

支气管封堵试验在早产儿重度支气管肺发育不良伴严重肺叶气肿中的应用 1 例

刘辉娟¹ 关瑞莲¹ 秦欣¹ 王怀贞² 张高龙² 李建斌³ 马力³
李乐⁴ 鹿连伟⁵ 孙轶¹ 张华岩^{1,6}

(1. 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心新生儿中心, 广东广州 510623; 2. 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心麻醉科, 广东广州 510623; 3. 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心心脏中心, 广东广州 510623; 4. 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心胸外科, 广东广州 510623; 5. 广州医科大学附属妇女儿童医疗中心影像科, 广东广州 510623; 6. 美国费城儿童医院-宾夕法尼亚大学佩雷尔曼医学院, 宾夕法尼亚州费城 19104)

[摘要] 重度支气管肺发育不良 (bronchopulmonary dysplasia, BPD) 的患儿可合并严重肺叶气肿造成通气障碍, 临床管理非常困难, 少数患儿需要切除过度气肿的肺叶才能改善通气。但是这些患儿在术前很难评估肺叶切除后剩余的肺叶是否能够提供足够的通气, 且术前准备及术中/术后管理也都具有很大的挑战性。该文报道 1 例重度 BPD 伴重度右上叶气肿的患儿通过多学科紧密协作, 在纤维支气管镜引导下行支气管封堵试验, 评估右上肺叶切除手术的安全性及有效性后, 安全行右上肺叶切除术的治疗过程, 以帮助同行了解支气管封堵术在重度 BPD 伴严重肺叶气肿患儿评估肺叶切除安全性及有效性中的应用。重度 BPD 患儿已经存在严重肺发育不良及肺损伤, 肺叶切除应被视为非常规治疗手段, 不应随意进行。支气管封堵试验对于重度 BPD 合并肺气肿患儿可以是术前评估肺叶切除风险和获益的有效手段, 但技术难度大, 需在经验丰富的多学科团队紧密协作下完成。

[中国当代儿科杂志, 2024, 26 (6): 659-664]

[关键词] 支气管封堵; 支气管肺发育不良; 肺气肿; 肺叶切除术; 婴儿

The use of bronchial occlusion test in a preterm infant with severe bronchopulmonary dysplasia complicated by severe lobar emphysema

LIU Hui-Juan, GUAN Rui-Lian, QIN Xin, WANG Huai-Zhen, ZHANG Gao-Long, LI Jian-Bin, MA Li, LI Le, LU Lian-Wei, SUN Yi, ZHANG Hua-Yan. Center for Newborn Care, Guangzhou Women and Children's Medical Center, Guangzhou Medical University, Guangzhou 510623, China (Sun Y, Email: ysunbella@163.com; Zhang H-Y, Email: zhangh@chop.edu)

Abstract: In infants with severe bronchopulmonary dysplasia (sBPD), severe pulmonary lobar emphysema may occur as a complication, contributing to significant impairment in ventilation. Clinical management of these infants is extremely challenging and some may require lobectomy to improve ventilation. However, prior to the lobectomy, it is very difficult to assess whether the remaining lung parenchyma would be able to sustain adequate ventilation postoperatively. In addition, preoperative planning and perioperative management are also quite challenging in these patients. This paper reports the utility of selective bronchial occlusion in assessing the safety and efficacy of lobectomy in a case of sBPD complicated by severe right upper lobar emphysema. Since infants with sBPD already have poor lung development and significant lung injury, lobectomy should be viewed as a non-traditional therapy and be carried out with extreme caution. Selective bronchial occlusion test can be an effective tool in assessing the risks and benefits of lobectomy in cases with sBPD and lobar emphysema. However, given the technical difficulty, successful application of this technique requires close collaboration of an experienced interdisciplinary team.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2024, 26(6): 659-664]

[收稿日期] 2024-03-04; **[接受日期]** 2024-04-12

[基金项目] 广州市科技计划项目 (202102010291)。

[作者简介] 刘辉娟, 女, 硕士, 住院医师。

[通信作者] 孙轶, 女, 主任医师, Email: ysunbella@163.com; 张华岩, 女, 主任医师, Email: zhangh@chop.edu。

Key words: Bronchial occlusion; Bronchopulmonary dysplasia; Pulmonary emphysema; Lobectomy; Infant

1 前言

支气管肺发育不良 (bronchopulmonary dysplasia, BPD) 是一种新生儿慢性肺疾病, 是早产儿最常见和最严重的合并症之一^[1]。其发病率随早产儿胎龄下降而升高, 中国新生儿协作网 (Chinese Neonatal Network) 和美国 Vermont Oxford Network 近年的资料显示, 胎龄25周以下超早产儿 BPD 发生率为74.2%~75.2%^[2-3]。BPD 患儿除慢性肺功能不全以外, 常合并全身多系统问题, 严重影响其远期预后和生活质量^[4]。长期接受正压通气的重度支气管肺发育不良 (severe bronchopulmonary dysplasia, sBPD) 患儿肺组织通气不均匀, 肺气肿是一种较为常见的并发症, 气肿的肺叶过度膨胀, 使相邻的肺叶及纵隔受压, 加重通气障碍。sBPD 合并肺气肿患儿机械通气治疗较为棘手, 部分极重症患儿可能需要通过行肺叶切除术切除过度膨胀的肺组织以减轻压迫, 从而改善通气问题^[5]。然而因肺叶切除需要开胸手术, 且难以在术前评估术后通气功能是否能够持续改善, 手术风险很大, 极大限制了肺叶切除术在严重肺气肿患儿中的应用^[6]。此外, sBPD 患儿在原有肺发育不良的基础上进一步肺叶切除, 剩余肺组织很有可能不足以支持患儿通/换气需求, 因此sBPD合并肺气肿患儿肺叶切除需要更加慎重, 手术的可行性和安全性更需要仔细评估。支气管封堵试验属于肺隔离技术中的一种, 主要通过单腔气管内导管放置支气管封堵器, 并在纤维支气管镜引导下来定位实施。支气管封堵器的低容、高压球囊充气后会阻断流向目标侧肺的全部气流, 阻止气体在吸气时进入过度膨胀的肺叶, 从而使过度膨胀的肺泡塌陷或容量降低。这项技术一般用于帮助实施胸内手术的手术暴露, 同时支气管封堵亦在持续性肺气漏、大咯血、支气管胸膜瘘、间质性肺气肿等治疗上存在一定优势^[7-10]。迄今为止, 仅有1篇报道探讨了将此项技术应用于sBPD合并严重肺气肿的患儿中, 通过支气管封堵试验帮助评估肺叶切除的可行性、安全性及有效性, 部分患儿最终进行了肺叶切除术^[11]。这项技术的安全、有效实施需要对支气管镜和封堵技术熟练且熟悉sBPD患儿管理和重症抢救的多学科团队协作完成。本文报道1例sBPD合并肺气肿患儿在多学科协作下, 肺叶

切除术前行支气管封堵试验的经验与体会, 为后续支气管封堵试验在此类患儿中的应用提供参考。

2 病例介绍

现病史: 患儿男, 7月龄, 系第2胎第2产, 胎龄24周, 出生体重650 g, 生后因呼吸困难在外院经过有创辅助通气7月余、反复抗感染、吸入一氧化氮 (inhaled nitric oxide, iNO) 及地塞米松等治疗, 仍需较高呼吸机参数通气治疗, 无法撤机, 于校正月龄3月余以“sBPD、重度肺动脉高压、肺气肿”转入我院进一步治疗。入院体格检查: 体重6.67 kg, 身长58 cm, 镇静状态, 全身浮肿明显。有创辅助通气下人机不协调, 血氧饱和度波动在80%~86%之间, 可见三凹征, 双肺呼吸音对称, 心音有力, 心率125~140次/min, 律齐, 未闻及心脏杂音。血气分析示 pH 7.3, 二氧化碳分压80 mmHg, 氧分压60 mmHg, 碱剩余15 mmol/L。胸部X线检查示BPD改变、右肺气肿、纵隔疝。胸部CT示双肺纹理增强紊乱, 双肺可见较广泛条索影, 可见部分肺透亮度增高, 右上肺疝入纵隔, 右侧中下肺节段不张, 符合BPD影像学改变 (图1); 心脏超声示重度肺动脉高压。

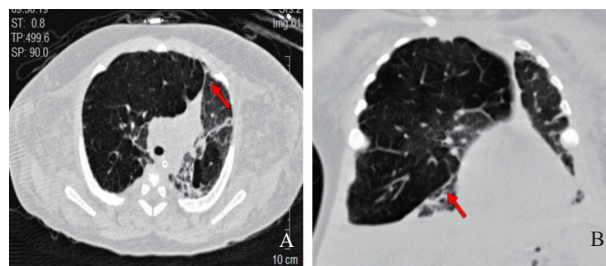


图1 患儿胸部CT扫描 A: 横断面, 双肺纹理增强紊乱, 双肺可见较广泛条索影, 可见部分肺透亮度增高, 纵隔前联合线向左侧移位 (箭头所指); B: 冠状面, 右侧中下肺节段不张 (箭头所指)。

3 多学科诊疗

3.1 新生儿重症监护病房初步评估与管理

患儿生后持续有创机械通气, 符合2019年Jensen标准Grade 3 BPD诊断^[12]。这种sBPD患儿除肺实质病变外, 常合并肺血管和气道病变, 以及

神经发育迟缓、生长障碍等多系统并发症。入院后详细评估和治疗如下：(1) 患儿入院时存在严重肺实质病变与重度肺动脉高压伴右心功能不良，通过加强呼吸管理、iNO及西地那非扩张肺血管等治疗，肺动脉高压有所减轻，间断缺氧发作明显减少。(2) 临床状态稳定后进行了纤维支气管镜检查，发现存在严重气管、支气管软化，尤其右上、中、下肺段，左下肺段开口重度软化塌陷，同时行呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)滴定，发现患儿需要18 cmH₂O以上的PEEP方能维持软化的大气道在呼气相保持开放。虽然在PEEP 18 cmH₂O情况下患儿触发呼吸能力增强，人机对抗减少，但仍然不足以明显缓解右肺的严重气肿，而且患儿水肿加重，考虑与胸腔内压持续增高影响淋巴回流有关。(3) 胸部X线检查及外院胸部CT均提示sBPD、右肺气肿伴纵隔疝，该患儿在存在严重支气管软化的情况下呼气时支气管塌陷形成单向阀门，气体不易排出，空气陷闭累积可能是造成或加重右侧肺叶过度膨胀的一个重要原因。过度膨胀的肺叶压迫相邻的肺叶、心脏及纵隔，可导致呼吸或心血管表现加重^[13]。因此，目前在严重肺气肿及支气管软化的情况下，需长期机械通气，推荐气管切开，但家属尚不能接受。sBPD合并严重肺气肿，目前国内外的治疗手段十分有限，面临巨大挑战，主要根据其呼吸力学制定改善气体潴留的机械通气策略，对于存在大气道软化的患儿给予足够的呼气末正压维持气道的开放，并在保证足够的分钟通气量的同时，减慢呼吸频率以保证足够的呼气时间。存在小气道痉挛的患儿可辅以糖皮质激素、支气管扩张剂等治疗^[14-15]。若临床仍无好转，由于肺气肿组织不参与最佳气体交换并压迫周围肺组织，国外亦推荐可考虑部分肺叶切除术^[5]，通过切除过度膨胀肺叶缓解对其他肺叶的压迫，从而改善通气，国内未见相关报道。但对于肺叶切除术目前存在很大争议，主要是关于手术安全性和有效性的不确定，尤其是对于一个sBPD超早产儿，本身存在肺发育不良和肺损伤的情况下，如果切除起主要通气功能的肺叶，若其他肺叶不能有效代偿其功能，患儿术后不仅不能改善通气，反而会加重呼吸困难，其后果不堪设想。此外sBPD伴严重肺动脉高压的患儿很可能不能耐受这样的手术，手术风险极大。因此这样的治疗需要多学科协作的术前、术中和术后管理。我们提出首先通过支

气管封堵试验进行手术可能性和安全性的评估，再制定多学科下一步的协作治疗方案。

3.2 多学科会诊

(1) 影像科会诊：无论是胸部X线检查还是胸部CT均提示患儿为sBPD改变，双肺均存在弥漫性网格状、斑片状模糊影和条索状密度影。X线影像提示明显右肺气肿且形成纵隔疝，但从X线影像很难判断是右上叶还是右中叶气肿。我们通过追踪CT不同截面支气管走行判断该患儿为右上叶气肿并伴有右侧中下肺节段不张及右侧中下叶和左下叶支气管狭窄，考虑可能是由于右上叶气肿挤压周围肺叶导致节段不张和支气管狭窄。

(2) 胸外科会诊：患儿经积极内科保守治疗后，仍需高呼吸机参数支持，长期接受正压通气的BPD患者肺组织通气不均匀，容易发生局限性肺气肿，具有很高的病死率^[16]。美国肺气肿治疗试验已经证实了肺叶切除术能够改善局部严重肺气肿患儿的肺功能及生存率^[17]。Sohn等^[18]报道了2例超早产儿，有sBPD合并严重右上肺叶气肿，经长达半年的有创机械通气，内科保守治疗效果欠佳，最终选择右上肺叶切除术，术后2~3个月患儿成功撤离有创呼吸机。肺叶切除术在特定的重症肺气肿的治疗中显示出了优异的疗效^[19]，其疗效与目标肺叶切除后其余肺叶是否能够正常扩张通气有较大的相关性。该患儿CT扫描可见右上叶肺气肿，压迫邻近肺组织及左肺，右上肺叶切除术理论上可使其他肺叶受压得到缓解。但因患儿为sBPD，其存在的肺实质病变使肺功能本身就较差，不能确定肺叶切除后受压肺叶是否能够复张，且剩余肺叶一定能代偿，临床症状一定能改善。

(3) 心脏中心会诊：患儿右上叶气肿挤压周围肺叶导致节段不张和支气管狭窄是明确的，高呼吸机参数难以下调，肺叶切除可能获益较大。NICU团队提出的在纤维支气管镜引导下行支气管封堵试验，既往手术需要用到单肺通气时，也需要进行支气管封堵，技术上我们认为可行。支气管封堵试验的意义及价值在于通过封堵需要切除的肺叶使其塌陷，从而评估肺叶切除的可行性、安全性及有效性，在封堵过程中通过检测氧合和通气功能的动态变化帮助判断过度膨胀肺叶是否为功能肺，从而推断肺叶切除可能对患者呼吸状态的影响。Song等^[20]研究了23例严重肺气肿患者，通过支气管封堵进行肺减容术治疗，认为其具有可行性、安全性及有效性，术后临床症状有

好转，评估肺功能明显改善，随访 36 个月后生活质量明显提高。

(4) 麻醉科会诊：支气管封堵器的低容、高压球囊充气后会阻断流向目标侧肺的全部气流。它有一个中空的中央通道，可用来实施负压吸引以助肺萎陷。我科在支气管封堵技术上比较娴熟，可以完成选择性肺叶封堵。患儿目前为 5.5 号气管导管，管径可同时容纳 2.8 mm 电子支气管镜和 1.7 mm 支气管封堵器（5Fr，广州维力公司），操作条件上也可实现。

3.3 新生儿重症监护病房诊断思路总结

患儿为出生体重 650 g 的超早产儿，存在 sBPD，并同时存在严重肺实质病变、重度肺动脉高压和大气道软化疾病，此类患儿病死率和需要气管切开长期机械通气以及长时间肺动脉高压治疗的概率都非常高。该患儿经过初步治疗，肺动脉高压及右心功能不良较前有缓解，高参数机械通气支持下临床相对稳定，对操作耐受性较入院时明显好转，但高呼吸机参数无法下调，右肺气肿纵隔疝无明显改善，且家长尚不能接受气管切开。综合上述各科室会诊建议，准备行支气管封堵试验以评估肺叶切除的有效性及安全性，如在右上叶成功封堵的情况下患儿能够维持稳定的通气与氧合，可以考虑行右上叶肺叶切除术。

4 住院经过及转归

患儿入院后 1 个月即校正月龄 4 月龄时，由 NICU、心脏重症监护病房、麻醉科及心胸外科组

成多学科合作团队在 NICU 中进行支气管封堵试验。适当镇痛镇静后，在 5.5 号气管导管内置入 5Fr 支气管封堵器（广州维力公司），使用 2.8 mm 电子支气管镜引导封堵器进入右主支气管，进而选择性封堵右上叶，动态观察胸部 X 线表现、经皮氧饱和度、经皮二氧化碳、呼气末二氧化碳水平的变化。支气管封堵试验过程中呼吸机参数及基础参数变化如表 1。具体操作步骤如下：（1）封堵前 X 线检查示右肺野透亮度增高，纵隔左移，右肺气肿（图 2A）。封堵右上叶 10 min 后观察到血氧饱和度下降及二氧化碳分压上升，解除封堵后可迅速恢复，考虑右上肺为功能肺，如切除，可能风险较大。但因仅封堵 10 min，尚不足以了解封堵右上肺后其他肺叶能否恢复扩张和通气。（2）上调呼吸机参数后，再次封堵右上叶后 10 min，观察到血氧饱和度稳定及二氧化碳分压下降，持续放置封堵器 4 h，血氧饱和度及二氧化碳分压监测均较稳定，同时可下调呼吸机参数，复查胸部 X 线可见右上肺较前明显塌陷，右中下肺复张（图 2B）。（3）撤离封堵器后 4 h 复查胸部 X 线可见塌陷的右上肺叶逐渐开始出现复张，撤离封堵器 12 h 复查胸部 X 线可见右上肺叶已完全复张，纵隔疝明显（图 2C）。因此支气管封堵试验结果提示：患儿右上叶气肿，右肺中、下叶明显受其压迫、移位；封堵右上叶 4 h 后可见右上叶塌陷，右中下叶较前复张；封堵过程中适当调整呼吸机参数即可维持血氧及经皮二氧化碳稳定，提示虽然右上叶有通气功能，但切除右上叶后其他肺叶复张后可维持稳定呼吸功能，手术是安全可行的。

表 1 支气管封堵试验中的呼吸机参数

时间	呼吸机参数 (SIMV+PSV)	EtCO ₂ (mmHg)	TcCO ₂ (mmHg)	SpO ₂ (%)
封堵前	PIP 40 cmH ₂ O, PEEP 18 cmH ₂ O, RR 25 次/min, Ti 0.8 s, FiO ₂ 40%, PSV 40 cmH ₂ O	52	71	96~98
封堵右上叶 10 min	PIP 40 cmH ₂ O, PEEP 18 cmH ₂ O, RR 25 次/min, Ti 0.8 s, FiO ₂ 40%, PSV 40 cmH ₂ O	69	97	85~89
上调呼吸机参数后封堵右上叶 10 min	PIP 50 cmH ₂ O, PEEP 20 cmH ₂ O, RR 40 次/min, Ti 0.6 s, FiO ₂ 100%, PSV 45 cmH ₂ O	44	71	94~98
持续放置封堵器 4 h	PIP 45 cmH ₂ O, PEEP 20 cmH ₂ O, RR 40 次/min, Ti 0.6 s, FiO ₂ 60%, PSV 45 cmH ₂ O	37	51	95~98

注：[SIMV] 同步间歇指令通气；[PSV] 压力支持通气；[EtCO₂] 呼气末二氧化碳；[TcCO₂] 经皮二氧化碳；[SpO₂] 经皮血氧饱和度；[PIP] 吸气峰压；[PEEP] 呼气末正压；[RR] 呼吸频率；[Ti] 吸气时间；[FiO₂] 吸入氧浓度。

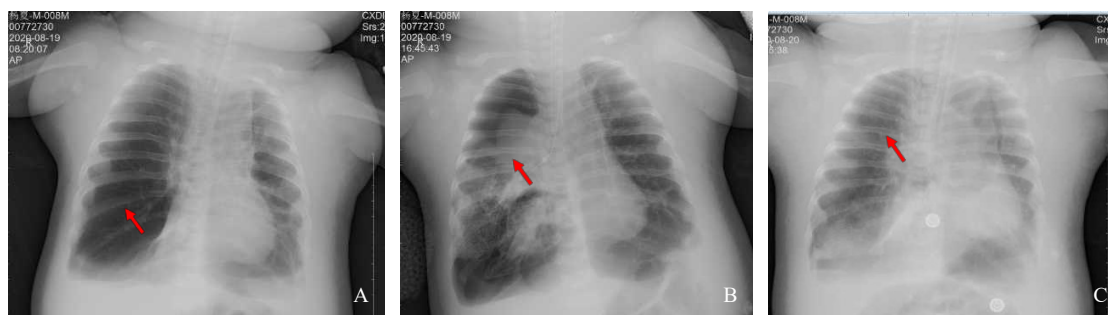


图2 支气管封堵试验中胸部X线检查 A: 封堵前, 右肺野透亮度增高, 纵隔左移, 右肺气肿 (箭头所指); B: 封堵右上叶后4 h复查, 可见右上肺较前明显塌陷 (箭头所指), 右中下肺复张; C: 撤除封堵器后12 h复查, 可见右上肺叶已完全复张 (箭头所指), 纵隔症明显。

封堵试验成功后, 进行了2次多学科会诊讨论手术准备。该试验1周后患儿顺利行右上肺叶切除术。手术过程顺利, 术中见: 右肺上叶明显膨胀充气, 压之不萎陷, 表面可见广泛小囊泡状改变, 大小约 $20\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$, 占据右胸腔大部, 右肺中、下叶受压膨胀不全。术后呼吸机参数逐渐减低, $i\text{NO}$ 减停。但因气道软化问题患儿不能耐受 PEEP 低于 $12\text{ cmH}_2\text{O}$, 与家长沟通后行气管切开术和胃造瘘, 经综合治疗及家属全方位培训后顺利出院。由于路途遥远、不易返院随访等原因, 患儿出院后进行了长期的远程随访, 远程指导用药、气管切开管理和家用型呼吸机参数的调整。2023年8月返院于我院进行综合评估, 纤维支气管镜检查示气道通畅, 气管切开套管周围未见明显肉芽增生, 间断持续气道正压辅助通气(压力 $5\text{ cmH}_2\text{O}$)下呼吸情况良好, 体格发育良好, 认知及运动能力可, 并在此次住院期间成功撤离呼吸机支持, 为下一步气管切开拔管奠定了基础。

5 小结

本文报道了1例支气管封堵试验在治疗sBPD伴严重肺气肿患儿中成功应用的多学科诊疗经过。肺叶切除术可能为sBPD合并严重肺叶气肿患儿在内科综合治疗毫无进展时带来一线新的希望。通过切除过度膨胀的肺组织以减轻对周围组织的压迫, 从而改善通气问题。但肺叶切除术不是sBPD的常规治疗手段, 而且风险巨大。支气管封堵试验在肺叶切除术前对于手术风险与获益的评估具有重要的意义, 其价值在于可评价肺叶功能、预估手术安全性及有效性, 但需要多学科紧密协作, 需要熟练掌握床边纤维支气管镜操作技术, 具备支

气管镜引导下进行支气管球囊封堵的经验, 同时还需要新生儿专科医生全程对于患儿发生紧急意外事件处理的专业能力。sBPD患儿肺叶切除手术中需要外科医生丰富且专业的手术经验和麻醉科的全力配合, 并具有启动体外循环的准备和能力等, 方能保证其安全、有效完成。我们通过分析疾病的病理生理状态, 综合评估患儿病情, 多学科紧密协作, 为患儿选择了最优的个体化治疗方案。希望本病例分享的经验和体会能为支气管封堵试验在sBPD合并严重肺气肿时的应用提供参考。

作者贡献声明: 刘辉娟负责整理数据及论文初稿撰写、论文修改; 关瑞莲负责数据收集; 秦欣负责出院前后呼吸治疗; 王怀贞及张高龙负责支气管封堵试验的操作; 李建斌负责支气管镜引导; 马力提供术前管理建议; 李乐负责肺叶切除手术; 鹿连伟负责影像判读; 孙轶负责患儿全程管理、多学科讨论组织以及文章的构思、设计与修改; 张华岩负责指导患儿管理, 是支气管封堵试验过程的指导者及核心人物, 并负责文章的最后修改及审核。

利益冲突声明: 所有作者声明无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Bancalari E, Jain D. Bronchopulmonary dysplasia: 50 years after the original description[J]. Neonatology, 2019, 115(4): 384-391. PMID: 30974430. DOI: 10.1159/000497422.
- [2] Jensen EA, Edwards EM, Greenberg LT, et al. Severity of bronchopulmonary dysplasia among very preterm infants in the United States[J]. Pediatrics, 2021, 148(1): e2020030007. PMID: 34078747. PMCID: PMC8290972. DOI: 10.1542/peds.2020-030007.
- [3] 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. PMID: 34338792. PMCID: PMC8329742. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.18904.
- [4] Shukla VV, Ambalavanan N. Recent advances in bronchopulmonary dysplasia[J]. *Indian J Pediatr*, 2021, 88(7): 690-695. PMID: 34018135. DOI: 10.1007/s12098-021-03766-w.
- [5] Wynter Z, Pham Q, Mundy C, et al. Acquired lobar emphysema: a complication of severe bronchopulmonary dysplasia needing lobectomy[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2023, 58(6): 1832-1834. PMID: 37014158. DOI: 10.1002/ppul.26402.
- [6] Ginsburg ME, Thomashow BM, Bulman WA, et al. The safety, efficacy, and durability of lung-volume reduction surgery: a 10-year experience[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2016, 151(3): 717-724.e1. PMID: 26670190. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.10.095.
- [7] Zhang HT, Xie YH, Gu X, et al. Management of persistent air leaks using endobronchial autologous blood patch and spigot occlusion: a multicentre randomized controlled trial in China[J]. *Respiration*, 2019, 97(5): 436-443. PMID: 30904909. DOI: 10.1159/000495298.
- [8] Sakaguchi T, Kida H, Kanno Y, et al. Bronchial occlusion with endobronchial watanabe spigot for hemoptysis in a mechanically ventilated patient with extracorporeal circulation[J]. *Intern Med*, 2019, 58(2): 267-269. PMID: 30146557. PMCID: PMC6378171. DOI: 10.2169/internalmedicine.1176-18.
- [9] Iwasaki M, Shimomura M, Ii T. Negative-pressure wound therapy in combination with bronchial occlusion to treat bronchopleural fistula: a case report[J]. *Surg Case Rep*, 2021, 7(1): 61. PMID: 33651250. PMCID: PMC7922724. DOI: 10.1186/s40792-021-01144-4.
- [10] Inage Y, Kumazawa K, Mori T, et al. Selective bronchial occlusion as treatment for pulmonary interstitial emphysema[J]. *Pediatr Int*, 2022, 64(1): e14848. PMID: 34747099. DOI: 10.1111/ped.14848.
- [11] Fierro JL, Hysinger EB, Piccione J, et al. The role of selective balloon occlusion in preoperative planning for infant pulmonary lobar hyperinflation[J]. *Pediatr Allergy Immunol Pulmonol*, 2018, 31(3): 186-190. DOI: 10.1089/ped.2017.0827.
- [12] Jensen EA, Dysart K, Gantz MG, et al. The diagnosis of bronchopulmonary dysplasia in very preterm infants. An evidence-based approach[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(6): 751-759. PMID: 30995069. PMCID: PMC6775872. DOI: 10.1164/rccm.201812-2348OC.
- [13] Warwick H, Guillem J, Batchelor D, et al. Imaging findings in 14 dogs and 3 cats with lobar emphysema[J]. *J Vet Intern Med*, 2021, 35(4): 1935-1942. PMID: 34145623. PMCID: PMC8295672. DOI: 10.1111/jvim.16183.
- [14] 中华医学会儿科学分会新生儿学组, 中华儿科杂志编辑委员会. 早产儿支气管肺发育不良临床管理专家共识[J]. *中华儿科杂志*, 2020, 58(5): 358-365. PMID: 32392950. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20200317-00254.
- [15] Hysinger EB, Ahlfeld SK. Respiratory support strategies in the prevention and treatment of bronchopulmonary dysplasia[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11: 1087857. PMID: 36937965. PMCID: PMC10018229. DOI: 10.3389/fped.2023.1087857.
- [16] Wong PM, Lees AN, Louw J, et al. Emphysema in young adult survivors of moderate-to-severe bronchopulmonary dysplasia[J]. *Eur Respir J*, 2008, 32(2): 321-328. PMID: 18385172. DOI: 10.1183/09031936.00127107.
- [17] Platz JJ, Naunheim KS. Critical analysis of the national emphysema treatment trial results for lung-volume-reduction surgery[J]. *Thorac Surg Clin*, 2021, 31(2): 107-118. PMID: 33926665. DOI: 10.1016/j.thorsurg.2021.01.004.
- [18] Sohn B, Park S, Park IK, et al. Lung volume reduction surgery for respiratory failure in infants with bronchopulmonary dysplasia[J]. *Pediatrics*, 2018, 141(Suppl 5): S395-S398. PMID: 29610158. DOI: 10.1542/peds.2016-3901.
- [19] van Geffen WH, Slebos DJ, Herth FJ, et al. Surgical and endoscopic interventions that reduce lung volume for emphysema: a systemic review and meta-analysis[J]. *Lancet Respir Med*, 2019, 7(4): 313-324. PMID: 30744937. DOI: 10.1016/S2213-2600(18)30431-4.
- [20] Song L, Zhao F, Ti X, et al. Bronchoscopic lung volume reduction for pulmonary emphysema: preliminary experience with endobronchial occluder[J]. *Respir Care*, 2013, 58(8): 1351-1359. PMID: 23345470. DOI: 10.4187/respcare.02218.

(本文编辑: 邓芳明)

(版权所有©2024中国当代儿科杂志)