

本文引文格式:陈健平,王芳,程立雪,等.肺部超声在早产儿肺部疾病中的应用[J].
右江民族医学院学报,2020,42(5):578-583.

【论著与临床报道】

肺部超声在早产儿肺部疾病中的应用

陈健平¹,王芳¹,程立雪²,赵应月²,陈丽荣¹,黄献文¹,杨彤¹

(1. 广西柳州市人民医院儿科,广西 柳州 545006;

2. 广西柳州市人民医院超声影像科,广西 柳州 545006)

摘要:目的 探讨肺部超声在早产儿常见肺部疾病诊治过程中的应用效果,减少早产儿暴露放射线损伤的风险。方法 临床观察患有肺部疾病的73例早产儿,以及60例无肺部疾患的早产儿,两组早产儿均进行床旁肺部超声检查,病例组尚接受X线胸片或CT检查,并在肺部疾病好转后适时复查肺部超声,观察两组早产儿不同的肺部超声表现。结果 肺实变伴支气管充气征是早产儿肺炎最主要的超声影像学改变;A-线消失见于所有新生儿呼吸窘迫综合征(NRDS)患儿,肺实变亦是NRDS重要的指标;胸膜线异常见于所有肺出血的早产儿中。肺部超声对肺炎诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为91.78%(67/73)、81.82%(18/22)、96.08%(49/51);对NRDS诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为93.15%(68/73)、94.74%(36/38)、91.43%(32/35);对肺出血诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为97.26%(71/73)、98.41%(62/63)、90.00%(9/10)。X线与肺部超声在诊断早产儿肺炎和NRDS准确度上的比较差异无统计学意义($P > 0.05$);在早产儿肺出血的诊断准确度上比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论 肺部超声作为一种重要的检查和监测手段,对早产儿肺部疾病的诊断具有其灵敏度和特异性,可作为早产儿肺部疾病的影像学检查方法,安全性较高,值得临床推广。

关键词:肺部超声;早产儿;肺疾病

中图分类号:R445.1;R722.6

文献标识码:A

文章编号:1001-5817(2020)05-0578-06

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2020.05.009

Application of lung ultrasound in premature infants with pulmonary disease

Chen Jianping¹, Wang Fang¹, Cheng Lixue², Zhao Yingyue²,
Chen Lirong¹, Huang Xianwen¹, Yang Tong¹

(1. Department of Pediatric, Liuzhou People's Hospital, Liuzhou 545006, Guangxi, China;

2. Department of Ultrasound Imaging, Liuzhou People's Hospital, Liuzhou 545006, Guangxi, China)

Abstract: **Objective** To investigate the effect of lung ultrasound in the diagnosis and treatment of common pulmonary diseases in premature infants, so as to reduce the risk of exposure to radiation. **Methods** Clinical observation was performed on 73 premature infants with pulmonary diseases and 60 infants without pulmonary diseases. All the premature infants in both groups underwent bedside lung ultrasound examination, while the case group also received X-ray chest radiograph or CT examination and timely lung ultrasound reexamination after the alleviation of pulmonary diseases. Different pulmonary ultrasonographic manifestations were observed in the two groups of premature infants. **Results** Lung consolidation accompanied by air bronchogram was the most important ultrasonographic change in premature infants with pneumonia. The disappearance of A-lines was observed in all children with neonatal respiratory distress syndrome (NRDS), and lung consolidation was also an important indicator for NRDS. Abnormal pleural lines were found in all premature in-

基金项目:广西壮族自治区卫计委自筹课题(Z2016110)

第一作者简介:陈健平(1975-),男,硕士,主任医师,研究方向:新生儿疾病,E-mail:chenjp1975@sina.com

fants with pulmonary hemorrhage. The accuracy, specificity and sensitivity of lung ultrasound in the diagnosis of pneumonia were 91.78% (67/73), 81.82% (18/22) and 96.08% (49/51) respectively. The accuracy, specificity and sensitivity of lung ultrasound in the diagnosis of NRDS were 93.15% (68/73), 94.74% (36/38) and 91.43% (32/35), respectively. The accuracy, specificity and sensitivity of lung ultrasound in the diagnosis of pulmonary hemorrhage were 97.26% (71/73), 98.41% (62/63), 90.00% (9/10). There was no statistically significant difference between X-ray and lung ultrasound in the diagnosis accuracy of premature pneumonia and NRDS ($P > 0.05$). There were statistically significant differences between X-ray and pulmonary ultrasound in the diagnosis accuracy of pulmonary hemorrhage in premature infants ($P < 0.05$). **Conclusion** As an important means of examination and monitoring, lung ultrasound has its sensitivity and specificity in the diagnosis of pulmonary diseases in premature infants. It can be used as an imaging examination method for pulmonary diseases in premature infants. And it is safe and worthy of clinical promotion.

Key words: lung ultrasound; premature infants; pulmonary diseases

超声是临床上常用的重要影像学检查手段之一,因肺脏是含气性器官,故以往认为肺脏是超声检查的禁区。但是,近年来,随着研究的深入和认识的提高,超声诊断肺部疾病已具有较高的敏感性和特异性,并已越来越多地应用于成人和儿童多种肺部疾病的诊断中^[1-6]。早产儿各系统发育欠成熟,器官功能和适应能力均较足月儿差,致其死亡的首要原因是呼吸系统疾病^[7]。早产儿体型较小、胸壁薄,相对于成人可以使用更高频率的探头,获取更高分辨率和质量的图像,当受损肺脏的肺泡和间质充气、含水量的改变时,其产生的超声影像和各种伪像使新生儿肺脏疾病超声诊断成为可能。本研究以我院新生儿重症监护病房(neonatal intensive care unit, NICU)的早产儿为研究对象,观察肺部超声在早产儿肺部疾病诊治过程中的应用效果,从而探讨肺部超声在早产儿肺部疾病诊治过程中的价值,减少早产儿暴露射线的风险。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性病例对照研究,全部病例来自 2016 年 1 月—2019 年 6 月在我院 NICU 住院的早产儿 962 例。入选标准:病史、临床表现和胸部 X 线检查证实有肺部疾病,并同意进行肺部超声检查的患儿。排除标准:先天性畸形患儿;中途死亡或自动出院患儿;不同意接受肺部超声检查的患儿;接受肺部超声检查时间较迟、可能影响检查结果准确性的患儿。共有 73 例早产儿进入病例组,其中男 39 例,女 34 例,胎龄 27~<37 周,出生体重 1070~2980 g。同期对照 60 例无肺部疾病的早产儿,男 32 例,女 28 例,Apgar 评分>7 分,产前和分娩无异常,胎盘、脐带及羊水等情况正常。

1.2 诊断标准 新生儿肺炎、新生儿呼吸窘迫综合征(neonatal respiratory distress syndrome, NRDS)、新生儿肺出血的诊断标准均参照《实用新生儿学(第 5

版)》^[8]相关疾病章节诊断标准。

1.2.1 仪器与检查方法 病例组患儿入院后出现呼吸系统临床表现,经 X 线胸片证实有肺部疾病后(部分患儿尚接受胸部 CT 检查),立即专人进行床旁肺脏超声检查。使用日立阿洛卡 F37 彩色超声诊断仪进行诊断,将频率设置为 7.5~14 MHz,采用小型术中腔内探头进行检查,取仰卧、侧卧或俯卧的方式,以探头与肋骨垂直对患儿双侧肺部的各个区域进行扫查,同时将肝或脾区作为透声窗进行膈肌定位,进一步的评估肺部底部情况,患儿均应在安静或睡眠的状态下进行检查,针对图像进行储存,进行回放测量。对照组早产儿于入院后 5~10 d 安排专人进行床旁肺部超声检查。肺部超声与 X 线均由经验丰富的超声科医师、放射科医师判读,临床诊断由儿科两名副主任医师以上职称者讨论后作出,以减少偏倚。

1.2.2 观察指标 包括胸膜线、A-线、B-线、沙滩征、肺间质综合征、白肺、肺实变、肺实变伴气管充气征、肺搏动、碎片征等影像学^[9],以及不同疾病阶段胸片或 CT 改变、临床生化检查参数等。

1.3 统计学方法 所有数据经 SPSS 17.0 进行统计学处理,肺部超声检查结果与 X 线胸片结果计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料以例数和/或百分率表示,采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

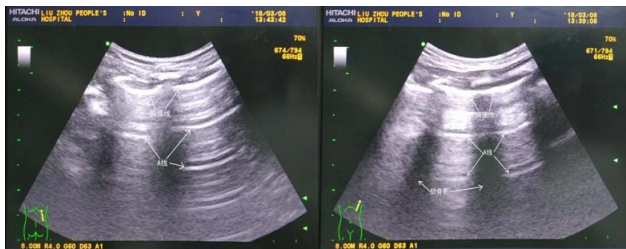
2.1 两组一般情况比较 病例组早产儿 73 例,男 39 例,女 34 例,胎龄 27~<37 周,出生体重 1070~2980 g。对照组早产儿 60 例,男 32 例,女 28 例,Apgar 评分>7 分,胎龄 29~<37 周,出生体重 1040~3050 g。两组性别、分娩方式差异无统计学意义($P > 0.05$),病例组 Apgar 评分、出生体重、胎龄明显低于对照组($P < 0.05$),见表 1。

表 1 两组一般情况比较

组别	n	性别		分娩方式		Apgar 评分/分	出生体重/g	胎龄/周
		男	女	顺	剖			
病例组	73	39	34	40	33	7.93±1.72	1769.82±547.73	32.23±2.29
对照组	60	32	28	33	27	8.77±0.85	2165.33±655.77	33.04±1.96
χ^2/t		<0.001		0.001		3.664	3.724	2.198
P		0.992		0.981		<0.001	<0.001	0.028

注:表内计量资料数据以($\bar{x}\pm s$)表示;计数资料数据以(n)表示。

2.2 对照组正常早产儿的肺部超声表现 早产儿正常肺脏的超声下呈低回声,双侧胸膜线清晰、光滑且规则, A-线呈光滑、清晰且规则的线性高回声线,彼此等间距平行排列,由肺野浅部入深 A-线回声逐渐减弱至消失;可见有少量 B-线或沙滩征,但 B-线会在生后 24~36 h 后消失,结合其临床表现,不予考虑病理性征象。无肺间质综合征(alveolar-interstitial syndrome, AIS)、肺实变及胸腔积液。见图 1。



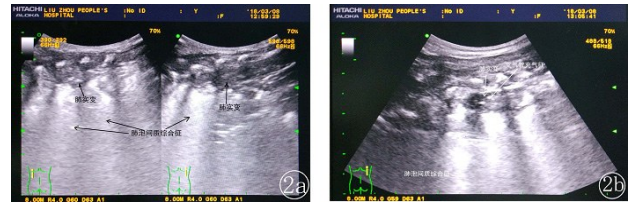
注:胸膜线及 A-线均呈清晰、光滑且规则线性高回声线,无 B-线。

图 1 正常早产儿的超声声像图

2.3 73 例患有肺部疾病早产儿的肺部超声表现 本研究 73 例早产儿中,临床诊断有肺炎 53 例(肺部超声诊断出 49 例)、NRDS 34 例(肺部超声诊断出 32 例)、肺出血 10 例(肺部超声诊断出 9 例)。我们观察到早产儿肺炎肺部超声常见的表现有肺实变伴气管充气征、肺间质综合征、A-线消失(或减少)和胸膜线异常,见图 2、图 5;NRDS 肺部超声常见的表现有 A-线消失(或减少)、肺实变伴气管充气征、胸膜线异常和 B-线/白肺,见图 3、图 4;而肺出血肺部超声常见的表现主要是胸膜线异常、A-线消失(或减少)、胸腔积液,见图 2。不同肺部疾病患儿的肺部超声主要表现见表 2。

2.4 肺炎、NRDS、肺出血的诊断结果 结合临床表现、X 线胸片(部分患儿进行了肺部 CT 检查)、肺部超声检查,73 例早产儿最终临床诊断有肺炎 53 例、NRDS 34 例、肺出血 10 例。以最终临床诊断为标准,肺部超声对肺炎诊断的准确

2.4.1 肺部超声对肺炎、NRDS、肺出血的诊断结果



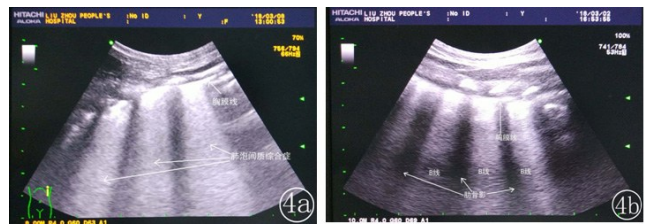
注:2a 为双侧肺炎,双侧肩胛线上纵切面观察,可见肺实变及肺泡间质综合征改变;2b 为右侧肺炎,右侧肩胛线纵切面观察,可见肺实变及支气管充气征。

图 2 早产儿肺炎肺部超声影像学



注:图中可见肺实变伴支气管充气征。

图 3 NRDS 肺部超声影像学



注:4a 为双侧 NRDS,左侧腋前线纵切面观察,可见弥漫性肺泡间质综合征改变;4b 为双侧 NRDS,右侧腋前线纵切面观察,可见弥漫性肺泡间质综合征改变。

图 4 NRDS 肺部超声影像学

度、特异度与灵敏度分别为 91.78%(67/73)、81.82%(18/22)、96.08%(49/51);肺部超声对 NRDS 诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为 93.15%(68/73)、94.74%(36/38)、91.43%(32/35);肺部超声对肺出血诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为 97.26%(71/73)、98.41%(62/63)、90.00%(9/10),见表 3。



注：超声影像中可见胸膜线欠光滑，肺野 A 线消失，可见弥漫分布的 B 线，呈“白肺征”。

图 5 早产儿肺炎肺部超声影像学

表 2 不同肺部疾病患儿的肺部超声主要表现

类型	肺炎 (n=49)	NRDS (n=32)	肺出血 (n=9)
肺实变伴支气管充气征	49(100.00)	30(93.75)	7(77.78)
肺间质综合征(AIS)	48(97.96)	7(21.88)	7(77.78)
A-线(消失或减少)	46(93.88)	32(100.00)	8(88.89)
胸膜线异常	45(91.84)	30(93.75)	9(100.00)
B-线(致密)/白肺	29(59.18)	27(84.38)	1(11.11)
肺搏动	5(10.20)	15(46.88)	0(0.00)
胸腔积液	4(8.16)	4(12.50)	8(88.89)
沙滩征	2(4.08)	1(3.13)	0(0.00)
双肺点	1(2.04)	5(15.63)	0(0.00)
碎片征	0(0.00)	0(0.00)	8(88.89)

注：表内计数资料数据用[n(%)]表示。

表 3 肺部超声对肺炎、NRDS、肺出血的诊断结果

临床 诊断	肺炎		合计	NRDS		合计	肺出血		合计
	阳性	阴性		阳性	阴性		阳性	阴性	
阳性	49	4	53	32	2	34	9	1	10
阴性	2	18	20	3	36	39	1	62	63
合计	51	22	73	35	38	73	10	63	73

注：表内计数资料数据以(n)表示。

2.4.2 X 线对肺炎、NRDS、肺出血的诊断结果 以最终临床诊断为标准，X 线对肺炎诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为 86.30%(63/73)、70.83%(17/24)、93.88%(46/49)；X 线对 NRDS 诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为 89.04%(65/73)、91.89%(34/37)、86.11%(31/36)；X 线对肺出血诊断的准确度、特异度与灵敏度分别为 84.93%(62/73)、96.43%(54/56)、47.06%(8/17)，见表 4。

表 4 X 线对肺炎、NRDS、肺出血的诊断结果

临床 诊断	肺炎		合计	NRDS		合计	肺出血		合计
	阳性	阴性		阳性	阴性		阳性	阴性	
阳性	46	7	53	31	3	34	8	2	10
阴性	3	17	20	5	34	39	9	54	63
合计	49	24	73	36	37	73	17	56	73

注：表内计数资料数据以(n)表示。

2.5 X 线与肺部超声诊断准确度的比较 73 例患有肺部疾病的新生儿中均进行了常规 X 线(部分患儿尚进行了 CT 扫描)和肺部超声检查。最终临床确诊肺炎 53 例(肺部超声与临床共同诊断为肺炎 49 例，共同排除肺炎 18 例；X 线与临床共同诊断为肺炎 46 例，共同排除肺炎 17 例)；NRDS 34 例(肺部超声与临床共同诊断为 NRDS 32 例，共同排除 NRDS 36 例；X 线与临床共同诊断为 NRDS 31 例，共同排除 NRDS 34 例)；肺出血 10 例(肺部超声与临床共同诊断为肺出血 9 例，共同排除肺出血 62 例；X 线与临床共同诊断为肺出血 8 例，共同排除肺出血 54 例)。其中 X 线与肺部超声在诊断早产儿肺炎和 NRDS 上的准确度比较差异无统计学意义($P > 0.05$)；X 线与肺部超声在诊断早产儿肺出血上的准确度比较差异有统计学意义($P < 0.05$)，见表 5。

表 5 X 线与肺部超声诊断准确度比较

组别	n	肺炎	NRDS	肺出血
X 线	73	63(86.30)	65(89.04)	62(84.93)
肺部超声	73	67(91.78)	68(93.15)	71(97.26)
χ^2		1.123	0.760	6.840
P		0.289	0.383	0.009

注：表内计数资料数据用[n(%)]表示。

3 讨论

早产儿是 NICU 的特殊群体，肺炎、NRDS 和肺出血是早产儿常见的肺部疾病，早期诊断有利于及早采取正确的干预措施，降低早产儿死亡率。由于早产儿的呼吸系统发育不成熟，肺泡数量较少，且气道小、阻力高、肺毛细血管丰富及肺泡弹力差，容易患感染性肺炎。早产儿亦因肺表面活性物质不足导致进行性肺不张，故 NRDS 主要见于早产儿，其病理特征为广泛性肺泡萎缩和嗜伊红透明膜形成。早产儿肺发育未成熟，发生缺氧、感染、低体温时更易发生肺出血，胎龄越小肺出血发生率越高。传统的胸部 X 线是新生儿肺部疾病诊断性检查的主要手段，早产儿本身各器官系统发生不成熟，体质娇嫩，对电离辐射的敏感性高，加之早产儿常应用辅助通气设备，体位受到一定限制，无法主动配合摄片，造成 X 线胸片和 CT 不宜反复用于检查早产儿^[9]。2017 年在美国 Cohen 儿童医疗中心制定了《关于新生儿肺超声的检查指南》，提出肺超声具有方便、快捷、实时、无辐射、可床旁操作等优点，建议将超声作为新生儿肺部疾病筛查或诊断的首选手段^[10]。

本研究对照组的正常早产儿，肺部超声表现呈低

回声,双侧胸膜线清晰、光滑且规则,A-线呈光滑、清晰且规则的线性高回声线,彼此等间距平行排列,由肺野浅部入深A-线回声逐渐减弱至消失;可见有少量B-线或沙滩征,但B-线会在生后24~36h后消失,结合其临床表现,不予考虑病理性征象。无AIS、肺实变及胸腔积液。本研究显示,病例组73例早产儿中,肺部超声影像主要表现有胸膜线异常、A-线消失、肺间质综合征、肺实变(超声影像学中呈“肝样变”的肺组织称之为肺实变)伴支气管充气征等特征。肺部超声对肺炎具有确切诊断价值,且超声影像学改变甚至可早于其他影像学检查和实验室检查^[11],文献报道肺炎的主要超声特征是^[12-14]:①肺实变伴支气管充气征:是早产儿肺炎最主要的超声影像学改变,重症肺炎实变范围较大,呈“肝样化”,边界不规则或呈锯齿状,实变区边缘可见碎片征,在实时超声下可见动态支气管充气征;实变可位于肺野的任何一个或多个部位,在同一肺野内也可存在大小和形状不同的实变区。②实变区胸膜线异常、A-线消失。③非实变区可见B-线或呈AIS改变。④少数患儿可有不同程度的单侧或双侧胸腔积液。⑤轻度患儿急性期或重度患儿恢复期偶可见双肺点。本研究49例早产儿肺炎100%观察到肺实变伴支气管充气征,可见散在或融合B线,且肺组织发生炎症时,实质和间质受累程度不同、肺内气液比不同,从而使肺超声表现出现多样化改变。在2例重症肺炎中,超声检查探测到胸腔积液。经过治疗,随着病情的好转,患儿肺实变范围变小,胸膜线恢复正常,A-线出现等,其中有1例早产儿随着病情的恢复检查出现双肺点。既有资料显示NRDS的主要超声特征是^[12,15-17]:①肺实变伴支气管充气征为NRDS最重要的超声影像学表现,轻度NRDS实变可仅限于胸膜下,呈小范围、局灶性,重度NRDS则实变范围扩大,并可扩展至肺野深部;支气管充气征呈密集的雪状或斑点状,实变区呈不均质低回声,与周围肺组织易于区分。②胸膜线异常与A-线消失。③非实变区呈AIS样改变。④在轻度NRDS急性期或重度NRDS恢复期可有双肺点。⑤15%~20%的患儿可有不同程度的单侧或双侧胸腔积液。我们观察到32例NRDS的超声检查显示A-线消失见于所有患儿中,肺实变亦是NRDS重要的指标,肺实变的程度和范围往往与NRDS的严重程度有关,可能由于新生儿免疫系统发育不完善,病变局限性小,导致双肺均容易受累^[18]。肺出血的主要超声特征是:①由于出血程度及原发病变的不同,出血侧肺脏可表现为不同范围的实变伴支气管充气征,出血程度较重者常见较大范围实变。实变的程度与范围主要与

发病有关,可能并非肺出血的直接表现。②碎片征:当实变肺组织与充气肺组织无明确分界时,常形成碎片样征象^[6,16,19]。③胸膜线异常与A-线消失几乎见于所有肺出血患儿,表现为病变区胸膜线消失或增粗模糊。④重度肺出血患儿常有不同程度的肺不张,与原发病有关。⑤胸腔积液亦是常见表现,胸腔穿刺可证实为该积液为积血,积液量的多少与出血程度有关。⑥AIS:在少数轻度肺出血患儿或重度出血的急性期,可以肺水肿(在超声上表现为AIS)为主要表现。本研究超声检查显示胸膜线异常见于所有肺出血的早产儿中,A-线(消失或减少)、碎片征、胸腔积液亦是早产儿肺出血时肺部超声常见的征象。

Ye等^[20]研究显示,肺部超声与胸片比较的系统评价研究显示,肺部超声诊断成人社区获得性肺炎的敏感性为0.95(0.93~0.97),特异性为0.90(0.86~0.94),ROC曲线下面积为0.901;而胸片对诊断成人社区获得性肺炎的敏感性为0.77(0.73~0.80),特异性为0.91(0.87~0.94),ROC曲线下面积为0.590,提示肺部超声的诊断准确性较胸片高。早产儿肺部疾病由于临床症状和体征的敏感性和特异性低而常常难以准确诊断。本研究以最终临床诊断为标准,肺部超声对肺炎的诊断分别为91.78%、81.82%、96.08%;对NRDS的诊断分别为93.15%、94.74%、91.43%;对肺出血的诊断分别为97.26%、98.41%、90.00%。本研究亦显示X线与肺部超声在诊断早产儿肺炎和NRDS上的准确度比较无明显差异,但X线与肺部超声在诊断早产儿肺出血上的准确度比较差异有统计学意义。说明在早产儿中,肺部超声对肺炎和NRDS的影像学诊断上,有着与传统X线类似的诊断准确性;在肺出血的影像学诊断上,肺部超声与X线相比,有着更高的准确性。同时肺部超声检查还具有方便、实时、无辐射、可床旁操作,且能多次动态检查,重复性好^[10,21],这些优势是传统X线检查所无法比拟的。当然肺部超声诊断检查结果受检查者技术水平及主观判断影响较大,故我们在研究中固定两位高年资超声医师参与检查操作,以保证诊断结果的客观及准确性。我们还注意到早产儿肺部疾病的超声声像图表现可具有多样性,可能出现同病异影及同影异病,这时就应该结合患儿病史、临床表现及其他辅助检查等对疾病进行诊断和鉴别诊断。超声目前诊断肺脏疾病仍有一定的局限^[11,22],如不适于胸壁厚、胸壁钙化、胸壁敷料覆盖及胸腔引流的患儿;不利于影响混响伪像的形成,干扰图像分析;且对于病变未达胸膜或病变局限于肺门部的较小病变,则可能出现假阴性;同时因骨性结构以

及心脏的遮挡,20%肺组织无法探查到;当患儿肺实变 $<20\text{ mm}$ 且距离胸膜线较远时超声可能探查不到。

综上所述,肺部超声作为一种重要的检查和监测手段,对早产儿肺部疾病的诊断具有较高的准确度、特异度和灵敏度。而且超声检查无创,可床旁重复操作,又能避免NICU新生儿接触放射线辐射,降低对新生儿健康的潜在威胁^[23-24]。肺部超声检查可作为早产儿肺部疾病影像学检查的补充手段,值得在NICU广泛开展。

参考文献:

- [1] Hiles M, Culpan AM, Watts C, et al. Neonatal respiratory distress syndrome: Chest X-ray or lung ultrasound? A systematic review[J]. *Ultrasound*, 2017, 25(2): 80-91.
- [2] Liang HY, Liang XW, Chen ZY, et al. Ultrasound in neonatal lung disease[J]. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 2018, 8(5): 535-546.
- [3] 赵醴, 王莹. 床旁超声对肺部疾病的诊断和评估价值[J]. *中国小儿急救医学*, 2015, 22(6): 375-378, 382.
- [4] 郭晓容, 房晓祎. 肺部B超在新生儿肺部疾病中的应用[J]. *中华新生儿科杂志*, 2018, 33(4): 316-318.
- [5] Cattarossi L. Lung ultrasound: its role in neonatology and pediatrics[J]. *Early Hum Dev*, 2013, 89(suppl 1): S17-S19.
- [6] 刘敬, 付薇, 陈水文, 等. 新生儿肺出血的超声诊断[J]. *中华儿科杂志*, 2017, 55(1): 46-49.
- [7] Sweet DG, Carnielli V, Greisen G, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome-2019 Update[J]. *Neonatology*, 2019, 115(4): 432-450.
- [8] 邵肖梅, 叶鸿瑁, 丘小汕, 等. 实用新生儿学[M]. 5版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 582-589.
- [9] Arthur J, Havyarimana J, Norse AB. Emergency Department Diagnosis of Septic Pulmonary Embolism due to Infectious Endocarditis Using Bedside Ultrasound [J]. *J Emerg Med*, 2018, 55(3): 378-382.
- [10] 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.
- [11] Kurepa D, Zaghoul N, Watkins L, et al. Neonatal lung ultrasound exam guidelines[J]. *J Perinatol*, 2018, 38(1): 11-22.
- [12] Liu J, Cao HY, Wang XL, et al. The significance and the necessity of routinely performing lung ultrasound in the neonatal intensive care units[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2016, 29(24): 4025-4030.
- [13] Mongodi S, Via G, Girard M, et al. Lung ultrasound for early diagnosis of ventilator-associated pneumonia[J]. *Chest*, 2016, 149(4): 969-980.
- [14] 肖甜甜, 金梅, 巨容, 等. 床旁肺部超声在新生儿肺炎中的诊断价值[J]. *中国当代儿科杂志*, 2018, 20(6): 444-448.
- [15] Copetti R, Cattarossi L, Macagno F, et al. Lung ultrasound in respiratory distress syndrome: a useful tool for early diagnosis[J]. *Neonatology*, 2008, 94(1): 52-59.
- [16] Lovrenski J. Lung ultrasonography of pulmonary complications in preterm infants with respiratory distress syndrome[J]. *Ups J Med Sci*, 2012, 117(1): 10-17.
- [17] 刘敬. 肺脏超声诊断新生儿呼吸窘迫综合征[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2014, 29(18): 1438-1440.
- [18] 周梦洁, 陈文娟, 彭颖慧, 等. 新生儿重症肺炎合并呼吸衰竭肺超声特点分析[J]. *中国新生儿杂志*, 2016, 31(5): 367-369.
- [19] Ren XL, Fu W, Liu J, et al. Lung ultrasonography to diagnose pulmonary hemorrhage of the newborn[J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2017, 30(21): 2601-2606.
- [20] Ye X, Xiao H, Chen B, et al. Accuracy of lung ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of adult community-acquired pneumonia: review of the literature and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0130066.
- [21] 程立雪, 陈丽荣, 陈建平. 肺超声对新生儿呼吸窘迫综合征的诊断价值[J]. *影像研究与医学应用*, 2018, 2(4): 148-149.
- [22] Autilio C, Echaide M, Benachi A, et al. A noninvasive surfactant adsorption test predicting the need for surfactant therapy in preterm infants treated with continuous positive airway pressure[J]. *J Pediatr*, 2017, 182(1): 66-73.
- [23] 朱倩, 王莽. 新生儿肺部疾病的超声应用[J]. *中国医学影像技术*, 2016, 32(6): 983-986.
- [24] Rachufi H, Oleti TP, Murki S, et al. Diagnostic performance of point of care ultrasonography in identifying the etiology of respiratory distress in neonates[J]. *Indian J Pediatr*, 2017, 84(4): 267-270.

收稿日期: 2020-05-06; 修回日期: 2020-06-11