

• 综 述 General review •

食管支架治疗晚期食管癌的研究进展

徐浩洋, 朱悦琦, 程英升

【摘要】 食管支架植入是临床应用最广泛的缓解恶性食管梗阻的治疗方法。在多项生物技术进步的推动下,食管支架的应用在过去几年中经历了巨大的变化,因此深入了解各类食管支架的机械性能和材料特性是至关重要的。越来越多的临床证据表明,食管支架拥有卓越的原位药物靶向递送能力,特别是¹²⁵I放射性食管支架,让医师能够选择更加适合患者情况的个体化诊疗方案,显著提升了治疗的精准性。该文系统地阐述了不同食管支架各自的优势、面临的最大问题以及癌症治疗方面的最新进展,涵盖实验和临床研究,旨在详细介绍各类食管支架设计思路及作用原理,讨论覆膜、载药等支架表面改性技术的发展前景,并对其缓解食管恶性梗阻的有效性和安全性做出判别。

【关键词】 食管支架;食管癌;介入治疗;经口食管支架植入术

中图分类号:R735.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-12-1367-06

Research progress in esophageal stenting for the treatment of advanced esophageal cancer XU Haoyang, ZHU Yueqi, CHENG Yingsheng. Department of Radiology, Affiliated Shanghai Sixth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: CHENG Yingsheng, E-mail: chengyingsheng@hotmail.com

【Abstract】 Esophageal stent implantation is the most commonly used clinical treatment for malignant esophageal obstruction. Driven by several biotechnological advances, great progress has been made in the clinical application of esophageal stents in the past few years. Therefore, it is extremely important for interventional physicians to have a thorough understanding of the mechanical properties and material properties of various esophageal stents. More and more clinical evidences indicate that esophageal stents, especially ¹²⁵I radioactive esophageal stent, possess exceptional targeted drug delivery capabilities, which enables the physicians to formulated an individualized diagnosis and treatment plan that is more suitable for the patient's situation, so as to significantly improve the therapeutic accuracy. This review aims to systematically introduce the respective advantages of different esophageal stents, to discuss the biggest problems faced in the current clinical work, and to summarize the latest advances in cancer treatment, including the fields of both basic experimental study and clinical research. This review also explicates the design ideas and working principles of various esophageal stents in detail, discusses the development prospect of stent surface modification technology such as covered stents and drug-eluting stents, and makes judgment of the effectiveness and safety of these types of stents in alleviating malignant esophageal obstruction.

【Key words】 esophageal stent; esophageal cancer; interventional therapy; transoral esophageal stent implantation

食管癌(esophageal cancer, EC)是一种常见的消化道恶性肿瘤,其死亡率居全球恶性肿瘤第6位,发病率位居第7位^[1]。全球范围内,东亚男性年

龄标准化发病率为17.9/10万人,为食管癌发病率最高的人群^[2]。我国是食管癌的高发地区,而肥胖、幽门螺杆菌感染、胃食管反流等疾病的高患病率进

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.12.019

基金项目:国家自然科学基金资助项目(81971714)

作者单位:200233 上海 上海交通大学医学院附属上海市第六人民医院放射科

通信作者:程英升 E-mail: chengyingsheng@hotmail.com

一步导致食管癌发病人数居高不下^[3]。

食管恶性梗阻所致的进行性吞咽困难是晚期食管癌的主要症状,超过一半的患者因吞咽不适而就医时已发展为晚期食管癌,失去了手术切除的机会^[4]。部分患者因营养不良或全身性疾病无法耐受标准剂量的放/化疗,因此经口食管支架植入术是缓解晚期食管癌患者食管恶性梗阻的最佳选择^[5-6]。一项纳入 204 例患者的病例对照研究显示,在过去的 20 年中,对于无法手术切除的恶性食管梗阻患者放置食管支架的数量呈增加趋势,接受食管支架植入与接受放疗或化疗在总生存期上差异无统计学意义^[7]。并且食管支架植入在患者总生存期、营养状况、感染风险以及对后续放化疗的耐受程度上均优于传统的胃/空肠造瘘术,临床上已经取代传统方法成为首选^[5,8]。

随着医疗技术发展研究的进一步深入,食管支架也快速更新迭代,目前,已经开发了自膨支架、可吸收支架、3D 打印支架、药物洗脱支架、抗反流支架等多种食管支架用于晚期食管癌的姑息性治疗,其有效性在临床或动物实验中得到了验证^[5]。但目前对于如何选择食管支架以达到最佳的治疗效果尚未达成统一的共识,选择何种支架对患者的预后更有益仍待进一步研究。

1 自膨支架

1.1 金属自膨支架

金属自膨支架(self-expanding metal stents, SEMS)是最早用于治疗食管恶性梗阻的支架,具有安全、径向支撑力强、在影像设备下显像清晰、患者接受率高等优势,已被广泛应用于临床^[9]。SEMS 大部分采用镍钛诺作为构成支架的主要材料,该材料具有强度高、径向支撑力强、不易腐蚀等诸多优势。金属自膨支架是一种简单、安全、快速、有效的治疗方法,一项Ⅲ期、多中心、前瞻性、单盲、随机对照试验显示,治疗后大于 70% 患者的吞咽困难由重度改善至中度甚至无吞咽困难,随访期内未发生穿孔、食物嵌塞或支架相关死亡,患者生活质量显著提高^[10]。传统金属自膨支架多为单层结构,但目前已经学者开始设计以新型双层镍钛诺(Niti-S)为主体的金属自膨支架,其能提供更强的径向支撑力,在改善患者的生存时间及预后方面有着明显的优势^[11]。但 SEMS 也有其不可避免的缺陷,一方面金属支架作为外源性植入物会引起局部食管黏膜的慢性炎症,早期引发局部水肿,影响患者进食,晚期则

导致肉芽肿以及成纤维细胞侵入支架内部形成粘连,进一步引起支架内再狭窄;另一方面 SEMS 无法针对原发肿瘤进行治疗,肿瘤过度生长侵入支架内部也是引起支架内再狭窄的重要因素^[12]。此外,有相关研究报道患者在植入支架后发生出血、支架移位、食管气管瘘等并发症,严重限制了该疗法的应用^[13]。

为了解决上述缺陷,研究者在裸金属自膨支架的基础上设计出了覆膜支架。此类支架通过在裸支架的表面覆盖多种聚合物(如硅胶、聚氨酯和发泡聚四氟乙烯)以达到阻止良性及恶性增生侵入支架内部,形成新的狭窄或闭塞,同时提高了支架的生物相容性^[14]。目前已有多种覆膜支架在临床中应用,它们的出现降低了支架内再狭窄的发生率,提高了患者的生活质量^[15]。一项多中心、前瞻性的临床研究在 1 年的时间内纳入了 32 例恶性吞咽困难的患者,所有患者均植入了全覆膜的 SEMS,支架主体由聚四氟乙烯覆盖,两端覆盖有机硅胶,研究显示植入支架 2 周后 86% 的患者吞咽困难症状得到显著改善,支架植入后的中位生存期为 42 d(28~91 d),但随访期内 13 例(41%) 患者因支架移位、肿瘤组织过度生长或支架变形而出现复发性吞咽困难,表明全段覆膜支架的应用并非完美的临床解决方案,仍有新的问题亟待解决^[16]。

Liang 等^[17]总结了覆膜 SEM 的并发症,其中最常见的是移位(36.3%),其次是疼痛和梗阻,引起支架移位最主要的因素是支架周围组织的生长挤压支架,且覆膜 SEMS 的径向支撑力不足,与食管锚定不佳。为解决这一问题,部分覆膜的 SEMS 被设计并制造上市,例如 WallFlex(波士顿科学公司,美国)和 Evolution(库克医疗公司,美国)食管支架,这些支架取得了良好的临床疗效。一项多中心的临床研究显示,全覆膜的 SEMS 支架移位的发生率较部分覆膜的 SEMS 显著更高(25.3% vs 10.9%, $P < 0.003$),且支架再狭窄率相同,表明部分覆膜的 SEMS 在保留支架中心覆膜层对周围组织侵袭阻挡能力的同时,通过未覆膜的支架两端增加与食管的锚定,有效降低了支架的迁移率^[18]。此外,有学者提出了内镜下缝合支架与食管的手术方法^[19],这一富有想象力的方法其可靠性还有待进一步实验验证。

1.2 塑料自膨支架

尽管金属自膨支架的治疗效果已在临床得到证实,但其金属材质对周围食管黏膜的损伤仍会造成

患者胸痛、出血、瘘管甚至有穿孔的风险^[13]。塑料自膨支架(self-expanding plastic stents, SEPS)在预防这些并发症方面有着一定的优势,塑料材料相比金属能减少对组织的损伤,减轻周围组织的炎症。但塑料支架的径向支撑力显著低于金属支架,在植入支架前通常需要使用球囊对食管进行扩张,这增加了手术难度和时间,并且由于塑料在 X 线透视下不显影,SEPS 无法在 X 线透视的引导下进行,限制了 SEPS 的应用范围,使得 SEPS 多用于良性食管狭窄的治疗^[20]。另一方面,SEPS 较差的锚定能力使其无法固定在食管壁,导致 SEPS 发生迁移的概率远远大于 SEMS,从而有更高的食管出血和穿孔风险^[21]。

2 可吸收支架

传统的自膨支架常由于支架移位、支架内再狭窄或患者无法忍受的局部炎症反应需要从患者体内移除,而二次取出支架的操作对患者的生活质量以及预后均有着明显的弊端。在此基础之上,由生物可降解材料制成的各种支架已被广泛应用于食管、气管以及心脑血管,生物可降解材料包括合成聚酯聚合物和镁合金^[22]。

可吸收支架生物相容性好,目前最受关注的聚合物材料有两种,一种是 PLLA-BD 支架(Marui 纺织机械公司,日本),由聚 L-丙交酯(PLLA)编织构成^[23];另一种是 SX ELLa-BD 支架(Ella-CS,捷克共和国),由聚二恶烷酮(PDO)组成,PDO 是一种具有半结晶结构的可生物降解聚合物,由于其良好的可吸收性及降解产物无毒的优势,PDO 也被应用于手术缝合^[24]。在性能方面,PDO 编制的可降解支架在 6~8 周内能维持其径向膨胀强度和结构完整性,在 11~12 周内发生降解。一项单臂前瞻性 II 期的试验使用 SX ELLa-BD 支架治疗了 12 例食管癌患者,83% 患者的吞咽困难评分得到改善,但随访期内有 4 例患者出现了复发性吞咽困难并需要进一步临床干预(SEMS 或球囊扩张),1 例患者因呕血和急性肾损伤发生支架相关死亡,结果表明可降解支架不能替代金属支架成为临床首选,可降解支架在恶性疾病中的应用仍需进一步研究^[25]。

镁合金支架能提供更强的径向支撑力,并且降解产物可以中和肿瘤的酸性微环境,有抑制癌细胞增殖的潜力,在临床也有广泛的应用^[26]。但镁合金过短的降解周期是限制其应用的最大缺陷,在酸性环境中,镁合金支架在 1 周内降解率约 50%,这一

过程会因食管的酸性条件、胃液、唾液及各种消化液的作用加速,因此在可吸收支架植入后使用质子泵抑制剂(PPI),以延长支架形态的维持时间,是一种有效的术后管理方法^[27]。Liu 等^[28]设计并测试了一种涂有紫杉醇 PLGA 微球的镁合金支架,结合了镁合金和可生物降解合成聚合物的优点,可抑制组织增殖并延长支架降解周期。目前可吸收支架面临的最大问题是对支架降解周期的调控,由于其为生物可降解材料构成,随着时间的推移,支架的强度会逐渐下降,而恶性食管肿瘤增殖的压力会逐渐赶超支架的径向支撑力及锚定能力,最终导致支架塌陷或迁移^[29]。因此,可降解支架治疗恶性食管肿瘤的过程中,对患者进食情况及并发症的密切监测是必不可少的。

3 药物洗脱支架(载药支架)

裸支架是最早被发明且用于临床的食管支架,但其仅能作为姑息性疗法缓解患者的恶性食管梗阻,无法对原发肿瘤进行治疗。具有载药和药物释放能力的药物洗脱支架(drug-eluting stent, DES)是目前研究的重点,其可提供更高效、更精确的食管癌治疗。药物洗脱支架有别于传统裸支架,通常包括 3 个主要成分:支架主体、支架涂层和抗增殖药物,其可通过多种方式达到载药并局部缓释的效果。药物洗脱支架保留了支架的主要功能,同时促进了药物的局部、持续释放,以较低的给药剂量实现了局部所需的药物浓度,避免了潜在的全身性不良反应,有效地抑制肿瘤组织增殖及支架内再狭窄^[5]。

Jeon 等^[30]开发了一种能够承受动态膨胀过程中机械应力的柔性 3D 纳米网络二氧化硅薄膜,并且作为整个 SEMS 表面上的药物递送平台,能实现多种药物的搭载;受益于二氧化硅薄膜的高比表面积及疏水性表面改性,该涂层能搭载相较于传统方法 4.7 倍的药物量,药物的释放周期延长 1 倍,并可实现多种药物的释放,显著抑制食管周围的组织增生。此外,还有学者从光动力疗法(photodynamic therapy, PDT)着手,通过静电纺丝技术,将产氧二氧化锰纳米粒子嵌入到静电纺丝纤维中,随后将其覆盖在支架上。该支架植入后,纳米颗粒逐渐从纤维中释放出来,并在局部扩散释放二氧化锰,二氧化锰与肿瘤内源性 H_2O_2 反应,可有效缓解缺氧微环境,联合 PDT 对支架周围肿瘤组织进行有效的杀伤^[31]。

近距离放射治疗相较于外照射放射治疗,拥有

与肿瘤表面直接接触、剂量低、能更好地保护周围正常组织的优点^[32]。放射性¹²⁵I 是永久性近距离放射治疗中使用最广泛的放射性密封源。Zhu 等^[33]率先运用预装载¹²⁵I 放射性粒子的食管支架,根据患者的肿瘤大小、位置计算装载的¹²⁵I 粒子的放射剂量和分布,治疗了 73 例晚期食管癌患者;与对照组相比,装载¹²⁵I 的放射性支架取得了更长的平均生存期(¹²⁵I 支架 8.3 个月 vs 裸支架 3.5 个月)和更低的平均吞咽困难评分,并且胸痛、肺炎、出血等并发症的发生率差异无统计学意义,显示出¹²⁵I 载药支架在晚期食管癌治疗中的应用前景,为后续¹²⁵I 载药支架的大规模临床应用铺平了道路^[33]。此后,一项前瞻性随机对照实验纳入了 64 例晚期食管癌患者,植入¹²⁵I 载药支架的患者拥有更高的支架通畅率,并且平均生存期大于裸支架组,差异有统计学意义,显示出一致的良好疗效,但患者住院期间平均费用也相对较高^[34]。一项回顾性研究显示,22 例植入自膨¹²⁵I 放射性支架的恶性食管狭窄患者吞咽困难改善显著且实现了 9.9 个月的平均生存期,证明了¹²⁵I 支架在缓解恶性食管狭窄方面是安全有效的^[35]。在此基础之上,有学者创新性地设计并使用了¹²⁵I 覆膜分节粒子支架治疗无法手术切除的食管癌患者,粒子组平均生存期为 173 d,显著高于金属裸支架组的平均生存期 94 d,但随访中也发现了更高的支架移位率(¹²⁵I 支架 33.3% vs 裸支架 7.7%)^[36]。另一批学者将¹²⁵I 放射性核素封装在镍钛合金管内,开发一种新型温度记忆螺旋放射性核素支架,取得了更长的生存期和更低的恶性狭窄率^[37]。一项 Meta 分析纳入了 11 项随机对照试验共 862 例患者,结果显示¹²⁵I 放射性支架能显著提高术后 3 个月生存率,延长术后平均生存时间并降低 6 个月支架内再狭窄发生率^[38]。综上所述,¹²⁵I 放射支架无疑是临床应用最为成功的药物洗脱支架,其显示出极强的治疗效果和安全性能,并且随着影像技术的发展,医师能够更为准确地判断病灶的大小及范围,并据此计算出合适的载药量及放射剂量分布,实现患者的精准治疗,但治疗费用相对较高可能是该疗法的一项缺点^[39]。

4 3D 打印支架

3D 打印是近年来发展迅速的技术之一,其利用可黏合材料逐层构建物体,克服了当前支架生产的一些局限性,并促进了支架设计的定制和个性

化^[40]。基于放射影像学的 3D 食道重建技术,医师可以根据每位患者不同的食道狭窄情况设计并制作适合患者的食管支架,减少对周围组织的刺激,增强支架锚定能力,实现精准医疗^[41]。但受限于食道影像重建和 3D 打印的精确性以及其高昂的价格,这一富有前景的疗法仍待进一步研究。

5 抗反流支架

患者在支架放置后可能会出现胃酸反流,尤其是当支架放置在食管胃交界处时。带瓣膜的防反流支架设计用于防止胃酸反流,目前已经开发了多种抗反流支架设计,并在随机对照试验中进行了评估^[42-43]。比利时的一项研究使用 Niti-S 双层覆膜抗反流支架,表明反流症状得到了显著的控制,仅有 7% 的患者出现了新发反流症状^[42]。但另一项 Meta 分析纳入了 8 项随机临床试验,结果显示与标准金属自膨支架相比,使用抗反流支架患者的胃肠道反流评分差异无统计学意义^[43]。因此,目前不推荐常规使用抗反流支架,抗反流支架仅用于大剂量 PPI 治疗后无效的难治性反流性食管炎患者。

6 总结

食管支架植入术是缓解晚期食管癌引起的食管恶性梗阻的最佳治疗方法,但随着各种新型支架的开发,如何选择支架以达到更佳临床预后仍有待研究。与传统裸支架相比,可降解支架和 3D 打印支架能实现更好的生物相容性,延长患者的生存时间,改善患者的生活质量并减少并发症^[8]。在此基础之上,药物洗脱支架能起到抑制肿瘤生长的治疗作用,是一种极富前景的治疗方法。食管支架作为一种极佳的药物装载平台,有助于实现靶向药物递送和局部药物缓释,联合目前新兴的内照射治疗、光动力疗法、光热疗法及免疫检查点疗法,有望实现对肿瘤原位治疗。随着研究的进一步深入,食管支架有望不再仅作为姑息性疗法而是作为标准的晚期食管癌疗法参与该疾病的诊治,为患者提供一种新的选择。

[参考文献]

- [1] Smyth EC, Lagergren J, Fitzgerald RC, et al. Esophageal cancer[J]. Nat Rev Dis Primers, 2017; 17048.
- [2] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018; GLOBOCAN estimates of incidence and

- mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68:394-424.
- [3] Lagergren J, Lagergren P. Recent developments in esophageal adenocarcinoma[J]. *CA Cancer J Clin*, 2013, 63:232-248.
- [4] Halpern AL, McCarter MD. Palliative management of gastric and esophageal cancer[J]. *Surg Clin North Am*, 2019, 99:555-569.
- [5] Spaander MCW, van der Bogt RD, Baron TH, et al. Esophageal stenting for benign and malignant disease: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline-Update 2021[J]. *Endoscopy*, 2021, 53:751-762.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会医政医管局. 食管癌诊疗指南(2022 年版)[J]. *中华消化外科杂志*, 2022, 21:1247-1268.
- [7] Kumar S, Bahdi F, Emelogu IK, et al. How much progress have we made: a 20-year experience regarding esophageal stents for the palliation of malignant dysphagia[J]. *Dis Esophagus*, 2022, 35:doab085.
- [8] Ahmed O, Lee JH, Thompson CC, et al. A clinical practice update on the optimal management of the malignant alimentary tract obstruction: expert review[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2021, 19:1780-1788.
- [9] Kang Y. A Review of self-expanding esophageal stents for the palliation therapy of inoperable esophageal malignancies[J]. *Biomed Res Int*, 2019, 2019:9265017.
- [10] Dua KS, DeWitt JM, Kessler WR, et al. A phase III, multicenter, prospective, single-blinded, noninferiority, randomized controlled trial on the performance of a novel esophageal stent with an antireflux valve (with video) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 90:64-74.
- [11] Dai Y, Li C, Xie Y, et al. Interventions for dysphagia in oesophageal cancer[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014, 2014:CD005048.
- [12] Martinez JC, Puc MM, Quiros RM. Esophageal stenting in the setting of malignancy[J]. *ISRN Gastroenterol*, 2011, 2011:719575.
- [13] Wang MQ, Sze DY, Wang ZP, et al. Delayed complications after esophageal stent placement for treatment of malignant esophageal obstructions and esophagorespiratory fistulas[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2001, 12:465-474.
- [14] Seo DW, Sherman S, Dua KS, et al. Covered and uncovered biliary metal stents provide similar relief of biliary obstruction during neoadjuvant therapy in pancreatic cancer: a randomized trial[J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 90:602-612.
- [15] 王军民, 朱新影, 赵文娟. 分节顺应性全腹膜可回收食管支架与传统食管支架用于食管恶性狭窄的前瞻性对比研究[J]. *中华消化内镜杂志*, 2020, 37:507-509.
- [16] Vermeulen BD, Reijm AN, van der Bogt RD, et al. Through-the-scope placement of a fully covered metal stent for palliation of malignant dysphagia: a prospective cohort study (with video)[J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 90:972-979.
- [17] Liang DH, Hwang E, Meisenbach LM, et al. Clinical outcomes following self-expanding metal stent placement for esophageal salvage[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2017, 154:1145-1150.
- [18] Das KK, Hasak S, Elhanafi S, et al. Performance and predictors of migration of partially and fully covered esophageal self-expanding metal stents for malignant dysphagia[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2021, 19:2656-2663.
- [19] Yang J, Siddiqui AA, Kowalski TE, et al. Erratum to: esophageal stent fixation with endoscopic suturing device improves clinical outcomes and reduces complications in patients with locally advanced esophageal cancer prior to neoadjuvant therapy: a large multicenter experience[J]. *Surg Endosc*, 2017, 31:1420.
- [20] van Rossum PSN, Mohammad NH, Vleggaar FP, et al. Treatment for unresectable or metastatic oesophageal cancer: current evidence and trends[J]. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*, 2018, 15:235-249.
- [21] Repici A, Hassan C, Sharma P, et al. Systematic review: the role of self-expanding plastic stents for benign oesophageal strictures[J]. *Aliment Pharmacol Ther*, 2010, 31:1268-1275.
- [22] Li L, Zhang X, Shi J, et al. Airway stents from now to the future: a narrative review[J]. *Respiration*, 2023, 102:439-448.
- [23] Zhou L, Ke K, Yang MB, et al. Recent progress on chemical modification of cellulose for high mechanical-performance Poly (lactic acid)/Cellulose composite: a review [J]. *Compos Commun*, 2020:100548.
- [24] Fathi P, Capron G, Tripathi I, et al. Computed tomography-guided additive manufacturing of personalized absorbable gastrointestinal stents for intestinal fistulae and perforations [J]. *Biomaterials*, 2020, 228:119542.
- [25] Maishman T, Sheikh H, Boger P, et al. A phase II study of biodegradable stents plus palliative radiotherapy in oesophageal cancer[J]. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*, 2021, 33:e225-e231.
- [26] Li X, Chu CL, Liu L, et al. Biodegradable poly-lactic acid based-composite reinforced unidirectionally with high-strength magnesium alloy wires[J]. *Biomaterials*, 2015, 49:135-144.
- [27] Yang K, Ling C, Yuan T, et al. Polymeric biodegradable stent insertion in the esophagus[J]. *Polymers (Basel)*, 2016, 8:158.
- [28] Liu LL, Qin J, Zeng CH, et al. Biodegradable PTX-PLGA-coated Magnesium stent for benign esophageal stricture: an experimental study[J]. *Acta Biomater*, 2022, 146:495-505.
- [29] Chytrosz P, Golda-Cepa M, Włodarczyk J, et al. Characterization of partially covered self-expandable metallic stents for esophageal cancer treatment: in vivo degradation [J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2021, 7:1403-1413.
- [30] Jeon E, Kang JM, Bae GH, et al. Flexible 3D nanonetworked silica film as a polymer-free drug-eluting stent platform to effectively suppress tissue hyperplasia in rat esophagus[J]. *Adv Healthc Mater*, 2022:e2200389.
- [31] Xiao J, Cheng L, Fang T, et al. Nanoparticle-embedded electrospun fiber-covered stent to assist intraluminal photodynamic treatment of oesophageal cancer[J]. *Small*,

- 2019,15:e1904979.
- [32] Wei S, Li C, Li M, et al. Radioactive iodine-125 in tumor therapy: advances and future directions[J]. Front Oncol, 2021, 11:717180.
- [33] Zhu HD, Guo JH, Mao AW, et al. Conventional stents versus stents loaded with (125) Iodine seeds for the treatment of unresectable oesophageal cancer: a multicentre, randomised phase 3 trial[J]. Lancet Oncol, 2014, 15:612-619.
- [34] 田红岸, 余开湖, 郑小宁, 等. 携带¹²⁵I 粒子支架与普通支架治疗中晚期食管癌的对照研究[J]. 介入放射学杂志, 2017, 26:329-333.
- [35] Bi Y, Li J, Yi M, et al. Self-expanding segmental radioactive metal stents for palliation of malignant esophageal strictures [J]. Acta radiol, 2020, 61:921-926.
- [36] 谭永胜, 关利君, 徐 圣, 等. ¹²⁵I 覆膜分节粒子支架与传统支架治疗晚期食管癌的对比研究[J]. 介入放射学杂志, 2019, 28:1091-1094.
- [37] Guo H, Huang T, Dai Y, et al. A functional stent encapsulating radionuclide in temperature-memory spiral tubes for malignant stenosis of esophageal cancer[J]. Adv Mater, 2023, 35:e2307141.
- [38] 陈恩立, 王 娟, 赵 静, 等. ¹²⁵I 粒子支架置入治疗中晚期食管癌效果和安全性 meta 分析[J]. 介入放射学杂志, 2020, 29: 788-795.
- [39] Tian D, Wen H, Fu M. Comparative study of self-expanding metal stent and intraluminal radioactive stent for inoperable esophageal squamous cell carcinoma[J]. World J Surg Oncol, 2016, 14:18.
- [40] Kang Y. A review of Self-Expanding esophageal stents for the palliation therapy of inoperable esophageal malignancies[J]. Biomed Res Int, 2019, 2019:9265017.
- [41] Lin MH, Firoozi N, Tsai CT, et al. 3D-printed flexible polymer stents for potential applications in inoperable esophageal malignancies[J]. Acta Biomater, 2019, 83:119-129.
- [42] Van Overbeke L, van Dongen J. Niti-S esophageal covered stent (double anti-reflux type): an observational patient registry/post-market clinical follow-up study[J]. Acta Gastroenterol Belg, 2022, 85:493-497.
- [43] Pandit S, Samant H, Morris J, et al. Efficacy and safety of standard and anti-reflux self-expanding metal stent: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. World J Gastrointest Endosc, 2019, 11:271-280.
- (收稿日期: 2024-01-11)
- (本文编辑: 茹 实)

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告