查是迄今为止临床上公认的用以评估 NRDS 的 1 个金标准,这主要是由于此种检查方式

所呈现的征象改变和 NRDS 病情严重程度以及病理改变密切相关,但其具有放射线暴露的缺陷,可能对患儿造成损伤^[15-17]。且该检查方式在极大程度上受场地以及患儿体位的影响,难以在床旁及时开展,不利于临床推广普及,对其广泛应用产生了

表 3 胎龄<30 周亚组与≥ 30 周亚组肺部超声检查结果对比 例(%)

Table 3 Comparison of the results of pulmonary ultrasonography between the gestational age < 30 weeks subgroup and the gestational age ≥ 30 weeks subgroup n(%)

Groups	n	Lung consolidation	Pleural abnormalities	Air bronchi sign	Fuse B-line	Alveolar interstitial syndrome	Pleural effusion
≥ 30 weeks subgroup	34	11(32.36)	20(58.82)	10(29.41)	32(94.12)	31(91.18)	1(2.94)
<30 weeks subgroup	46	16(34.78)	29(63.04)	15(32.61)	41(89.13)	28(60.87)	8(17.39)
χ^2	-	0.052	0.147	0.093	0.609	9.276	4.089
<i>P</i>	-	0.820	0.702	0.760	0.435	0.002	0.043

表 4 治疗组与非治疗组患儿治疗前后肺部超声评分对比($\bar{x} \pm s$, 分)Table 4 Comparison of pulmonary ultrasound scores before and after treatment between treatment group and non-treatment group($\bar{x} \pm s$, scores)

Groups	n	Before treatment	12 h after treatment	24 h after treatment
Treatment group	37	21.85± 3.97	15.23± 3.15	11.37± 2.01
Non-treatment group	43	21.90± 4.01	19.45± 3.28	16.48± 2.83
<i>t</i>	-	0.056	5.843	9.169
<i>P</i>	-	0.956	0.000	0.000

一定的限制。而在治疗方面,外源性 PS 替代治疗是欧洲 NRDS 防治共识指南的推荐用药方案,PS 主要是指猪肺泡表面制备的活性物质制剂之一,亦是针对 NRDS 病因的有效治疗手段,可在一定程度上预防 NRDS 发病以及缓解各项临床症状,且其应用越及时,效果越明显^[18-20]。既往,临床上用以评估 PS 治疗效果的方式主要是血气指标分析、机械通气参数分析以及胸部 X 线检查等,虽然可较为准确地进行评价,但相较于成年人而言,新生儿的胸壁相对较薄,检查区域相对较小,上述评估方式应用于新生儿时存在一定的局限性^[21-23]。肺部超声具有无创、无辐射以及重复性较好等优势,其用于评估 NRDS 的病情以及治疗效果可能具有一定临床价值^[24-26]。

本文通过分析结果发现,NRDS 组肺实变、胸膜线异常、支气管充气征、融合 B 线、肺泡间质综合征、胸腔积液人数占比均高于对照组。这充分表明了肺部超声在诊断 NRDS 中的价值较高,此种诊断方式能够较好地判断 NRDS 患儿的症状情况,有助于后续临床治疗过程的进行。分析原因,我们认为新生儿在发生 NRDS 时,PS 缺乏会引起肺泡萎陷,继而导致肺泡水肿、肺泡气-液界面促使超声波束发生反射,继而形成 B 线,同时引起胸膜线不光滑或中断。且随着肺泡水肿程度的不断加剧,B 线会进一步增多,从而引起肺泡间质综合征。同时,肺泡萎陷的发生会呈均质性改变,低回声区较为少见,可见密集、点状分布的支气管充气征。然而,刘敬等人的研究报道显示^[27]:NRDS 患儿肺实变、胸膜线异常百分比均为 100.00%。这与本研究结果存在明显的差异。而导致两项研究存在差异的主要原因可能是 NRDS 患儿的胎龄不同以及分娩方式不一致,值得临床关注。此外,本研究中胎龄<30 周亚组患儿肺泡间质综合征人数占比低于胎龄≥ 30 周亚组患儿,而胸腔积液人数占比高于胎龄≥ 30 周亚组患儿。这和张小龙等人的研究报道存在差异^[28]:胎龄≥ 34 周患儿的肺泡间质综合征以及胸腔积液人数占比分别为 80.7%、23.7%,均高于胎龄<34 周患儿的 67.5%、

10.8%。究其原因,笔者认为导致这种差异的原因可能为两项研究纳入的样本量不同及患儿从发病至进行检查时所隔的时间不同。另外,治疗组治疗后 12 h、24 h 的肺部超声评分均低于非治疗组。考虑其主要原因可能在于:PS 治疗后 NRDS 患儿的肺部病变得以改善,肺泡萎陷以及水肿状况获得缓解,继而可促使肺部超声表现发生改变。且 NRDS 超声检查可在床边开展,实现对患儿的随时检测,同时有效避免射线损伤的发生,对指导治疗以及病情观察具有一定价值^[29,30]。需要指出的是,在此次研究当中,也具有一定的不足之处及局限性,比如样本容量较少,同时也缺乏对 NRDS 患儿治疗相关指标的深入分析,但由于本文的重点是 NRDS 患儿肺部超声评估相关的内容,故考虑在今后的研究中再采用扩大样本量,将 NRDS 患儿治疗相关指标纳入实验设计中的措施,以期获取更为全面的结果。

综上所述,肺部超声应用于 NRDS 临床诊断中的价值较高,其中肺部超声评分可作为有效评估 NRDS 患儿接受 PS 治疗效果的指标,具有较好的临床应用价值。

参 考 文 献(References)

- [1] Lee M, Wu K, Yu A, et al. Pulmonary hemorrhage in neonatal respiratory distress syndrome: Radiographic evolution, course, complications and long-term clinical outcomes [J]. J Neonatal Perinatal Med, 2019, 12(2): 161-171
- [2] Pisani L, Vercesi V, van Tongeren PSI, et al. The diagnostic accuracy for ARDS of global versus regional lung ultrasound scores - a post hoc analysis of an observational study in invasively ventilated ICU patients[J]. Intensive Care Med Exp, 2019, 7(1): 44-45
- [3] Bello G, Blanco P. Lung Ultrasonography for Assessing Lung Aeration in Acute Respiratory Distress Syndrome: A Narrative Review[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(1): 27-37
- [4] Corsini I, Parri N, Gozzini E, et al. Lung Ultrasound for the Differential Diagnosis of Respiratory Distress in Neonates [J]. Neonatology, 2019, 115(1): 77-84

- [5] Singh A, Gupta A, Sen MK, et al. Utility of bedside lung ultrasound for assessment of lung recruitment in a case of acute respiratory distress syndrome[J]. Lung India, 2019, 36(5): 451-456
- [6] Jagła M, Grudziński A, Starzec K, et al. Lung ultrasound in the diagnosis of neonatal respiratory failure prior to patient transport [J]. J Clin Ultrasound, 2019, 47(9): 518-525
- [7] Sanjan A, Krishnan SV, Abraham SV, et al. Utility of Point-of-Care Lung Ultrasound for Initial Assessment of Acute Respiratory Distress Syndrome Patients in the Emergency Department[J]. J Emerg Trauma Shock, 2019, 12(4): 248-253
- [8] 邱如新, 刘敬. 新生儿呼吸窘迫综合征的超声诊断及其与湿肺的鉴别[J]. 中国小儿急救医学, 2019, 26(8): 579-582
- [9] 王慧, 邓晶, 叶新华, 等. 肺部超声在新生儿呼吸窘迫综合征诊断中的应用价值[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2018, 15(11): 830-833
- [10] 李娅, 袁鹏, 张飞雪, 等. 肺脏超声在肺表面活性物质治疗早产儿呼吸窘迫综合征中的评价作用[J]. 山东大学学报(医学版), 2018, 56(2): 34-40
- [11] Xie Y, Wang Y, Liu K, et al. Correlation analysis between mechanical power, transforming growth factor- β 1, and connective tissue growth factor levels in acute respiratory distress syndrome patients and their clinical significance in pulmonary structural remodeling [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(29): 16531-16532
- [12] Gregorio-Hernández R, Arriaga-Redondo M, Pérez-Pérez A, et al. Lung ultrasound in preterm infants with respiratory distress: experience in a neonatal intensive care unit [J]. Eur J Pediatr, 2020, 179(1): 81-89
- [13] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕. 实用新生儿学[M]. 第4版. 北京:人民卫生出版社, 2011: 395-398
- [14] 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
- [15] Eyerly-Webb S, Nicolas CT, Watson D, et al. Dynamic discriminant model for predicting respiratory distress at birth based on mass volume ratio in fetuses with congenital lung malformation[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2019, 54(6): 759-766
- [16] Laban M, Mansour GM, El-Kotb A, et al. Combined measurement of fetal lung volume and pulmonary artery resistance index is more accurate for prediction of neonatal respiratory distress syndrome in preterm fetuses: a pilot study [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2019, 32(4): 626-632
- [17] Maged A, Youssef G, Hussien A, et al. The role of three-dimensional ultrasonography fetal lung volume measurement in the prediction of neonatal respiratory function outcome [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2019, 32(4): 660-665
- [18] Riccione A, Nugent K. Delayed Respiratory Distress in a Patient with Chronic Obstructive Pulmonary Disease After Abdominal Surgery[J]. Am J Med Sci, 2019, 358(2): 159-163
- [19] 何丹, 涂小琼, 李燕, 等. 经鼻间歇正压通气联合猪肺磷脂注射液治疗新生儿呼吸窘迫综合征的临床疗效 [J]. 现代生物医学进展, 2017, 17(4): 705-708
- [20] 游芳, 任雪云, 牛峰海, 等. 床旁肺脏超声评估肺表面活性物质治疗新生儿呼吸窘迫综合征疗效的价值[J]. 中华新生儿科杂志(中英文), 2019, 34(1): 34-37
- [21] Lv W, Wang S, Wang L, et al. G994T polymorphism in exon 9 of plasma platelet-activating factor acetylhydrolase gene and lung ultrasound score as prognostic markers in evaluating the outcome of acute respiratory distress syndrome [J]. Exp Ther Med, 2019, 17 (4): 3174-3180
- [22] Yin TJ, Hu YS, Cheng S, et al. Dynamic changes of pulmonary arterial pressure in perinatal neonates with pulmonary and extrapulmonary acute lung injury/respiratory distress syndrome [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(1): 14830-14831
- [23] Dilli D, Çakmakçı E, Akduman H, et al. Comparison of three natural surfactants according to lung ultrasonography scores in newborns with respiratory distress syndrome[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2019, 32(24): 1-7
- [24] Wu J, Wang Y, Zhao A, et al. Lung Ultrasound for the Diagnosis of Neonatal Respiratory Distress Syndrome: A Meta-analysis [J]. Ultrasound Q, 2020, 36(2): 102-110
- [25] Orkisz M, Morales Pinzón A, Richard JC, et al. Voxel-wise assessment of lung aeration changes on CT images using image registration: application to acute respiratory distress syndrome (ARDS)[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2019, 14(11): 1945-1953
- [26] Coppola S, Froio S, Marino A, et al. Respiratory Mechanics, Lung Recruitability, and Gas Exchange in Pulmonary and Extrapulmonary Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Crit Care Med, 2019, 47(6): 792-799
- [27] 刘敬, 刘颖, 王华伟, 等. 肺脏超声对新生儿呼吸窘迫综合征的诊断价值[J]. 中华儿科杂志, 2013, 51(3): 205-210
- [28] 张小龙, 肖甜甜, 高淑强, 等. 肺部超声在新生儿呼吸窘迫综合征中的应用[J]. 中华新生儿科杂志(中英文), 2018, 33(5): 372-375
- [29] Chiumello D, Umbrello M, Sferazza Papa GF, et al. Global and Regional Diagnostic Accuracy of Lung Ultrasound Compared to CT in Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome[J]. Crit Care Med, 2019, 47(11): 1599-1606
- [30] Khemani RG, Smith L, Lopez-Fernandez YM, et al. Paediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology (PARDIE): an international, observational study [J]. Lancet Respir Med, 2019, 7 (2): 115-128