

· 非血管介入 Non-vascular intervention ·

¹²⁵I 粒子气管支架与普通气管支架治疗食管癌所致恶性气道梗阻的对照研究

王 勇, 陆 建, 陈 荔, 朱光宇, 郭金和

【摘要】目的 比较 ¹²⁵I 粒子气管支架与普通气管支架治疗食管癌所致恶性气道梗阻的有效性。**方法** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2018 年 1 月食管癌所致恶性气道狭窄行支架置入的患者 46 例, 其中接受 ¹²⁵I 粒子气管支架置入 24 例, 接受普通气管支架置入 22 例。主要分析指标为总生存时间(OS), 次要指标为技术成功率、气道狭窄程度、症状缓解、安全性。**结果** 中位随访时间 155 d(全距, 15~270 d)。两组支架置入的技术成功率均为 100%。支架置入后, ¹²⁵I 粒子支架组患者的平均狭窄程度由术前 3.00 下降到 0.95, 普通支架组由术前 3.13 下降到 0.96(两组手术前后比较, $P<0.001$)。两组患者术后呼吸困难症状均得到明显缓解。¹²⁵I 粒子支架组的患者 mOS 明显长于普通支架组(156 d 比 103 d, $P=0.005$)。两组的并发症发生率无显著差异(20.5% 比 27.3%, $P=0.374$)。**结论** ¹²⁵I 粒子气管支架置入治疗食管恶性气道狭窄技术可行、安全, 相较于普通气管支架能延长患者总生存时间。

【关键词】 恶性气道狭窄; 支架; 碘粒子

中图分类号: R714 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2020)-02-0159-06

Tracheal stent loaded with ¹²⁵I seeds versus conventional tracheal stent for the treatment of malignant airway obstruction caused by esophageal cancer: a control study WANG Yong, LU Jian, CHEN Li, ZHU Guangyu, GUO Jinhe. Department of Intervention and Vascular Surgery, Affiliated Zhongda Hospital, Southeast University, Nanjing, Jiangsu Province 210009, China

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

【Abstract】Objective To compare the curative effect of tracheal stent loaded with ¹²⁵I seeds with that of conventional tracheal stent in treating malignant airway obstruction caused by esophageal cancer. **Methods** From January 2014 to January 2018, tracheal stent implantation was performed in 46 patients with malignant airway obstruction caused by esophageal cancer. Of the 46 patients, implantation of tracheal stent loaded with ¹²⁵I seeds was employed in 24(study group) and implantation of conventional tracheal stent was used in 22(control group). The main analytical index was overall survival(OS) time, and the secondary indexes included technical success rate, airway stenosis degree, improvement of symptoms and clinical safety. **Results** The median follow-up time was 155 days(ranging from 15 to 270 days). The technical success rate was 100% in both groups. After implantation of stent, the average degree of stenosis in the study group decreased from preoperative 3.00 to postoperative 0.95, while in the control group the average degree of stenosis decreased from preoperative 3.13 to postoperative 0.96($P<0.001$). The symptom of dyspnea was improved in both groups. The median OS in the study group was 156 days, which was significantly longer than 103 days in the control group($P=0.005$). No statistically significant difference in the incidence of complications existed between the two groups(20.5% versus 27.3%, $P=0.374$). **Conclusion** For the treatment of malignant airway obstruction caused by esophageal cancer, the implantation of tracheal stent loaded with ¹²⁵I seeds is technically feasible and clinically safe. Compared with conventional tracheal stent,

DOI: 10.3969/j.issn. 1008-794X. 2020.02.009

基金项目: 国家重大科研仪器研制项目(81827805)

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

the stent loaded with ^{125}I seeds can prolong the OS time of patients. (J Intervent Radiol, 2020, 29: 159-164)

【Key words】 malignant airway obstruction; stent; ^{125}I seed

食管癌是我国常见的恶性肿瘤,发病率居第 6 位,死亡率第 4^[1]。晚期食管癌常通过直接浸润或淋巴结转移累及中央气道,造成恶性气道狭窄,导致患者出现不同程度的呼吸困难、一般状况恶化甚至窒息死亡^[2-3]。根据指南规定,食管癌一旦侵及气管,此类患者即失去根治性手术切除机会,只能接受激光治疗、高频电刀、氩等离子凝固体、冷冻、光动力治疗、近距离治疗等姑息性治疗手段^[3-5]。

支架置入治疗恶性气道狭窄安全、有效,可迅速开通狭窄的气管,缓解呼吸困难症状^[6]。然而,肿瘤组织可通过支架网眼浸润或蔓延至支架两端,逐渐发展为支架再狭窄,发生率 5%~45%^[7-9]。既往有研究报道在支架置入术后联合外放疗,可一定程度上延长患者生存时间^[10-12]。但 37% 患者因难以耐受并发症而无法完成整个疗程,且超过三分之一的患者最终会因肿瘤进展死于窒息^[11]。 ^{125}I 粒子支架已成功用于晚期食管癌所致吞咽困难的治疗^[13-15]。多中心随机对照研究证实其可有效抑制支架后再狭窄,延长患者总生存时间。前期动物实验证实 ^{125}I 粒子气管支架置入技术可行、安全^[16]。单中心随机对照研究证实 ^{125}I 粒子气管支架可有效治疗主要由肺癌所致的气道恶性狭窄^[17]。本研究拟比较 ^{125}I 粒子气管支架与普通气管支架治疗食管癌所致恶性气道狭窄的有效性。

1 材料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2014 年 1 月至 2018 年 1 月收治的食管癌所致恶性气道狭窄行支架置入的患者资料。纳入条件包括:①18~80 周岁;②经病理证实食管癌所致的外压型或混合型气管狭窄;③狭窄位置位于主支气管或左/右支气管;④呼吸困难 Hough-Jones III~IV 级^[7]。排除条件包括:①良性气道狭窄;②存在气管穿孔;③既往接受过外放疗、支架置入。依据以上标准,共计筛选出 46 例患者,其中接受 ^{125}I 粒子支架置入治疗的 24 例,接受普通支架置入的 22 例。两组患者的主要基线资料如表 1 所示。

1.2 方法

1.2.1 支架置入 术前常规进行支气管镜检查,以评估气道狭窄程度。两组患者接受置入的支架均来

表 1 两组患者基线特征

项目	粒子支架组 (n=24)	普通支架组 (n=22)	P 值
年龄/岁	62.18 ± 6.04	61.58 ± 5.58	0.597
性别/n			0.563
男	18	16	
女	6	6	
ECOG 评分/n			0.786
2	5	7	
3	14	15	
4	3	2	
狭窄位置/n			0.288
主/左/右支气管	6	7	
主+右/主+左	5	8	
主+右+左	13	7	
狭窄程度/n			0.859
2	4	2	
3	14	15	
4	4	3	
5	2	2	
呼吸困难评分/n			0.605
2	13	13	
3	6	3	
4	5	6	
实验室检查*			
白细胞计数 / $\times 10^9/\text{L}$	7.43 ± 4.04	9.15 ± 3.74	0.143
免疫球蛋白 A/(g/L)	2.78 ± 1.24	2.71 ± 0.72	0.814
免疫球蛋白 G/(g/L)	11.36 ± 3.74	12.40 ± 3.26	0.307
免疫球蛋白 M/(g/L)	1.53 ± 0.71	1.37 ± 0.58	0.418

此表数据以平均数 ± 标准差表示;除单独说明,采用秩和检验;* 独立样本 t 检验

自于南京微创医学科技股份有限公司。支架形状包括“L”型、“I”型、“Y”型。其中气管粒子支架表面携带有可装载 ^{125}I 放射性粒子的粒子仓(6.0 mm × 1.3 mm)。粒子选用原子高科股份有限公司生产的 6711 型 ^{125}I 密封粒子,半衰期 59.4 d,软组织半值层 17 mm,主要能量来自 35.5 keV γ 射线。所需粒子活度、数目、分布依据术前治疗计划系统(TPS,北京启麟科技有限公司)。

术中在 DSA 引导下,全麻后将留置 0.035 英寸导丝的支架输送系统经气管插管套管置入到预定位置,完全覆盖狭窄段后回撤外套管,释放支架,随即撤出支架输送装置(“L”型、“I”型)。“Y”型气管粒子支架输送系统需留置 2 根 0.035 英寸导丝,同时进入左右支气管,回撤输送系统外套管至支架左右分支叉处,沿导丝进入左右支气管后释放。普通支

架组的支架置入过程,除粒子安装外,其余与粒子支架步骤相同。

支架置入术后 1 周,患者常规雾化吸入布地奈德(4 000 U),地塞米松(10 mg)和异丙托溴铵(500 μ g)。 ^{125}I 粒子支架组患者术后的放射防护措施依据国际放射防护委员会相关标准^[18]。术者在置入过程中穿戴铅衣、铅围脖、铅手套和铅眼镜。所有接受粒子支架置入的患者安置于粒子专用防护病房。陪伴家属与患者保持 1 米的安全距离。

1.2.2 随访 所有患者在支架置入术后 3 d 接受支气管镜检查,以评估支架在位和扩张状况。随访人员每月通过电话随访患者一般状况。所有患者在接受治疗后,每月及出现呼吸困难症状时进行影像学检查和实验室检查。随访项目包括气管狭窄相关症状,实验室检查(白细胞、免疫球蛋白),增强 CT 检查。其中接受 ^{125}I 粒子支架置入的患者术后第 1 及第 3 个月接受 SPECT 检查。

1.2.3 疗效及不良反应评价标准 主要分析指标为总生存时间(OS),次要指标为技术成功率、症状缓解、安全性。OS 定义为自患者接受支架置入至死亡或末次随访的时间间隔。狭窄程度根据横断面 CT 图像分为 5 级:1、2、3、4 级分别为 25%、50%、75%、90% 程度狭窄,5 级为完全闭塞^[19]。技术成功率定义为支架成功置入目标位置,并扩张完全。相关不良反应和并发症的评估和分级参照通用不良事件术语标准 4.0 版(Common Terminology Criteria Adverse Events Version 4.0, CTCAE V4.0)。 ^{125}I 粒子支架可能的相关并发症包括白细胞减少,免疫球蛋白 IgA、IgG、IgM 下降,放射性粒子移位等。白细胞减少定义为外周血白细胞计数 $< 4\ 000/\text{mm}^3$ 。 ^{125}I 粒子移位定义为通过 X 线平片、CT 或 SPECT 发现在非靶区出现粒子影像或放射性浓聚。

1.3 统计学分析

分类变量以频数和百分比表示,连续变量采用均数 \pm 标准差或中位数[95%置信区间(CI)]表示。性别、体力状况评分(Eastern Cooperative Oncology Group, ECOG)、病变位置、狭窄程度和呼吸困难采用秩和检验。年龄和实验室检查采用独立样本 t 检验。组内实验室检查及 ECOG 评分术前及术后的比较采用秩和检验。两组之间的术前、术后差异比较采用曼-惠特尼检验。并发症分析采用 Fisher 精确检验。采用 Kaplan-Meier 生存曲线分析患者的生存时间。 $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。所有分析均基于 SPSS19.0 软件。

2 结果

2.1 一般结果

两组支架初次置入成功率均为 100%(图 1)。 ^{125}I 粒子支架组共计置入“I”型支架 5 枚、“L”型 13 枚、“Y”型 6 枚;普通支架组共计置入“I”型支架 7 枚、“L”型 8 枚、“Y”型 7 枚。参考点(^{125}I 粒子表面 10 mm 处)周边匹配剂量(matched peripheral dose, MPD)范围为 35~45 Gy。两组患者的 ECOG 评分在支架植入术后 3 d 均显著下降(表 2)。组内术前、术后及两组之间的白细胞和免疫球蛋白计数均无明显差异(表 2)。 ^{125}I 粒子支架组有 5 例肺不张患者(83.3%)完全缓解,1 例(16.7%)部分缓解。普通支架组有 6 例肺不张患者(85.7%)完全缓解,1 例(14.3%)部分缓解。支架置入术后, ^{125}I 粒子支架组 2 例患者接受化疗;普通支架组 2 例接受外放疗,1 例接受化疗。

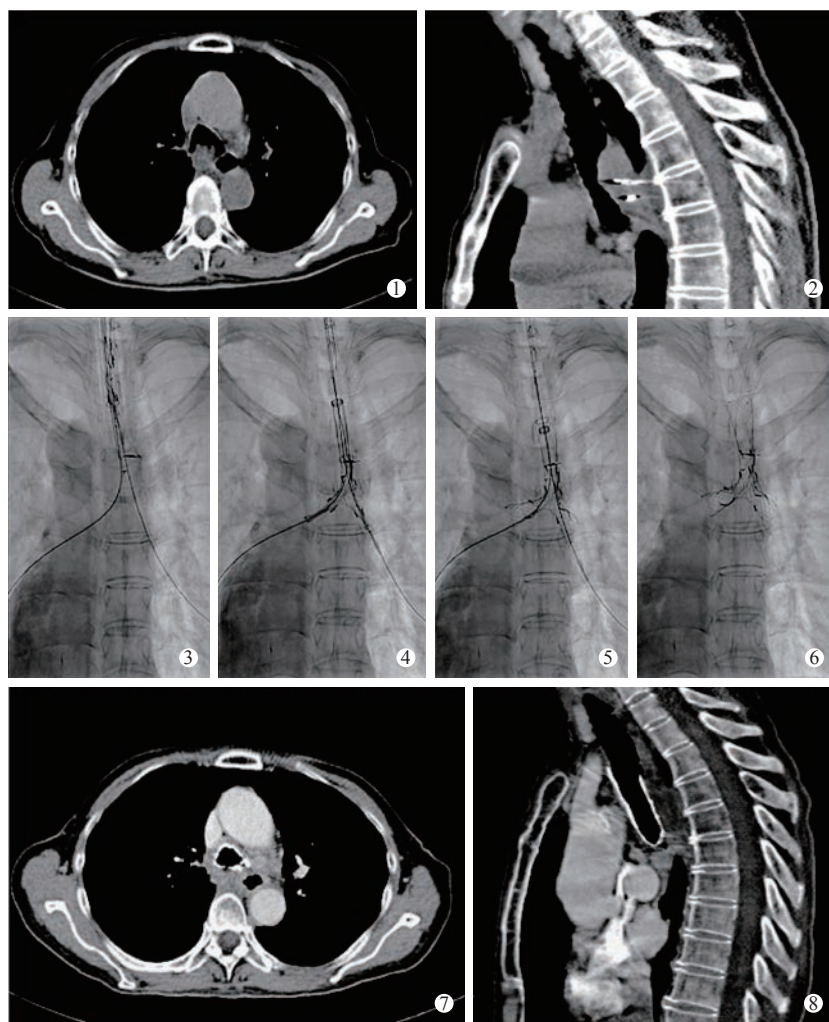
表 2 两组患者实验室检查结果

参数	粒子支架组 (n=24)	普通支架组 (n=22)	P 值
白细胞计数($\times 10^9/\text{L}$)	62.18 \pm 6.04	61.58 \pm 5.58	0.350 [#]
术前	7.33 \pm 4.15	9.15 \pm 3.74	
术后	8.16 \pm 4.12	9.38 \pm 3.77	
P 值	0.080 [*]	0.473 [*]	
免疫球蛋白 A(g/L)			0.741 [#]
术前	2.78 \pm 1.24	2.71 \pm 0.72	
术后	2.82 \pm 1.33	3.04 \pm 0.89	
P 值	0.873 [*]	0.926 [*]	
免疫球蛋白 G(g/L)			0.410 [#]
术前	11.31 \pm 3.41	12.40 \pm 3.45	
术后	11.51 \pm 2.93	12.63 \pm 3.56	
P 值	0.779 [*]	0.802 [*]	
免疫球蛋白 M(g/L)			0.366 [#]
术前	1.58 \pm 0.72	1.37 \pm 0.58	
术后	1.65 \pm 0.58	1.61 \pm 0.74	
P 值	0.683 [*]	0.052 [*]	
ECOG 评分			
术前	2.79 \pm 0.59	2.91 \pm 0.61	0.852 [#]
术后	2.29 \pm 1.08	2.45 \pm 1.01	
P 值	0.020 [*]	0.015 [*]	

此表数据以平均数 \pm 标准差表示;[#] 组内术前、术后数据比较采用秩和检验;^{*} 两组之间比较(术前术后差值)采用曼-惠特尼检验

2.2 主要终点结果

截至随访终点,38 例患者死亡(^{125}I 粒子支架组 19 例,普通支架组 19 例),中位随访时间 155 d(全距,15~270 d)。 ^{125}I 粒子支架组 30 d 病死率为 4.2%,普通支架组为 4.5%($P=0.733$)。 ^{125}I 粒子支架组患者中位生存时间为 156 d(95%CI: 66, 140),普



67 岁女性,呼吸困难 1 周入院。食管癌根治术后 2 年,1 年前因颈部淋巴结转移而行放、化疗:①② CT 扫描横断面及矢状面示纵隔淋巴结多发转移,气管受侵;③~⑥ DSA 下行“Y”型气管粒子支架置入术,术中支架输送系统经 2 根 0.035 英寸导丝,同时进入左右支气管,回撤输送系统外套管至支架左右分支叉处,沿导丝进入左右支气管后释放;⑦⑧ 术后 4 个月 CT 复查,横断面及矢状面显示支架在位通畅。

图 1 支架置入过程示意

通支架组中位生存时间为 103 d (95%CI: 125, 187) ($P=0.005$)。 ^{125}I 粒子支架组患者术后 3 个月和 6 个月生存率分别为 65.6% 和 44.1%,普通支架组患者术后 3 个月和 6 个月生存率分别为 40.7% 和 5.8% ($P=0.005$) (图 2)。 ^{125}I 粒子支架组 2 例患者死于咯血、2 例死于肺部感染、15 例死于多器官功能衰竭;普通支架组 1 例患者死于咯血、4 例死于肺部感染、14 例死于多脏器功能衰竭。

2.3 次要终点结果

两组患者的气管狭窄程度在支架置入术后均明显缓解。术后 3 d,气管镜检查显示所有支架均完全释放且无移位, ^{125}I 粒子支架组患者的平均狭窄程度由 3.00 下降到 0.95 ($P<0.001$),普通支架组由 3.13 下降到 0.96 ($P<0.001$)。 ^{125}I 粒子支架组支架再狭窄率为 16.7% (4/24),普通支架组为 40.1% (9/22)

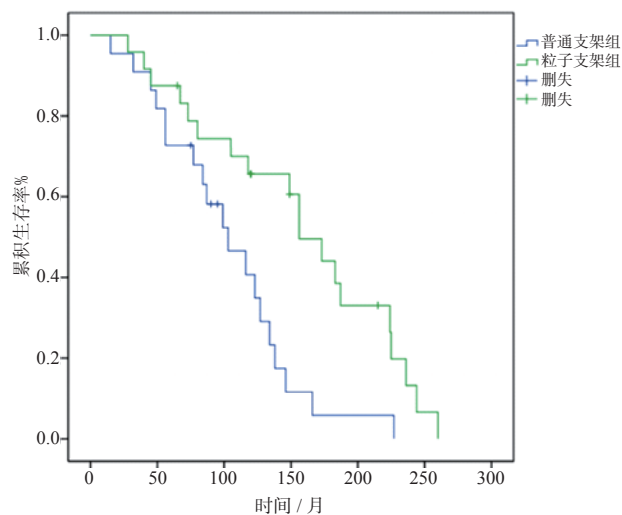


图 2 生存曲线

($P=0.067$)。出现再狭窄的患者中有 8 例(^{125}I 粒子

支架组 3 例,普通支架组 5 例)接受 2 次支架置入,均为普通支架。5 例患者(^{125}I 粒子支架组 1 例,普通支架组 4 例)由于一般状况差或主观拒绝未行 2 次支架置入。

两组总体并发症发生率分别为 50.0% 和 59.1% ($P=0.374$),其中 CTCAE ≥ 3 级并发症发生率分别

为 20.8% 和 27.3% ($P=0.434$)。 ^{125}I 粒子支架组观察到的 3 级以上并发症包括 3 例肺部感染、2 例咯血。普通支架组观察到的 3 级以上并发症包括 1 例气管食管瘘、2 例肺部感染、3 例咯血(表 3)。 ^{125}I 粒子支架置入过程未出现 ^{125}I 粒子丢失或移位,术后 SPECT 随访未发现 ^{125}I 粒子移位。

表 3 两组并发症发生情况比较

并发症	粒子支架组 (n= 24)				普通支架组 (n=22)				P 值
	总数	CTCAE 分级			总数	CTCAE 分级			
		1	2	≥ 3		1	2	≥ 3	
胸痛	2	1	1	0	2	1	1	0	0.679
气管食管瘘	1	0	1	0	1	0	0	1	0.488
肺部感染	5	0	2	3	4	0	2	2	0.468
支架移位	0	0	0	0	0	0	0	0	/
咯血	4	1	1	2	6	1	2	3	0.721
总计	12	2	5	5	13	2	5	6	0.374

Fisher 精确检验

3 讨论

晚期食管癌患者一经合并恶性气道狭窄,无法行根治性治疗,生存质量极低、生存时间亦极短^[5]。系统化疗是食管癌合并气道狭窄患者的标准治疗手段,但由于一般状况太差,患者往往难以耐受化疗,且化疗无法立即开通狭窄气道、快速缓解呼吸困难症状^[20]。尽管外放疗有助于缓解症状,但起效迟缓且远期疗效不明确。此外,外放疗还可能造成水肿从而加重气道狭窄^[11]。相比之下,自膨式金属支架置入可以快速开通气道、缓解呼吸困难^[6]。但因普通支架无法控制肿瘤生长,术后 3 个月内再狭窄率高达 24%^[7],且无法有效延长患者生存时间^[21]。国内学者设计出可携带 ^{125}I 粒子支架,成功应用于晚期食管癌、恶性胆道梗阻、门静脉癌栓的治疗^[13-15,22-23]。理论上,该放射性支架具备同时开通腔道和近距离治疗肿瘤的双重作用^[24-25]。

本研究中, ^{125}I 粒子支架置入成功率 100%,且未发现 ^{125}I 粒子丢失或移位。所有粒子支架在置入术后 3 d 均完全扩张,两组的平均狭窄程度在术后均得到明显缓解,术后 SPECT 检查未发现粒子移位。以上结果证明该气管 ^{125}I 粒子支架结构设计合理,置入技术可行,可快速缓解患者呼吸困难症状。

既往有研究报道在支架置入后联合外放疗治疗不可切除恶性气道狭窄,但中位生存时间仅 3.44 个月^[11]。本研究中,粒子支架组患者的中位生存时间为 156 d,显著长于普通支架组的 103 d,也优于既往文献报道数据^[3,26-27]。这可能是因为支架所载放射

性 ^{125}I 粒子可以有效抑制肿瘤生长,降低支架再狭窄率有关。

长期低剂量率照射可能导致白细胞和免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)减少^[28-29]。而本研究中白细胞计数和免疫球蛋白水平在术后未出现明显下降。这可能是因为不同的放射性核素、照射技术会导致不同程度的组织反应^[30]。两组 3 级以上严重并发症发生率相当,表明 ^{125}I 粒子支架并未增加治疗相关不良反应。

综上所述, ^{125}I 粒子气管支架置入治疗食管癌所致恶性气道狭窄技术可行、安全,相较于普通气管支架能延长患者总生存时间。本研究的不足之处在于回顾性分析、样本量较小,需进行大样本的、前瞻性、随机、对照研究进一步证实 ^{125}I 粒子支架治疗食管癌所致恶性气道狭窄的确切疗效。

[参考文献]

- [1] Chen W, Sun K, Zheng R, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2014[J]. Chin J Cancer Res, 2018, 30: 1-12.
- [2] Ernst A, Simoff M, Ost D, et al. Prospective risk-adjusted morbidity and mortality outcome analysis after therapeutic bronchoscopic procedures: results of a multi-institutional outcomes database[J]. Chest, 2008, 134: 514-519.
- [3] Ost DE, Ernst A, Grosu HB, et al. Complications following therapeutic bronchoscopy for malignant central airway obstruction: results of the AQuIRE registry[J]. Chest, 2015, 148: 450-471.
- [4] Ost DE, Ernst A, Grosu HB, et al. Therapeutic bronchoscopy for malignant central airway obstruction success rates and impact on

- dyspnea and quality of life[J]. *Chest*, 2015, 148: 1282-1298.
- [5] Lagergren J, Smyth E, Cunningham D, et al. Oesophageal cancer[J]. *Lancet*, 2017, 390: 2383-2396.
- [6] Freitag L, Gordes M, Zarogoulidis P, et al. Towards individualized tracheobronchial stents: technical, practical and legal considerations[J]. *Respiration*, 2017, 94: 442-456.
- [7] Miyazawa T, Yamakido M, Ikeda S, et al. Implantation of ultraflex nitinol stents in malignant tracheobronchial stenoses[J]. *Chest*, 2000, 118: 959-965.
- [8] Breitenbucher 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.
- [9] 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.
- [10] 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]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 193: W38-W42.
- [11] Rochet N, Hauswald H, Schmaus M, et al. Safety and efficacy of thoracic external beam radiotherapy after airway stenting in malignant airway obstruction[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 83: e129-e135.
- [12] Saji H, Furukawa K, Tsutsui H, et al. Outcomes of airway stenting for advanced lung cancer with central airway obstruction[J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2010, 11: 425-428.
- [13] Guo JH, Teng GJ, Zhu GY, et al. Self-expandable esophageal stent loaded with ^{125}I seeds: initial experience in patients with advanced esophageal cancer[J]. *Radiology*, 2008, 247: 574-581.
- [14] Zhu HD, Guo JH, Zhu GY, et al. A novel biliary stent loaded with ^{125}I seeds in patients with malignant biliary obstruction: preliminary results versus a conventional biliary stent[J]. *J Hepatol*, 2012, 56: 1104-1111.
- [15] Zhu HD, Guo JH, Mao AW, et al. Conventional stents versus stents loaded with ^{125}I seeds for the treatment of unresectable oesophageal cancer: a multicentre, randomised phase 3 trial[J]. *Lancet Oncol*, 2014, 15: 612-619.
- [16] Wang Y, Guo JH, Zhu GY, et al. A novel self-expandable, radioactive airway stent loaded with ^{125}I seeds: a feasibility and safety study in healthy beagle dog[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2017, 40: 1086-1093.
- [17] Wang Y, Lu J, Guo JH, et al. A novel tracheobronchial stent loaded with ^{125}I seeds in patients with malignant airway obstruction compared to a conventional stent: a prospective randomized controlled study[J]. *EBioMedicine*, 2018, 33: 269-275.
- [18] Vano E, Rosenstein M, Liniecki J, et al. ICRP publication 113. Education and training in radiological protection for diagnostic and interventional procedures[J]. *Ann ICRP*, 2009, 39: 7-68.
- [19] Freitag L, Ernst A, Unger M, et al. A proposed classification system of central airway stenosis[J]. *Eur Respir J*, 2007, 30: 7-12.
- [20] Celikoglu F, Celikoglu SI, Goldberg EP. Bronchoscopic intratumoral chemotherapy of lung cancer[J]. *Lung Cancer*, 2008, 61: 1-12.
- [21] 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.
- [22] Lu J, Guo JH, Zhu HD, et al. Safety and efficacy of irradiation stent placement for malignant portal vein thrombus combined with transarterial chemoembolization for hepatocellular carcinoma: a single-center experience[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2017, 28: 786. e3-794. e3.
- [23] Zhu HD, Guo JH, Huang M, et al. Irradiation stents vs. conventional metal stents for unresectable malignant biliary obstruction: a multicentre trial[J]. *J Hepatol*, 2018, 68: 970-977.
- [24] 魏 宁, 陈启鸿, 徐 浩, 等. 通气导管辅助下 ^{125}I 支架置入术治疗恶性气道狭窄 24 例[J]. *介入放射学杂志*, 2017, 26: 1118-1121.
- [25] 赖光湖, 窦 娟, 吴小明, 等. ^{125}I 放射性粒子食管支架治疗进展期食管癌的生活质量评价[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27: 842-846.
- [26] Gorden JA, Ernst A. Endoscopic management of central airway obstruction[J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2009, 21: 263-273.
- [27] Saad CP, Murthy S, Krizmanich G, et al. Self-expandable metallic airway stents and flexible bronchoscopy: long-term outcomes analysis[J]. *Chest*, 2003, 124: 1993-1999.
- [28] McDermott CE, Gengozian N. The effect of low exposure-rate gamma irradiation on T and B lymphocyte function in the mouse[J]. *Int J Radiat Biol Relat Stud Phys Chem Med*, 1980, 37: 415-428.
- [29] Serhatlioglu S, Ogur E, Ozan AT, et al. Biochemical and immunological effects of ionizing radiation in radiology staff members[J]. *Tani Girisim Radyol*, 2004, 10: 97-102.
- [30] Guo JH, Teng GJ, Zhu GY, et al. Self-expandable stent loaded with ^{125}I seeds: feasibility and safety in a rabbit model[J]. *Eur J Radiol*, 2007, 61: 356-361.

(收稿日期: 2019-03-11)

(本文编辑: 俞瑞纲)