

## ·综述 General review·

## 支架植入治疗恶性气道狭窄的研究进展

王 勇, 朱海东, 郭金和

【摘要】 恶性气道狭窄严重影响患者晚期的生活质量。气管支架植入是缓解恶性气道狭窄安全、快速而有效的方法,广泛应用于临床,但无法直接延长患者生命。并发症发生率因狭窄部位、类型和支架的不同差异较大。本文就气管支架治疗恶性气道狭窄的临床应用现状及研究进展作一综述。

【关键词】 气管; 恶性肿瘤; 狭窄; 支架

中图分类号:R734 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2015)-02-0172-05

**Tracheal stent implantation for the treatment of malignant airway obstruction: recent progress in research** WANG Yong, ZHU Hai-dong, GUO Jin-he. *Department of Interventional Radiology & Vascular Surgery, Affiliated Zhongda Hospital, Southeast University, Nanjing, Jiangsu Province 210009, China*

Corresponding author: GUO Jin-he, E-mail: jinheguo@sina.com

【Abstract】 Malignant airway obstruction seriously affects life quality of the patients in their later stage. Tracheal stent implantation is a safe and effective means to quickly relieve the clinical symptoms such as dyspnea, hemoptysis, therefore, this technique has been widely employed in the clinical practice although this treatment can not directly prolong patient's survival time. The occurrence of procedure-related complications is related to the stenotic site, the obstruction type and the stent used. This paper aims to make a comprehensive review on the current clinical situation and research progress in respect of tracheal stent implantation for malignant airway obstruction. (J Intervent Radiol, 2015, 24: 172-176)

【Key words】 trachea; malignant tumor; stenosis; stent

Bond<sup>[1]</sup>于 1891 年在外科手术中将 1 支 T 形管植入气管治疗气管狭窄获得了成功,成为气管支架最早临床应用。1960 年,现代管状支架的先驱 Montgomery<sup>[2]</sup>设计了硅酮 T 型管支架,经气管切开植入治疗声门下狭窄。之后直到 1990 年气管支架才取得突破性进展,Dumon<sup>[3]</sup>成功地制造出第一个通过硬质镜植入的气管内支架。随着血管、食管及胆管等支架技术的延伸拓展,同时得益于材料学的发展和制作工艺的进步,相继出现了具有不同形态、满足不同功能的气管支架,本文就支架治疗恶性气道狭窄的应用现状及研究进展作一综述。

## 1 支架的分类

气管支架的分类标准较多,按制作的材料分为非金属支架、金属支架和混合型支架,非金属支架又可分为塑料、硅酮或硅胶;金属支架可分为不锈钢支架和合金支架(钽、钴和镍钛合金等),目前以镍钛合金支架应用较多。按扩张方式分为自动膨胀式、球囊扩张式和温度控制式支架等;按是否覆膜可分为(全、半或部分)覆膜、裸支架;按支架的形态可分为筒形、“L”形及“Y”形。目前国内外使用较多的气管支架主要有 4 种,分别为 Dumon、Gianturco、Wallstent、Ultraflex 支架,国内使用较多的镍钛合金自膨式支架和 Wallstent 支架构型相似。单纯的支架治疗只能缓解症状,不能控制病变进展,从而出现了特殊设计具有局部治疗作用可降解药物缓释支架、放射性支架等。

## 2 气管支架的研究进展

### 2.1 非金属支架

#### 2.1.1 Dumon 支架 Dumon 支架由硅酮或硅胶制

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2015.02.021

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81471762);财政部、工业和信息化部成果转化项目(财[2012]258号)

作者单位:210009 南京 东南大学附属中大医院介入与血管外科

通信作者:郭金和 E-mail: jinheguo@sina.com

成,其内壁表面光滑,外壁每隔一定距离有钉状突起,借此增加摩擦系数,便于固定在狭窄段支气管;具有价格便宜、容易重新定位、移出或更换的特点。自20世纪80年代至今,在西方发达国家,特别是在欧洲已被广泛接受,应用于成人和儿童的气管、主支气管以及叶支气管的各种器质性狭窄,成为评价其他各种新型支架优劣的“金标准”。Wood等<sup>[4]</sup>回顾了自1992至2001年间植入209枚支架的143例(96例恶性气道狭窄)患者资料:77%患者狭窄率大于75%;硅酮支架使用率为87%;94%患者支架置入后呼吸系统症状明显缓解;总的并发症发生率42%,包括分泌物滞留27%,肉芽组织形成9%,支架移位5%,气管穿孔1%。Dumon-Y支架也是治疗累及气管下端、隆突区及主支气管近端的狭窄及癌常用的支架,Dutau等<sup>[5]</sup>报道了86例患者应用Dumon-Y支架,其中64例中央气道狭窄(9例同时伴有气管食管瘘),21例单纯气管食管瘘,1例隆突区坏死,平均置放时间133 d,4例患者因肿瘤进展而更换支架,1例患者发生剧烈咳嗽1周内自愈,余患者呼吸系统症状均得到缓解,无支架植入相关死亡,患者平均生存期181 d。但此款支架管壁较厚,贴壁性差,管腔小,对气流影响较大,不宜用于不规则或表面凹凸不平的气道狭窄;同时该型支架植入后破坏了纤毛黏液排送功能,分泌物滞留和黏液栓形成的概率增加。此外,Dumon支架必须在全麻下经硬质镜植入,以致其临床应用受限<sup>[6]</sup>。

**2.1.2 Polyflex 支架** Polyflex 支架属于自膨式支架,由聚酯纤维紧密编织制成,表面被覆硅酮。与Dumon支架相比,具有壁薄腔大的优点<sup>[7]</sup>,但由于外表面光滑,动物实验及小样本的临床研究均表明移位发生率较高(50%~100%)<sup>[8-9]</sup>。此后有学者对其结构进行改良,Bolliger等<sup>[10]</sup>将27个外表面带有钉状突起的新式Polyflex支架植入26例恶性气道狭窄患者,术后呼吸困难明显改善,随访1~3个月,支架移位率仅为3.7%,耐受性良好,遗憾的是此款支架最终没有上市。

## 2.2 金属支架

早期临床使用的Palmaz、Strecker等金属气管支架均为球囊扩张式支架,但是当患者咳嗽或用力呼吸时,气管壁对支架瞬间会产生较大的压力,从而导致支架变形、塌陷和移位。目前,对Palmaz支架是否适用于气道狭窄,治疗学界意见不一<sup>[11]</sup>。改进后的新一代Palmaz支架,边缘圆钝,避免陷入气道壁或肉芽组织形成,成为儿童气道狭窄治疗常选的

支架之一。虽然未成年患者使用球囊扩张式支架,植入后仍可以通过后续扩张,一定程度上与气管继续生长相协同,但支架碎片或金属丝可能会刺入临近的血管,形成致命性的气管肺动脉瘘等<sup>[12]</sup>。加之球囊扩张式气管支架植入步骤烦琐,故逐渐被自膨式金属支架替代。

**2.2.1 Gianturco 支架** 又称Z型支架,始用于1980年,由数节“Z”形网格状不锈钢丝形成的单节骨架相互连接而成。该支架的优点是支撑力强,释放时无长度变化,金属丝间距大,对气流和黏液排送功能影响小,治疗气管远端小气道的狭窄有一定的优势;缺点在于硬度较大,对气管机械性刺激强,患者不适感明显,较短的支架不易定位,组织易向裸支架内生长,不可回收,对气管瘘无效。以后出现了改进型Gianturco全覆膜或部分覆膜支架,可以用于封堵气管瘘,并可回收,但对分泌物的排出有一定的影响,尤其是当支架较长、直径较小或患者咳嗽功能减弱时,痰液可能在支架内黏附而增加气道阻力。Stockton等<sup>[13]</sup>应用Gianturco支架治疗162例恶性气道狭窄患者,无手术操作相关的患者死亡,无支架断裂、移位及痰液滞留等并发症。但由于支架硬度大、有断裂倾向,可导致致命性的大出血<sup>[14-16]</sup>。

**2.2.2 Wallstent 支架** Wallstent 支架早期是用超级钴合金制作的自膨胀式支架,现多用镍钛记忆合金丝网格状编织而成,是目前国内使用最多的气管支架。该支架具有形状记忆功能,体温下恢复记忆的形状,柔韧性较好,对管壁的剪切力小,极少引起管壁破裂穿孔,植入后允许用球囊进一步扩张支架与管腔,对分泌物排出影响较小。缺点是支架放置时长度会发生变化;组织可向支架内生长,支撑力稍弱;随着患者呼吸或咳嗽,支架长度不断变化,支架两端和气管黏膜反复摩擦,肉芽组织增生明显。Chan等<sup>[17]</sup>报道应用自膨式气管支架(67% Ultraflex, 33% Wallstent)治疗35例患者,29例(83%)患者症状即刻缓解,早期并发症率9%,晚期并发症率高达77%,包括支架移位(12.2%)、支架断裂(19.5%)、阻塞性肉芽组织(24.4%)。Wallstent和Ultraflex两种支架无显著性差异,但Wallstent支架相关的出血率(30%)和移位率(26%)明显高于Ultraflex支架。韩新巍等<sup>[18]</sup>根据气道复合狭窄的特殊解剖结构与病变特点,设计气道倒Y型一体化自膨胀式金属内支架,可有效解除气道复合性狭窄,术后所有患者呼吸困难即刻缓解,未出现与手术有关的并发症,操作简单、安全,近期疗效可靠,其远期疗效和相关并

发症有待进一步随访观察<sup>[19-22]</sup>。

**2.2.3 Ultraflex 支架** Ultraflex 支架是由镍钛合金丝针织样编织而成,质地柔软,纵向顺应性好,能适应不规则的管腔,后期扩张力强;缺点是刚释放时支撑力较弱,一旦释放,不能回收和再定位,而且价格昂贵,限制了其临床应用。Ultraflex 支架独特的编织方式允许金属丝作轴向及冠向运动,因此该支架适用于不规则、表面凸凹不平或成角的气道狭窄。Breitenbücher 等<sup>[23]</sup>对植入 Ultraflex 支架的 60 例复杂恶性气道狭窄患者进行了回顾性的分析,发现支架植入术后并发症发生率较低:黏液栓形成率 8%,肉芽组织形成率 5%,肿瘤腔内生长 5%,支架移位 5%。

## 2.3 混合型支架

**2.3.1 Dymanic 支架** 由 Freitag 等<sup>[24]</sup>模拟人气管生理解剖设计而成,呈“Y”形,结构类似人的气管,前部的硅胶内有马蹄形金属丝加强,后部模拟气管膜部为较薄的硅胶单独构成;在患者呼吸或咳嗽时,后部可向腔内突起,使患者较为舒畅,可应用于气管、隆突区和主支气管的狭窄及痿等,但受和 Dumon 支架同样原因所限,未能在临床广泛应用。

**2.3.2 AERO 支架** 一种新型的自膨式支架,融合了金属支架和硅酮支架两者的特性,优点是可在纤维支气管镜(纤支镜)下植入,容易重新定位、移出或更换。关于 AERO 支架的应用报道较少,Alveolus 公司进行了一次临床试验并作为试验用器械豁免申请的一部分,旨在评价安全性、有效性和并发症发生率等,收集了美国和欧洲 11 个医疗中心 56 例患者,植入此款混合型支架后,88%患者狭窄程度缓解 50%以上,7 d、30 d 随访呼吸困难明显好转,3 例患者见肉芽组织形成,与支架相关的并发症明显减低,AERO 支架于 2007 年 1 月获美国 FDA 批准上市<sup>[25]</sup>。

## 2.4 可降解药物缓释支架

由于传统使用的金属与非金属支架植入后会引发损伤部位的免疫反应,而且随着时间的推移支架材料逐渐老化,在体液中被腐蚀释放出的成分,对机体产生不良影响。可降解药物缓释支架能够在一定时间内保持支架的支撑性能,同时持续释放药物,以抑制内膜增生或肿瘤生长,达到预防良、恶性再狭窄的目的。诸多学者对生物可降解药物缓释支架做了大量研究,但尚处于动物实验阶段。Zhu 等<sup>[26]</sup>将丝裂霉素涂层的生物可降解支架和硅酮支架植入兔气管对比研究发现,前者可显著降低支架术后

的再狭窄,明显优于硅酮支架组,但支架的设计和药物剂量还有待进一步研究优化。Chao 等<sup>[27]</sup>用聚己酸内酯材料制成生物可降解支架,涂以抗肿瘤药物顺铂,体外测试表明可降解支架机械强度与自膨式镍钛合金 Ultraflex 支架相当,药物释放浓度稳定,持续时间大于 4 周;植入新西兰白兔体内实验发现兔气管铂药物浓度持续达 5 周以上,而且血药浓度极低,病理检查气管纤毛上皮完整,有望成为一种理想的支架,但支架植入方式、组织的相容性、体内扩张性以及机械强度等问题有待进一步解决。

## 3 支架的选择

恶性肿瘤,如支气管肺癌、食管癌、甲状腺癌、侵袭性胸腺瘤、纵隔恶性肿瘤及转移性肿瘤引起的气管壁侵犯和外压性狭窄,是气管内支架植入的首选适应证。恶性气道狭窄病因复杂,治疗前应充分认识病变的解剖部位、类型、性质及程度,选取合适材质、形状、直径、长度的支架。个体化的应用对于提高支架植入的治疗效果及并发症的预防有重要意义。在支架植入前可先行激光、高频电刀或机械挖除切割等减瘤术,以利于肿瘤的远期控制。病变距声门较近的高位气管狭窄,宜选刺激性小的硅胶支架,避免声嘶和难以忍受的异物感。对于腔外压迫引起的气道狭窄,支架仅起到重塑气管通道的作用,此种情况宜选择裸金属支架;管内型及管壁型恶性气道狭窄宜选择覆膜支架,避免裸支架的植入后肿瘤沿金属网眼的腔内生长引起再狭窄;对于气管胸膜痿或伴有气管食管痿的恶性气道狭窄患者,则必须选择覆膜支架,以封堵痿口<sup>[28-29]</sup>。一般认为,采用覆膜支架会影响呼吸道的纤毛活动和黏液清除功能,从而导致气道的分泌物堵塞,同时覆膜支架移位发生率高于裸支架,但目前采用的覆膜支架在制作时支架两端采用裸露段的方法,大大降低了支架移位和黏液滞留的发生率。支架直径通常为相邻正常段管径的 110%~120%,选择过小容易发生移位,过大会导致局部压力增大,管壁缺血坏死和继发肉芽组织增生,引起再狭窄。急症支架植入已成为解除危重恶性气道狭窄患者濒临窒息的高危状态的一项有效措施,迅速改善通气,获得继续治疗的机会<sup>[30-31]</sup>。当然,并不是所有患者置放支架都可以改善症状,例如长时间肺塌陷患者(大于 2 周),由于支架植入后管腔通畅、感染扩散反而导致病情加重<sup>[32]</sup>。



#### 4 常见并发症及预防

随着材料学的发展,虽然支架的组织相容性得到很大提高,但支架植入后仍会引起一系列的并发症,发生率的高低与支架类型和狭窄的部位以及类型有关,常见并发症有:①咳嗽、胸痛。与支架对气管黏膜的刺激、对管腔扩张、对病变组织的损伤以及影响排痰有关,多可通过止痛、祛痰等对症治疗缓解。②支架移位、断裂及咯出。非金属支架与气管壁摩擦力较小以及支架大小、位置不当常导致移位,建议术前应用 CT 及其多平面重建对狭窄段管径进行准确测量,正确评估,选择大小合适的支架<sup>[33-34]</sup>。在支架植入早期,支架尚未完全膨胀,应适当止咳,预防支架移位。恶性气道狭窄由于患者预期寿命短,很少发生断裂<sup>[35]</sup>。支架植入远期咯出常提示经治疗后肿瘤瘤体缩小,若不伴有出血、呼吸困难和感染,通常不需要特殊处理。③管腔再狭窄。主要系肿瘤腔内生长、过度生长及肉芽组织形成<sup>[36]</sup>所致,再狭窄率达 5%~45%<sup>[23,37-38]</sup>。④感染。有研究发现,支架植入治疗恶性气道狭窄术后下呼吸道感染发生率高达 32%, 风险比 3.76 (95%CI, 1.57~8.99;  $P=0.003$ )<sup>[39]</sup>; 支架植入后 3~4 周支架上菌落形成率高达 78%<sup>[40]</sup>,感染会进一步促进肉芽组织的形成,堵塞气道加重感染,形成恶性循环<sup>[41]</sup>。⑤气道大出血。这是气道支架术后最严重的并发症,虽然发生率不高,但极易导致窒息死亡;其原因很可能与支气管壁穿孔损伤周围大血管或支架金属丝对气道周围大血管的侵蚀破坏有关<sup>[14,42]</sup>。

气管支架成形术提高了恶性气道狭窄患者生活质量,但支架相关的并发症严重影响其远期疗效,患者的生存期并未得到明显延长<sup>[43-44]</sup>,目前尚缺乏理想的支架。今后将通过支架构型的改进,并与近距离放射治疗相结合研制放射性支架,减少并发症,以提高远期疗效。这种方法已经在胆管、食管取得了令人振奋的研究成果,动物实验均表明安全可行<sup>[45-46]</sup>,临床疗效肯定<sup>[47-49]</sup>,若借鉴到气管将是一个很有前景的治疗恶性气道狭窄的有效手段。

#### 【参考文献】

- [1] Bond CJ. Note on the treatment of tracheal stenosis by a new T-shaped tracheotomy tube[J]. Lancet, 1891, 1: 539.
- [2] Montgomery WW. T-tube tracheal stent[J]. Arch Otolaryngol, 1965, 82: 320 - 321.
- [3] Dumon JF. A dedicated tracheobronchial stent[J]. Chest, 1990, 97: 328 - 332.
- [4] Wood DE, Liu YH, Vallières E, et al. Airway stenting for malignant and benign tracheobronchial stenosis[J]. Ann Thorac Surg, 2003, 76: 167 - 172.
- [5] Dutau H, Toutblanc B, Lamb C, et al. Use of the dumon y-stent in the management of malignant disease involving the carina: a retrospective review of 86 patients[J]. Chest, 2004, 126: 951 - 958.
- [6] Fiorelli A, Mazzone S, Di Crescenzo VG, et al. A simple technique to control placement of Dumon stent in subglottic tracheal stenosis[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2014, 18: 390 - 392.
- [7] Silva RA, Mesquita N, Nunes PP, et al. Tracheobronchial polyflex stents for the management of benign refractory hypopharyngeal strictures[J]. World J Gastroenterol, 2012, 18: 551 - 556.
- [8] Puma F, Farabi R, Urbani M, et al. Long-term safety and tolerance of silicone and self-expandable airway stents: an experimental study[J]. Ann Thorac Surg, 2000, 69: 1030 - 1034.
- [9] Bolliger CT, Wyser C, Wu X, et al. Evaluation of a new self-expandable silicone stent in an experimental tracheal stenosis[J]. Chest, 1999, 115: 496 - 501.
- [10] Bolliger CT, Breitenbuecher A, Brutsche M, et al. Use of studded Polyflex stents in patients with neoplastic obstructions of the central airways[J]. Respiration, 2004, 71: 83 - 87.
- [11] Walser EM. Stent placement for tracheobronchial disease[J]. Eur J Radiol, 2005, 55: 321 - 330.
- [12] Miyamoto T, Ishida R, Noma M, et al. Successful surgical management of a tracheopulmonary artery fistula caused by an intratracheal expandable metal stent[J]. Jpn J Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 49: 632 - 634.
- [13] Stockton PA, Ledson MJ, Hind CR, et al. Bronchoscopic insertion of Gianturco stents for the palliation of malignant lung disease: 10 year experience[J]. Lung Cancer, 2003, 42: 113 - 117.
- [14] Nakajima Y, Kurihara Y, Niimi H, et al. Efficacy and complications of the Gianturco-Z tracheobronchial stent for malignant airway stenosis[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 1999, 22: 287 - 292.
- [15] Binkert CA, Petersen BD. Two fatal complications after parallel tracheal-esophageal stenting[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2002, 25: 144 - 147.
- [16] Asopa S, Moorjani N, Saad RA, et al. Rare and fatal complication of Gianturco tracheobronchial stent[J]. Ann Thorac Surg, 2007, 84: 1758 - 1760.
- [17] Chan AL, Juarez MM, Allen RP, et al. Do airway metallic stents for benign lesions confer too costly a benefit? [J]. BMC Pulm Med, 2008, 8: 7.
- [18] 韩新巍, 吴刚, 马骥, 等. 气道倒 Y 型一体化自膨胀式金属内支架的递送技术研究和初步临床应用[J]. 介入放射学杂志, 2007, 16: 92 - 94.
- [19] 杨正强, 施海彬, 周卫忠, 等. 全身麻醉下 Y 型金属气管支架治疗恶性气道狭窄[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 577 - 579.
- [20] 李建明, 贾广志. 倒 Y 型气道支架置入治疗复合气道病变[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 210 - 213.

- [21] 杨瑞民, 吴 刚, 韩新巍, 等. 新型 Y 形支架输送释放系统治疗气管隆突区域狭窄的临床初步应用[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41: 965 - 969.
- [22] 白旭明, 靳 勇, 谢 红, 等. 全身麻醉下气管支架置入治疗恶性气道狭窄[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46: 354 - 358.
- [23] Breitenbücher A, Chhajed PN, Brutsche MH, et al. Long-term follow-up and survival after Ultraflex stent insertion in the management of complex malignant airway stenoses[J]. *Respiration*, 2008, 75: 443 - 449.
- [24] Freitag L, Eicker R, Linz B, et al. Theoretical and experimental basis for the development of a dynamic airway stent[J]. *Eur Respir J*, 1994, 7: 2038 - 2045.
- [25] Mehta AC. AERO self-expanding hybrid stent for airway stenosis[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2008, 5: 553 - 557.
- [26] Zhu GH, Ng AH, Venkatraman SS, et al. A novel bioabsorbable drug-eluting tracheal stent[J]. *Laryngoscope*, 2011, 121: 2234 - 2239.
- [27] Chao YK, Liu KS, Wang YC, et al. Biodegradable Cisplatin-Eluting tracheal stent for malignant airway obstruction[J]. *Chest*, 2013, 144: 193 - 199.
- [28] 李宗明, 吴 刚, 韩新巍, 等. 气道 Y 型单子弹头一体化自膨式金属覆膜支架治疗右主支气管残端瘘 17 例分析[J]. 介入放射学杂志, 2013, 22: 46 - 49.
- [29] Han XW, Wu G, Li YD, et al. A novel approach: treatment of bronchial stump fistula with a plugged, Bullet-Shaped, angled stent[J]. *Ann Thorac Surg*, 2006, 81: 1867 - 1871.
- [30] 席 玮, 顾连兵, 陈 骏, 等. 气管内支架置入抢救气管重度狭窄性急性呼吸困难[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 507 - 509.
- [31] 魏 宁, 徐 浩, 祖茂衡, 等. 气管支架置入术在老年重症气管恶性狭窄患者治疗中的应用[J]. 中华老年医学杂志, 2013, 32: 1316 - 1318.
- [32] Makris D, Marquette CH. Tracheobronchial stenting and central airway replacement[J]. *Curr Opin Pulm Med*, 2007, 13: 278 - 283.
- [33] 王征宇, 王永利, 陈光利, 等. 可回收全覆膜金属支架治疗良性气管狭窄的并发症及处理[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2012, 35: 819 - 823.
- [34] Nair A, Godoy MC, Holden EL, et al. Multidetector CT and postprocessing in planning and assisting in minimally invasive bronchoscopic airway interventions[J]. *Radiographics*, 2012, 32: E201 - E232.
- [35] Chung FT, Lin SM, Chen HC, et al. Factors leading to tracheobronchial self-expandable metallic stent fracture[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2008, 136: 1328 - 1335.
- [36] Grewe PH, Müller KM, Lindstaedt M, et al. Reaction patterns of the tracheobronchial wall to implanted noncovered metal stents[J]. *Chest*, 2005, 128: 986 - 990.
- [37] Miyazawa T, Yamakido M, Ikeda S, et al. Implantation of ultraflex nitinol stents in malignant tracheobronchial stenoses[J]. *Chest*, 2000, 118: 959 - 965.
- [38] Profili S, Manca A, Feo CF, et al. Palliative airway stenting performed under radiological guidance and local anesthesia[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2006, 30: 74 - 78.
- [39] Grosu HB, Eapen GA, Morice RC, et al. Stents are associated with increased risk of respiratory infections in patients undergoing airway interventions for malignant airways disease[J]. *Chest*, 2013, 144: 441 - 449.
- [40] Noppen M, Piérard D, Meysman M, et al. Bacterial colonization of central airways after stenting[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 160: 672 - 677.
- [41] Ost DE, Shah AM, Lei X, et al. Respiratory infections increase the risk of granulation tissue formation following airway stenting in patients with malignant airway obstruction[J]. *Chest*, 2012, 141: 1473 - 1481.
- [42] Shiraishi T, Shirakusa T, Ninomiya H, et al. Penetration to the aortic wall by a metallic airway stent. A successfully treated case with left pneumonectomy and aortic repair[J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2005, 46: 473 - 475.
- [43] Rajeev P, Ezzat T, Slade M, et al. Tracheal stenting has minimal impact on survival in anaplastic thyroid carcinoma[J]. *World J Surg*, 2013, 37: 2589 - 2593.
- [44] Kim JH, Shin JH, Song HY, et al. Palliative treatment of inoperable malignant tracheobronchial obstruction: temporary stenting combined with radiation therapy and/or chemotherapy[J]. *Am J Roentgenol*, 2009, 193: W38 - W42.
- [45] 陈 旭, 朱光宇, 滕皋军, 等. 胆管内照射支架应用的实验研究[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 399 - 404.
- [46] Guo JH, Teng GJ, Zhu GY, et al. Self-expandable stent loaded with <sup>125</sup>I seeds: feasibility and safety in a rabbit model[J]. *Eur J Radiol*, 2007, 61: 356 - 361.
- [47] Zhu HD, Guo JH, Zhu GY, et al. A novel biliary stent loaded with <sup>125</sup>I seeds in patients with malignant biliary obstruction: preliminary results versus a conventional biliary stent[J]. *J Hepatol*, 2012, 56: 1104 - 1111.
- [48] Guo JH, Teng GJ, Zhu GY, et al. Self-expandable esophageal stent loaded with <sup>125</sup>I seeds: initial experience in patients with advanced esophageal cancer[J]. *Radiology*, 2008, 247: 574 - 581.
- [49] Zhu HD, Guo JH, Mao AW, et al. Conventional stents versus stents loaded with <sup>125</sup>Iodine seeds for the treatment of unresectable oesophageal cancer: a multicentre, randomised phase 3 trial[J]. *Lancet Oncol*, 2014, 15: 612 - 619.

(收稿日期:2014-04-17)

(本文编辑:俞瑞纲)