

·综述·

儿童肺动脉吊带合并气管狭窄的诊疗新进展

郭张科 综述 李晓峰 审校

左右肺动脉吊带(pulmonary artery sling, PAS), 又名迷走肺动脉, 是一种发病率极低的先天性大血管畸形, 因右肺动脉吊带鲜有报道, 所以临床所见往往指左肺动脉吊带, 又名迷走左肺动脉, 是左肺动脉异常起源于右肺动脉的后方, 呈半环形跨过右主支气管向左穿行于食管前和气管后到达左肺门^[1]。约50%伴其它心血管畸形(动脉导管未闭最多见)及气管畸形, 如先天性气管狭窄(congenital tracheal stenosis, CTS)。部分型肺动脉吊带指左上肺动脉自主肺动脉发出, 而左下肺动脉自右肺动脉发出后绕行于气管后方形成的吊带, 该型极为罕见^[2]。国外有文献报道, 该病倘若未及时诊断治疗, 病死率高达90%^[3]。对于PAS的病因, 有文献报道有可能是第六左主动脉弓的异常发育所致, Silahli M等^[4]提出由体外受精过程引起的表观遗传改变导致神经嵴细胞的缺损迁移进而引起了PAS。

一、诊断

因其临床表现无特异性, 主要与迷走的肺动脉对气管及食管的压迫程度; 其他伴发先天气管畸形或心脏内外伴发畸形的严重程度相关。Nakajima J等报道1例因低温治疗缺血缺氧性脑病而诱发气道痉挛发作, 组织水肿, 回顾性诊断该患儿为PAS合并CTS^[5]。因而患儿发生反复呼吸道症状时应警惕是否有PAS或其他血管畸形压迫, 应及时行纵隔超声检查加以明确^[6]。PAS的诊断主要依赖于影像学技术及其他辅助检查, 主要有: 心脏彩超、心脏增强CT、纤维支气管镜、食管钡剂造影、3D打印技术和虚拟计算机模型重建等。

1. 心脏彩超: 无创, 安全, 危重患儿可在床旁操作, 且目前在术后随访、手术疗效的评估中也发挥着重要作用^[7]。但其不能很好显示气管受压程度, 漏诊、误诊的发生率较CT高(检查医师经验不足和患儿透声窗差)^[9]。肺总动脉分支异常是PAS在心脏彩超图像上的主要体现, 在不同的超声切面上可

以看到一些PAS特有的征象。例如正常肺动脉分叉结构的消失; 左肺动脉异常发自右肺动脉; 异常左肺动脉前方可探及回声增强的气管影。胸骨上窝切面看到的“双眼征”为左右肺动脉横断面同时显示时的表现^[8]。

2. 心脏增强CT: 可以清晰显示异常肺动脉的走行、管腔大小, 用时短, 受外界影响小, 对于狭窄段的气管, 可以同时清晰显示其狭窄程度和范围, 能够给出量化数据, 安全性较高, 对于PAS来说, 是目前最佳的检查方法^[10,11]。

心血管增强CT在PAS的术前诊断及其伴发心脏内外血管畸形的诊断中扮演极其重要的角色, 且PAS伴发迷走的右上、中、下动脉并不罕见^[12], 心脏增强CT可以清晰显示这些迷走血管, 因而在诊断PAS的同时应具备识别这些迷走动脉的能力, 从而减少漏诊误诊的发生率。

3. 核磁共振: 可以较清晰地显示迷走动脉的走行, 但对气管显影不佳, 且耗时长, 对患儿镇静要求高, 检查费用高, 故目前也不作为首选检查方式^[13]。

4. 胎儿超声: 胎儿期超声心动图发现心尖移位, 心脏轴线右移等超声表现或许有助于早期诊断PAS^[14]。Yoichiro Ishii^[15]等提出发现异常心脏轴线的右移有助于产前检查发现PAS, Ochiai^[16]等提出在发现异常心脏轴线右移的胎儿, 尤其那些产前超声因体位无法明确肺动脉分叉情况的胎儿, 在其出生后应仔细评估其气管及心室流出道情况, 并跟踪随访, 及早发现可能出现的PAS, 不至漏诊。

5. 3D打印技术与虚拟计算机模型重建: 3D打印技术使得一些罕见的心血管畸形的解剖及走行有一个形象的显示^[17], 但对于同时合并心血管和气管畸形的病人, 仍然无法分别显示血管及气管相互受压情况, 最新的虚拟计算机模型重建可以更为精准地分解心血管以及气管各部, 从而很好的指导诊断与治疗^[18]。

6. 纤维支气管镜: 可以直观看到气管狭窄段的狭窄情况, 可以看到有无桥支气管等气管畸形存在, 但是由于镜子直径总是超过狭窄腔道的高限,

且检查时内镜阻塞气道,患儿检查期间发绀明显,检查风险大^[19]。因而并不作为PAS合并气道狭窄的首选检查。

7. 食道吞钡造影:是诊断PAS的辅助手段,可以观察到食管前壁受压,在儿童中现已少用。

二、鉴别诊断

1. 双主动脉弓^[20]:同为压迫食管气管,双主动脉弓对食管压迫更明显,食管钡餐造影可明显显示,而PAS主要压迫气管,超声、CT可鉴别。

2. 左肺动脉缺如:心脏彩超上肺动脉分叉结构消失为两者的共同点,不同的是PAS可于右肺动脉探查至左肺动脉的开口,且左肺动脉缺如在临床上可出现反复咯血等症状^[21]。

3. 左肺动脉起源于升主动脉:该病CT图像表现为主肺动脉直接延续为右肺动脉,且右肺动脉上未能发现左肺动脉开口,然而于升主动脉上发现异常血管的开口,该血管向左行至肺门^[22]。

三、治疗

(一)保守治疗

Shashi Raj等^[23]报道1例2岁诊断为PAS的病例,12岁时追踪患儿,未行手术治疗,无明显呼吸系统症状;Antón-Pacheco JL等^[24]对5例轻微气管狭窄的PAS患儿行保守治疗,随访11年,均未出现严重并发症,且无一例死亡;由于PAS发病率较低,很多报道都只报道了少部分病人,对于没有手术干预的PAS病人的自然病程并没有很好描述,在对于学龄期儿童的一项大范围调查中,发病率59/1000000人,该组11名学龄期儿童中有7人(63%)合并完全性气管软骨环,表明合并完全性气管软骨环的肺动脉吊带患者可以生存至学龄期,甚至成年也有可能^[25]。有学者将22例气管狭窄患儿分别纳入手术组和保守治疗组,两组患儿气管狭窄程度接近,10年随访两组死亡率分别是:手术组27%;保守组9%,保守组有6例进行了长达10年的跟踪随访,其中5例狭窄气管发育快于正常同龄儿童。研究人员发现,患有气管狭窄患儿的气管直径在其小于1岁时与健康儿童相比相差很大,且患儿发育相对迟缓;这些患儿的气管在1岁以后呈现出“超速增长”现象,9岁时完全达到了健康儿童气管管径的水平^[26]。但也有数据表明在某些合并完全性气管环的患儿,其狭窄气道会随着年龄的增长而增长,有些患儿需要等到成人后再行气管剪裁^[27]。这从侧面可以反映出无症状PAS患者即使未行手术治疗,患儿仍可带病生存至学龄期乃至成年,因此,对

于无症状或轻微气管狭窄的患儿可考虑长期随访保守治疗,并不急于一期手术。

(二)手术治疗

1. 单纯LPA的再移植:在体外循环或非体外循环支持下,将异常起源的左肺动脉于右肺动脉起源处离断,拖至气管前,重新吻合于主肺动脉上,从而解除其对气管和食管的双向压迫,是目前手术治疗PAS最常用的方法。

李小兵等^[28]报道先天性血管环畸形35例中有28例PAS,其中22例在非体外循环辅助下进行矫治,6例在体外循环辅助技术支持下行手术治疗,所有患儿均行LPA再植手术且未处理狭窄气管,术后随访4年,其中17例呼吸道症状完全消失,患儿生长发育得到相应改善,只有1例因脱机困难,家长放弃治疗;张儒舫等^[29]报道22例在非体外循环下行LPA再移植术,成功21例,失败1例,认为肺动脉吊带患儿一经诊断即有手术指征,采用经左侧开胸非体外循环下手术矫治方法简单,术后呼吸机撤离快,住院时间短,近期效果良好;周干^[30]等认为体外循环辅助下行LPA重置术是解除PAS压迫气道的重要方法。

2. LPA再移植与气管狭窄的矫治:PAS合并的气管狭窄中,有原发性气管畸形所致气管狭窄(如完全性气管软骨环等),也有迷走左肺动脉长期压迫以致气管软化而形成的气管狭窄。但对于儿童气管狭窄的认识,不论形态学上的分类,还是治疗,目前争议仍大。

Backer CL^[31]等定义气管狭窄为:管腔内径和狭窄段均在正常气管50%以下者为短段型,即局限性气管狭窄,超过50%者为长段型气管狭窄。关于气管狭窄的分类,目前仍无国际化标准,值得一提的是,Speggorin S等^[32]提出最新气管狭窄的分类是根据先天性气管狭窄的长度和气管支气管树的形态学特征分为4类(其中包含了桥支气管,单侧支气管或单侧肺发育不良等各类复杂气管畸形)。但该分类方法无法将影响PAS患者预后的气管软化因素考虑进去,且无更多文献及数据支持,其实用性仍有待考证。

随着医学技术的发展,手术水平以及术后监护质量的提高,有些中心建议行PAS和气管狭窄的一期根治术。Wu MH等^[33]报道1例29岁妇女因气道梗阻症状就诊,诊断为PAS,后一期行PAS矫治术+滑动气管成形术,随访5个月后病人症状完全缓解;Shu-Chien Huang等^[34]认为,狭窄气管内径小

于3 mm可考虑行PAS和狭窄气管的同期矫治术,且选择SLIDE气管成形术往往能够使患儿预后更好; Kwak JG等^[35]认为只有大概20%的PAS患儿需要一期行气管狭窄矫治术,单纯对LPA的重建可减轻绝大多数患儿的气管压迫,能够明显改善患者的呼吸道症状;李红云^[36]认为是否同期处理狭窄气道尚无统一标准,但合并复杂心内畸形的PAS,应在体外循环下同期纠治;Carl L. Backer等^[11]建议只要PAS患者合并完全性气管软骨环,便有一期行气管成形术的指征;刘宇航等^[37]报道19例PAS,2例行保守治疗,17例手术,14例仅行一期LPA再植术,其中5例二期行SLIDE术,全部死亡,另有3例行一期根治术,2例死亡,仅有1例存活。可见对于一期行LPA再移植与气管狭窄同期手术矫治争议仍大,且对于手术指征的把握尚无统一标准。

(三)气管介入技术

儿童PAS合并气管狭窄的矫治难点主要是对于气管狭窄的处理,成人对于气管狭窄的治疗大致经历了保守治疗、开放性手术治疗、内镜下介入治疗三个阶段。儿童气管狭窄的发生较成人少,因而治疗经验相对于成人而言较少,治疗方式很多都是在效仿成人,然而儿童气道与成人还是有很多差异,目前PAS合并气管狭窄在没有好的解决办法时,可以考虑内镜下介入治疗(球囊扩张/气管支架),这也为未来治疗气道狭窄提供一个新思路。气道狭窄采用球囊扩张以及气管支架辅助被认为是可行的治疗策略^[38]。

Serio P等^[39]认为,若术后依然有严重气道梗阻,且呼吸系统症状仍未改变以及发生气管软化,应用气道支架是一种很好的辅助措施;Paola Serio等^[40]报道了100例患者共计235个气管内支架(112个各种形状的硅酮支架、120个金属支架、3个生物可降解支架),在进行气管内支架置入术后平均随访41个月,60例完全缓解,17例仍在治疗,9例失访,8例手术,6例死亡(非支架引起),尽管不同类型支架置入预后有差异,但可以肯定气管内支架对于一部分气道狭窄病人疗效还是不错的。

生物可降解支架置入术在气管成形术后是一种前景较好的新技术。Antón-Pacheco JL等^[41]报道14例经SLIDE术后行生物可降解气管内支架置入,平均随访6年,所有病例临床症状均良好。Juan L等^[42]报道13例应用生物可降解支架治疗的严重气管狭窄,证实生物可降解支架安全有效,患儿呼吸道梗阻症状迅速缓解,随访5~40个月,气管内仅有

轻微肉芽组织生长,相较传统的金属以及塑料气管支架而言,生物可降解支架置入后气道再狭窄和气道软化的发生率大大降低。该技术的推广需要更多临床病例的应用报道,从而对于儿童患者能够制定一整套临床标准。最近有动物研究表明血液中IL-8的表达可以预测气管狭窄支架植入术后是否会发生狭窄,但仍缺乏相关临床研究报道^[43]。

综上所述,儿童肺动脉吊带临床表现特异性不高,诊断主要依赖影像学方法,超声心动图应用较为广泛,漏诊误诊的发生率较CT高;产前超声发现胎儿心脏轴线右移时应警惕PAS存在的可能。目前,对于该病的治疗主要是对迷走肺动脉的再移植,但就肺动脉吊带伴发气管狭窄是否行一期矫治的问题上争议仍大,最新气管狭窄分类在临床上的应用还有待考证,随着儿童气管内介入技术的发展,气管内支架在治疗肺动脉吊带伴发的气管狭窄中的应用也越来越多,近年出现的药物洗脱生物可降解支架对合并气道狭窄PAS的治疗或许提供了新的思路。

参考文献

- 1 Abellardo E, Roebuck D, McLaren C, et al. Right pulmonary artery sling in a single lung with bronchial isomerism[J]. J Card Surg, 2014, 29(2): 256-258. DOI: 10.1111/jocs.12240.
- 2 Collell R, Marimón C, Montero M. Partial left pulmonary artery sling [J]. Rev Esp Cardiol, 2010, 63(7): 850-851.
- 3 Phelan E, Ryan S, Rowley H. Vascular rings and slings: interesting vascular anomalies[J]. J Laryngol Otol, 2011, 125(11): 1158-1163. DOI: 10.1017/S0022215111001605.
- 4 Silahli M, Ozkiraz S, Gokdemir M, et al. A pulmonary artery sling and in vitro fertilization[J]. J Bronchology Interv Pulmonol, 2017, 24(1): 6-8. DOI: 10.1097/LBR.0000000000000336.
- 5 Nakajima J, Sunohara D, Kawashima H. A case of pulmonary artery sling where onset was induced by therapeutic hypothermia[J]. Pediatr Pulmonol, 2017, 52(3): 7-10. DOI: 10.1002/ppul.23538.
- 6 Delacour D, Demeyere M, Dubourg B. Left pulmonary artery sling: A rare cause of congenital stridor[J]. Diagn Interv Imaging, 2017, 98(1): 85-87. DOI: 10.1016/j.diii.2016.06.012.
- 7 刘金桥, 陈文娟, 彭巧玉, 等. 超声心动图对左肺动脉吊带的诊断价值研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2014, 13(4): 325-327. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.019.

- Liu JJ, Chen WJ, Peng QY, et al. Diagnostic value of echocardiography in left pulmonary artery sling[J]. J Clin Ped Sur, 2014, 13(4): 325-327. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2014.04.019.
- 8 刘华, 吴兰平, 张玉奇, 等. 肺动脉吊带超声心动图诊断的临床价值探讨[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(10): 1777-1780.
- Liu H, Wu LP, Zhang YQ, et al. Clinical analysis of echocardiography in the diagnosis of pulmonary artery sling[J]. Journal of Medical Imaging, 2015, 25(10): 1777-1780.
- 9 吴力君, 张玉奇, 高玲玲, 等. 肺动脉吊带的超声心动图诊断价值及漏误诊分析[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015, 26(10): 696-699.
- Wu LJ, Zhang YQ, Gao LL, et al. Diagnostic value and misdiagnostic analysis of pulmonary artery sling by Doppler echocardiography[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2015, 26(10): 696-699.
- 10 Tola H, Ozturk E, Yildiz O, et al. Assessment of children with vascular ring[J]. Pediatrics International, 2017, 59(2): 134-140. DOI: 10.1111/ped.13101.
- 11 Backer CL, Russell HM, Kaushal S, et al. Pulmonary artery sling: Current results with cardiopulmonary bypass[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012, 143(1): 144-151. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2011.09.038.
- 12 Xie J, Juan YH, Wang Q, et al. Evaluation of left pulmonary artery sling, associated cardiovascular anomalies, and surgical outcomes using cardiovascular computed tomography angiography[J]. Sci Rep, 2017, (7): 40042. DOI: 10.1038/srep40042.
- 13 李庚武, 王昶, 胡俊, 等. 64层螺旋计算机断层摄影术及1.5T磁共振成像对婴幼儿先天性动脉血管环的诊断价值[J]. 中国循环杂志, 2016, 31(2): 156-160. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.02.013.
- Li GW, Wang C, Hu J, et al. Diagnostic Value of 64-MSCT and 1.5T MRI in Nurseling With Congenital Vascular Rings[J]. Chinese Circulation Journal, 2016, 31(2): 156-160. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2016.02.013.
- 14 Tretter JT, Tretter EM, Rafii DY, et al. Fetal Diagnosis of Abnormal Origin of the Left Pulmonary Artery[J]. Echocardiography, 2016, 33(8): 1258-1261. DOI: 10.1111/echo.13239.
- 15 Ishii Y, Miyamoto T, Nakajima K, et al. Abnormal cardiac axis as a prenatal marker of left pulmonary artery sling[J]. Pediatr Int, 2016, 58(2): 158-161. DOI: 10.1111/ped.12744.
- 16 Ochiai D, Miyakoshi K, Koinuma G, et al. Prenatal sonographic images of left pulmonary artery sling[J]. Eur J Obstet Gynecol, 2017, 211: 217-218. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2016.12.026.
- 17 王浩, 张恒一, 王顺民, 等. 3D打印技术在先天性气管狭窄诊断与手术治疗中的应用[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2017, 24(3): 169-174. DOI: 10.7507/1007-4848.201607018.
- Wang H, Zhang HY, Wang SM, et al. Application of 3D printing in the diagnosis and surgical treatment of congenital tracheal stenosis[J]. Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2017, 24(3): 169-174. DOI: 10.7507/1007-4848.201607018.
- 18 Speggorin S, Durairaj S, Mimic B, et al. Virtual 3D Modeling of Airways in Congenital Heart Defects[J]. Front Pediatr. 2016, 26(4): 116. DOI: 10.3389/fped.2016.00116.
- 19 Ortigado Matamala A, García García A, Galicia Poblet G, et al. Asymptomatic pulmonary artery sling: Noninvasive diagnosis[J]. An Pediatr (Barc), 2010, 72(3): 205-209. DOI: 10.1016/j.anpedi.2009.10.019.
- 20 李淑华, 张明杰, 陈欣欣, 等. 儿童肺动脉吊带与双主动脉弓伴随的肺气管畸形比较[J]. 临床儿科杂志, 2016, 34(7): 503-505. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3606.2016.07.006.
- Li SH, Zhang MJ, Chen XX, et al. The difference of airway malformation between double aortic arch and pulmonary artery sling in children[J]. Journal of Clinical Pediatrics, 2016, 34(7): 503-505. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3606.2016.07.006.
- 21 Bastug S, Aslan AN, San C, et al. Congenital absence of left pulmonary artery with collateralization from all major coronary arteries[J]. Turk Kardiyol Dem Ars, 2016, 44(3): 240-243. DOI: 10.5543/tkda.2015.57267.
- 22 Lee JH, Jung TE, Lee YH. Anomalous origin of left pulmonary artery from aorta with atrial septal defect[J]. Pediatric cardiology, 2008, 29(4): 860-861. DOI: 10.1007/s00246-008-9234-z.
- 23 Raj S, Chandra S. Left pulmonary artery sling without symptoms[J]. Ann Pediatr Cardiol, 2017, 10(1): 98-99. DOI: 10.4103/0974-2069.197061.
- 24 Anton-Pacheco JL, Cano I, Comas J, et al. Management of congenital tracheal stenosis in infancy[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2006, 29(6): 991-996. DOI: 10.1016/j.ejcts.2005.12.061.
- 25 Yu JM, Liao CP, Ge S, et al. The prevalence and clinical impact of pulmonary artery sling on school-aged children: A large-scale screening study[J]. Pediatr Pulmonol, 2008, 43(7): 656-661. DOI: 10.1002/ppul.20823.
- 26 Cheng W, Manson DE, Forte V, et al. The role of conservative management in congenital tracheal stenosis: an evidence based long-term follow-up study[J]. J Pediatr Surg, 2006, 41(7): 1203-1207. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2006.03.046.

- 27 Manson D, Filler R, Gordon R. Tracheal growth in congenital tracheal stenosis[J]. *Pediatr Radiol*, 1996, 26(6): 427-430.
- 28 李小兵, 王蓓妮, 沈立, 等. 先天性血管环的外科诊断与治疗[J]. *中国医药导报*, 2016, 13(5): 144-147.
Li XB, Wang BN, Shen L, et al. Surgical diagnosis and treatment for congenital vascular ring[J]. *China Medical Herald*, 2016, 13(5): 144-147.
- 29 张儒舫, 沈立, 李小兵, 等. 非体外循环手术治疗肺动脉吊带合并气管狭窄的临床研究[J]. *中国心血管病研究*, 2016, 14(2): 160-163. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2016.02.018.
Zhang RF, Shen L, Li XB, et al. Surgical treatment to 22 cases of pulmonary artery sling and tracheal stenosis with non-cardiopulmonary bypass[J]. *Chinese Journal of Cardiovascular Research*, 2016, 14(2): 160-163. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5301.2016.02.018.
- 30 周干, 张光莉, 张慧, 等. 先天性肺动脉吊带 38 例临床特点及预后分析[J]. *临床儿科杂志*, 2016, 34(6): 461-464. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3606.2016.06.015.
Zhou G, Zhang GL, Zhang H, et al. Clinical diagnosis, treatment, and prognosis of pulmonary artery sling in 38 children[J]. *Journal of Clinical Pediatrics*, 2016, 34(6): 461-464. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3606.2016.06.015.
- 31 Backer CL, Mavroudis C, Gerber ME, et al. Tracheal surgery in Children: 18-year review of four techniques[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2001, 19(6): 777-784.
- 32 Speggorin S, Torre M, Roebuck DJ, et al. A new morphologic classification of congenital tracheobronchial stenosis[J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 93(3): 958-961. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2011.12.019.
- 33 Wu MH, Wu HY. Tracheobronchial Stenosis Caused by Complex Sling of Left Pulmonary Artery and Aorta[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 102(1): 59. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2016.01.096.
- 34 Huang SC, Wu ET, Wang CC, et al. Surgical Management of Pulmonary Artery Sling: Trachea Diameter and Outcomes With or Without Tracheoplasty[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2012, 47(9): 903-908. DOI: 10.1002/ppul.22516.
- 35 Kwak JG, Kim WH, Min J, et al. Is tracheoplasty necessary for all patients with pulmonary artery sling and tracheal stenosis? [J]. *Pediatr Cardiol*, 2013, 34(3): 498-503. DOI: 10.1007/s00246-012-0481-7.
- 36 李红云. 肺动脉吊带的外科诊治[J]. *国际儿科学杂志*, 2016, 43(7): 560-563. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4408.2016.07.012.
- Li HY. The review of surgical treatment to pulmonary artery sling[J]. *International Journal of Pediatrics*, 2016, 43(7): 560-563. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4408.2016.07.012.
- 37 刘宇航, 周更须, 洪小杨, 等. 先天性迷走左肺动脉的外科治疗(附 19 例报告)[J]. *中国医刊*, 2016, 51(2): 68-70. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2016.02.021.
Liu YH, Zhou GX, Hong XY, et al. Surgical treatment of congenital aberrant left pulmonary artery: 19 cases report[J]. *Chinese Journal of Medicine*, 2016, 51(2): 68-70. DOI: 10.3969/j.issn.1008-1070.2016.02.021.
- 38 Zopf DA, Hollister SJ, Nelson ME, et al. Bioresorbable airway splint created with a three-dimensional printer[J]. *New Engl J Med*, 2013, 368(21): 2043-2045. DOI: 10.1056/NEJMc1206319.
- 39 Serio P, Nenna R, Fainardi V, et al. Residual tracheobronchial malacia after surgery for vascular compression in children: treatment with stenting[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 51(2): 211-217. DOI: 10.1093/ejcts/ezw299.
- 40 Serio P, Fainardi V, Leone R, et al. Tracheobronchial obstruction: follow-up study of 100 children treated[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2014, 45(4): 100-109. DOI: 10.1093/ejcts/ezt626.
- 41 J. L. Antón-Pacheco. Tracheobronchial stents in children[J]. *Semin Pediatr Surg*, 2016, 25(3): 179-185. DOI: 10.1053/j.sempedsurg.2016.02.011.
- 42 Juan L, Carmen Luna, Enrique Garcta, et al. Initial Experience With a New Biodegradable Airway Stent in Children: Is This the Stent We Were Waiting for? [J]. *Pediatr Pulmonol*, 2016, 51(6): 607-612. DOI: 10.1002/ppul.23340.
- 43 Arellano-Orden E, Serrano C, Montes-Worboys A, et al. Stent-induced tracheal stenosis can be predicted by IL-8 expression in rabbits[J]. *Eur J Clin Invest*, 2017, 47(1): 84-92. DOI: 10.1111/eci.12706.

(收稿日期: 2017-06-01)

本文引用格式: 郭张科, 李晓峰. 儿童肺动脉吊带合并气管狭窄的诊疗新进展[J]. *临床小儿外科杂志*, 2018, 17(4): 307-311. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.04.015.

Citing this article as: Guo ZK, Li XF. Advances in diagnosis and treatment of pulmonary artery sling plus tracheal stenosis in children[J]. *J Clin Ped Sur*, 2018, 17(4): 307-311. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2018.04.015.