

Progress in the Application of Pulmonary Imaging in Assessing Bronchopulmonary Dysplasia

Bingyang Zhang Huijie Huang*

Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde, Hebei, 067000, China

Abstract

In recent years, due to the progress of medical technology, the survival rate of premature infants has increased, while the incidence of bronchopulmonary dysplasia (BPD) has also increased. BPD is a chronic lung disease, which not only shows a long aerobic time in the neonatal period, but also leads to the decline of lung function in children and adults, and is more likely to develop respiratory tract infection, asthma and other diseases than normal children. Although numerous studies have improved our understanding of the pathogenesis of BPD, how to prevent and treat BPD is still the focus of current research. With the progress of imaging technology, we can predict the occurrence of BPD and assess the severity of BPD through lung imaging. This paper discusses the current use of pulmonary imaging in evaluating BPD.

Keywords

neonate; bronchopulmonary dysplasia; pulmonary imaging

肺部影像学在评估支气管肺发育不良中的应用进展

张炳杨 黄慧洁*

承德医学院附属医院, 中国·河北承德 067000

摘要

近些年来, 由于医学技术的进步, 早产儿的存活率不断升高, 同时支气管肺发育不良 (bronchopulmonary dysplasia, BPD) 的发生率也随之上升。BPD 是一种慢性肺部疾病, 不仅在新生儿期表现为需氧时间长, 还会导致儿童及成人时期的肺功能下降, 较正常儿童更易出现呼吸道感染、哮喘等疾病。虽然经过大量研究提高了我们对 BPD 发病机制的理解, 但如何预防及治疗 BPD 仍是目前研究的热点。随着影像技术的进步, 我们可以通过肺部影像学来预测 BPD 的发生以及评估 BPD 的严重程度。论文就目前肺部影像学在评估 BPD 中的应用进行讨论。

关键词

新生儿; 支气管肺发育不良; 肺部影像学

1 引言

近些年来, 由于产科护理和新生儿治疗的进步, 如产前地塞米松和外源性表面活性剂治疗^[1,2], 许多与早产相关的并发症, 如呼吸窘迫综合征 (RDS)、严重脑室内出血、坏死性小肠结肠炎 (NEC)、重度早产儿视网膜病变的发生率显著降低^[3]。然而, 由于极早产儿的存活率升高, 有 40%~45% 的极早产儿会发展为支气管肺发育不良 (BPD)^[4], BPD 也成为早产儿最常见的不良结局^[5]。BPD 可导致儿童

出现持续性肺功能障碍, 如慢性喘息、频繁呼吸道感染和运动不耐受等^[6]。因此, 早期发现并诊断 BPD 对减轻 BPD 的严重程度及防治并发症具有重要意义。大量研究表明, BPD 患儿存在相关影像学异常, 因此我们可以通过肺部影像学来评估 BPD 的进展及严重程度, 从而进行早期干预。

2 胸部 X 线在评估支气管肺发育不良中的应用

胸片具有简便、快捷、易操作的优点, 一直是肺部影像检查的首选。经典型 BPD 的 X 线表现: 1967 年 Northway^[6] 等根据 BPD 的病理过程将胸部 X 线表现分为 4 期: I 期 (1~3 天), 双肺可见磨玻璃样影; II 期 (4~10 天), 双肺完全浑浊; III 期 (11~30 天), 在双肺野线状或斑片状阴影之间可见数个透明囊腔; IV 期 (1 个月后), 双肺野囊腔扩大形成囊泡, 伴过度充气和肺不张。

然而, 随着患儿母亲产前应用类固醇激素、呼吸机通

【作者简介】张炳杨 (1997-), 女, 中国河南郑州人, 在读硕士, 住院医师, 从事新生儿及儿科研究。

【通讯作者】黄慧洁 (1982-), 女, 满族, 中国河北承德人, 硕士, 副主任医师, 从事儿童内分泌疾病、新生儿疾病、儿童危重症诊治研究。

气模式的改变、肺表面活性物质的应用等治疗措施的进步,临床上具有上述典型 X 线表现的病例已不多。新型 BPD 的 X 线表现^[7,8]: ①双肺出现颗粒状浑浊物。在整个病程中都可出现,其间可以加重或减轻,大部分患儿在早期应用肺表面活性物质后可减轻,但在一周后仍有可能再次出现。与 RDS 相比其透光度偏低。②充气状囊泡影。整个病程中最早可于生后 7 天出现,生后 2 周时几乎一半患儿都可以发现囊泡影,表现为不透亮的肺泡中包含充气状小囊腔,它可以逐渐由小变大、由少变多,从下到上,中间区域出现较晚,形状可为圆形、不规则形。③过度充气影。整个病程中出现时间偏后,初为局灶性过度充气影,后逐渐加重呈全局性过度充气影,其出现区域顺序同样为由下至上,中间较晚。④线网状、斑片状与条片状影。线网状影考虑为间质性纤维化病变所致,斑片状影考虑为炎性渗出所致,可随着病情变化出现或消散,条片状致密影考虑为肺不张或瘢痕所致,形状不规则,难以治愈。

3 胸部 CT 在评估支气管肺发育不良中的应用

目前临床应用的是高分辨率 CT, BPD 在 CT 上的肺部表现与胸片上的表现相同,但更为详细和丰富^[9]。它包括以下特征:一是肺的过度通气,包括全部和局灶性空气潴留和马赛克样灌注。二是肺气肿, Ochiai 等^[10]人将其描述为一个明显划分的低衰减区域,描述这种低衰减的各种研究包括肺衰减降低、马赛克灌注、肺气肿和密度异常或降低^[11]。当进行胸部 CT 吸气扫描时这些低衰减区域代表低灌注和/或低通气,两者都导致气体交换受损。当这些低衰减区域在呼气时持续存在时,它们通常被描述为被困空气。像囊性纤维化(CF)一样,在吸气和呼气扫描中准确量化这些低衰减区域的肺体积分数,可以成为预测未来肺功能受损和症状的一个指标。这需要对这些变化进行长期随访,以了解这种低衰减是否具有可逆性,以及这些变化是否对长期肺结构和呼吸系统发病率产生负面影响。既往因幼儿很难配合进行呼气扫描而导致参数收集不完全,但目前随着第三代扫描仪的出现,可以在自由呼吸条件下提供高质量的图像。三是肺部结构改变,包括线状混浊影、三角形胸膜下混浊影和肺不张/实变影。除此之外,肺功能低下和呼吸系统症状加重均与胸部 CT 异常有关^[12]。而且,动态 CT 可以提供气管支气管软化症(TBM)中气道狭窄的实时生理信息和客观描述^[13]。

4 胸部 MRI 在评估支气管肺发育不良中的应用

近年来,利用快速梯度回波(GRE)和自旋回波等现成的序列,早产儿胸部 MRI 已被证实可以提供有临床意义的信息,这些序列可以评估患有肺部疾病的婴儿的肺组织,而无需电离辐射^[14,15]。T2 和 T1 信号是 MRI 图像对比中最

广泛使用的两个组织参数,它们的量化有助于进行客观的 MRI 分析^[16]。BPD 早产儿高 T2 信号可能表明间质重构增加,即纤维化,其可能与肺部炎症和间质水肿相关^[17-19]。低 T1 信号可能提示肺气肿改变或肺灌注的相对改变^[20]。血溶分子氧浓度也可以影响肺 T1 信号,因为氧是一种(弱)顺磁造影剂。因此,胸部 MRI 表现反映了 BPD 的特征性组织学变化, MRI 表现异常的婴儿肺稳定性下降。Walkup 等^[14]显示,与未诊断为 BPD 的足月婴儿和早产儿相比, GRE 图像显示 BPD 婴儿的高密度肺(考虑是纤维化、水肿、实变和肺不张)的容积更大。然而,这种 MRI 不能很好区分低密度肺的容积,包括 BPD 中存在的低密度肺,如小肺泡、囊肿、肺气肿和空气捕获。这可能是由于 MRI 中肺实质的¹H 密度低,大量的空气-组织界面导致信号快速衰减,心脏和呼吸运动又进一步降低了图像质量^[21]。

最近在一项概念验证研究中开发了一种用于 MRI 采集序列和气体输送策略的气体通气成像方案,在这个小型的可行性研究中,局灶性通气缺陷在患有呼吸道疾病的儿童中被清楚地识别出来。超极化气体 MRI 还可以通过检测吸入气体颗粒的布朗空域扩散来探测微结构肺泡空间的长度尺度。虽然尚未在新生儿中实施,但吸入气体扩散 MRI 在阐明早产儿肺泡发育异常和中断方面具有很强的潜力。

5 肺脏超声在评估支气管肺发育不良中的应用

肺脏超声(lung ultrasound, LUS)的检查包括:①胸膜线:测量胸膜的厚度(探头垂直于胸壁),观察胸膜线的形状,是光滑还是粗糙。②肺泡间质综合征(AIS)和弥漫性 AIS: AIS 定义为在一根肋骨之间有多条(超过三条)或融合的 b 线。如果出现 AIS 的肺区总数大于 4 个,则定义为弥漫性 AIS。③膈后高回声:用凸探头观察横膈膜上方区域的反射,如果横膈膜两侧均有远处高回声反射,则“膈后高回声”征象为阳性。④膈形态:其一,我们观察膈线是平滑还是粗糙;其二,观察膈表面上方(即肺底部胸膜下方)的小囊肿,其回声表现为无回声或弱回声,包括数量、形状和分布(孤立或成片);其三,进一步观察病变的彩色多普勒血流。

Sun 等人的研究表明,与无至轻度 BPD 患儿相比,中重度 BPD 具有特殊的 LUS 特征,包括胸膜粗糙和厚实,弥漫性 AIS,膈后高回声,膈粗糙和膈上方小囊肿;胸膜粗糙的征象是敏感的,而小囊肿和横膈膜粗糙的征象是高度特异性的。Alonso-Ojebarrera 等人对 59 例胎龄 ≤ 32 周和/或出生体重 ≤ 1500 g 的早产儿进行了动态 LUS 检查,结果显示,出生后 1 周 LUS 诊断 BPD 的敏感性和特异性分别为 71% 和 80%,出生后 2 周分别为 74% 和 100%,出生后 4 周分别是 100% 和 100%。Xu 等人对 74 例胎龄 < 32 周或出生体重 < 1500 g 的早产儿进行的动态 LUS 检查结果显示,临床

诊断 BPD 前, LUS 诊断 BPD 的准确性、敏感性、特异性、阳性预测值和阴性预测值分别为 98.65、100、98.39、92.31 和 100%。多项研究支持 LUS 可作为预测早产儿 BPD 发生的有效检测手段。

6 结语

通过肺部影像学的动态监测, 可以了解到患儿肺部病变进展情况, 从而预测其发生 BPD 的可能性, 指导临床制定准确的治疗方案, 以降低 BPD 的发生率, 减轻 BPD 的严重程度, 改善 BPD 的预后。不同的肺部影像学各有优缺点, 胸部 X 线简便易操作, 但其清晰度有所欠缺, 且存在电离辐射; 胸部 CT 较 X 线更为清晰, 但其电离辐射量较大, 不适合频繁应用, 且不易在床旁操作; 胸部 MRI 较 X 线和 CT 来说, 观察到的内容更为丰富, 且没有电离辐射, 但 MRI 检查时间长, 且不易操作; 肺脏超声具有简便易操作、无电离辐射的优点, 且研究表明其诊断 BPD 的灵敏度和特异性高, 目前已逐渐应用于临床。

参考文献

- [1] Cao Y, Jiang S, Sun J, et al. Assessment of Neonatal Intensive Care Unit Practices, Morbidity, and Mortality Among Very Preterm Infants in China[J]. *JAMA Netw Open*, 2021,4(8):e2118904.
- [2] Schmidt A R, Ramamoorthy C. Bronchopulmonary dysplasia[J]. *Paediatr Anaesth*, 2022,32(2):174-180.
- [3] Northway W H Jr, Rosan R C, Porter D Y. Pulmonary disease following respirator therapy of hyaline-membrane disease. Bronchopulmonary dysplasia[J]. *N Engl J Med*, 1967,276(7):357-368.
- [4] 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.
- [5] Higano N S, Bates A J, Gunatilaka C C, et al. Bronchopulmonary dysplasia from chest radiographs to magnetic resonance imaging and computed tomography: adding value[J]. *Pediatr Radiol*, 2022,52(4):643-660.
- [6] Aukland S M, Halvorsen T, Fosse K R, et al. High-resolution CT of the chest in children and young adults who were born prematurely: findings in a population-based study[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2006,187(4):1012-1018.
- [7] Ochiai M, Hikino S, Yabuuchi H, et al. A new scoring system for computed tomography of the chest for assessing the clinical status of bronchopulmonary dysplasia[J]. *J Pediatr*, 2008,152(1):90-95.
- [8] Van Mastrigt E, Logie K, Ciet P, et al. Lung CT imaging in patients with bronchopulmonary dysplasia: A systematic review[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2016,51(9):975-986.
- [9] Aukland S M, Rosendahl K, Owens C M, et al. Neonatal bronchopulmonary dysplasia predicts abnormal pulmonary HRCT scans in long-term survivors of extreme preterm birth[J]. *Thorax*, 2009,64(5):405-410.
- [10] Pugh C P, Ali S, Agarwal A, et al. Dynamic computed tomography for evaluation of tracheobronchomalacia in premature infants with bronchopulmonary dysplasia[J]. *Pediatr Pulmonol*,2023, 58(11):3255-3263.
- [11] Walkup L L, Tkach J A, Higano N S, et al. Quantitative Magnetic Resonance Imaging of Bronchopulmonary Dysplasia in the Neonatal Intensive Care Unit Environment[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2015,192(10):1215-1222.
- [12] Schopper M A, Walkup L L, Tkach J A, et al. Evaluation of Neonatal Lung Volume Growth by Pulmonary Magnetic Resonance Imaging in Patients with Congenital Diaphragmatic Hernia[J]. *Pediatr*, 2017,188:96-102.
- [13] Jiang Y, Ma D, Seiberlich N, et al. MR fingerprinting using fast imaging with steady state precession (FISP) with spiral readout[J]. *Magn Reson Med*, 2015,74(6):1621-1631.
- [14] Buzan M T, Eichinger M, Kreuter M, et al. T2 mapping of CT remodelling patterns in interstitial lung disease[J]. *Eur Radiol*, 2015,25(11):3167-3174.
- [15] Jacob R E, Amidan B G, Soelberg J, et al. In vivo MRI of altered proton signal intensity and T2 relaxation in a bleomycin model of pulmonary inflammation and fibrosis[J]. *Magn Reson Imaging*, 2010,31(5):1091-1099.
- [16] Yi C A, Lee K S, Han J, et al. 3-T MRI for differentiating inflammation- and fibrosis-predominant lesions of usual and nonspecific interstitial pneumonia: comparison study with pathologic correlation[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008,190(4):878-885.
- [17] Stadler A, Stiebellehner L, Jakob P M, et al. Quantitative and o(2) enhanced MRI of the pathologic lung: findings in emphysema, fibrosis, and cystic fibrosis[J]. *Int J Biomed Imaging*, 2007:23624.
- [18] Mulkern R, Haker S, Mamata H, et al. Lung Parenchymal Signal Intensity in MRI: A Technical Review with Educational Aspirations Regarding Reversible Versus Irreversible Transverse Relaxation Effects in Common Pulse Sequences[J]. *Concepts Magn Reson Part A Bridg Educ Res*, 2014,43A(2):29-53.
- [19] Woods J C, Choong C K, Yablonskiy D A, et al. Hyperpolarized 3He diffusion MRI and histology in pulmonary emphysema[J]. *Magn Reson Med*, 2006,56(6):1293-1300.
- [20] Sun Y H, Yuan L, Du Y, et al. Characterization of lung ultrasound imaging in preterm infants with bronchopulmonary dysplasia[J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2022,80(2):83-95.
- [21] Alonso-Ojembarrena A, Lubian-Lopez S P. Lung ultrasound score as early predictor of bronchopulmonary dysplasia in very low birth weight infants[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2019,54(9):1404-1409.