

·综述 General review·

食管良恶性狭窄治疗中支架应用的现状与展望

蒋 昇, 王忠敏, 茅爱武

【摘要】 食管癌或食管良性疾病所导致的管腔狭窄需要行扩张治疗,以解决患者进食困难的情况,改善患者生活质量。一般的探条扩张或球囊扩张疗效有限。食管支架的应用解决了食管良恶性狭窄患者进食困难的难题,改善了患者的营养状况,对改善患者的生理、心理状况都有一定的帮助,本文就常用食管支架作一综述。

【关键词】 食管恶性狭窄;食管良性狭窄;食管支架

中图分类号:R573.7 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2012)-08-0700-05

Esophageal stent implantation for malignant as well as benign esophageal strictures: its current situation and clinical prospect JIANG Ao, WANG Zhong-min, MAO Ai-wu. Department of Interventional Radiology, the Affiliated Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, China

Corresponding author: WANG Zhong-min, E-mail: wzm0722@hotmail.com

【Abstract】 Esophageal strictures caused by malignant or benign esophageal diseases need to be treated with dilation so that the difficulty of food-taking can be solved and the patient's living quality can be improved. Owing to the limited effectiveness of bougienage and balloons dilation therapy, the use of esophageal stenting has solved the problem of food-taking difficulty in patients with malignant or benign esophageal lesions. Then considerable improvement in patient's nutrition condition as well as physio-psychological status can be obtained. This article aims to make a comprehensive review in respect of the esophageal stenting. (J Intervent Radiol, 2012, 21: 700-704)

【Key words】 malignant esophageal stricture; benign esophageal stricture; esophageal stent

食管癌占胃肠道恶性肿瘤的 7%。鉴于早期食管癌症状多不典型,不易引起注意,绝大多数患者因进行性吞咽困难就诊,但此时病情大多已进入中晚期。因各种原因(如肿瘤晚期、高龄等)所致,患者已不宜施行手术治疗、化疗以及放疗^[1]。对症治疗食管良恶性狭窄对解决患者进食困难、改善营养状况十分重要。治疗方法主要有反复多次探条、球囊扩张、手术治疗以及临时支架置入治疗。国外 Kochman 等^[2-3]报道对于良性食管狭窄,探条扩张及手术切开治疗较有效,然而仍有接近 10%患者(多为放疗损伤或误服腐蚀性药物所致)对前两种治疗方法效果不佳,需要临时支架置入治疗。

早期的支架系金属裸支架,这种支架出血、穿

孔等并发症较多。目前的支架种类已有很大进展,本文就支架在食管良恶性狭窄及其并发症治疗中的应用作一综述。

1 食管支架的分类

1.1 自膨式食管支架

1.1.1 自膨式金属食管支架 临床上用于治疗食管狭窄的自膨式金属裸支架主要有不锈钢(Z型支架、Wallstent 支架)和镍钛记忆合金 2 种材质,不锈钢材料组织相容性较差,植入后可引起食管黏膜层血流量减少,导致食管组织出现明显的炎症反应和纤维化。镍钛记忆合金支架的记忆性能较好,在 4℃ 以下可以任意变形并且没有弹性,并且伴随温度升高,支架可以逐渐恢复弹性,当温度 > 30℃ 时,镍钛记忆合金支架可以恢复原有的弹性和形状,持久发挥扩张作用。扩张后的支架与病变组织之间可保持良好的顺应性,并且较为柔软,因此患者异物感较

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2012.08.023

作者单位: 200127 上海交通大学医学院附属仁济医院(蒋昇);上海交通大学附属瑞金医院卢湾分院(王忠敏);上海交通大学附属仁济医院长宁分院(茅爱武)

通信作者: 王忠敏 E-mail: wzm0722@hotmail.com

轻,是目前国内使用最多的食管支架^[4]。但由于全裸金属支架置入食管中后仅有机械性扩张作用,肿瘤组织或正常黏膜组织易向金属网孔中增生,因此再狭窄发生时间较早,在这种情况下,覆膜食管支架

以及放射性粒子食管支架应运而生。

1.1.2 自膨式聚酯塑料食管支架 国外使用较多,国内未见报道。

1.2 覆膜食管支架

表 1 4 种自膨式支架的异同

支架种类	材料	设计	优点	缺点
Wallstent 支架	不锈钢合金丝	由不锈钢合金丝构成网眼管状结构,植入体内内径增大,长度缩短,改进型是哑铃状,体部涂硅胶	抗压力强,不易变形,有 Flamingo Wallstent 抗反流支架	组织相容性较差,释放后无法调整位置和回收,但不易移位,植入后异物感明显。
Z 型支架	医用不锈钢丝	不锈钢丝呈“Z”形排列,刚性骨架之间采用软连接中间或此节支装有“倒刺”以防滑脱支架在骨架内外覆有高强度医用硅胶橡胶薄膜,上下口有较软的硅胶橡胶裙边,有可回收线	适合弯曲变形部位及良性病变,易于调整 and 可回收,间隙大,表面积小	组织相容性较差,柔顺性差
记忆金属支架	镍钛记忆金属	分全裸支架和覆膜支架	组织相容性好,较为柔软,异物感较轻	易变形和移位
聚酯塑料支架	聚酯塑料	聚酯塑料编制网眼,内覆硅酮膜,支架上口开口较大,是喇叭口状,支架中段及远端开口内径相同	支撑力强	易滑脱、内径小,易阻塞,国外应用较多

所用被膜材料主要有涤纶、硅橡胶、聚乙烯等,结构主要有单膜、双层膜(内、外 2 层)^[5]。其在金属裸支架上覆盖一层二氧化硅凝胶层(即硅酮膜层),使得支架具有了抗酸和抗腐蚀的能力,可以一定程度上减缓肿瘤向腔内生长的速度,使得管腔的通畅时间延长。现在国内使用的覆膜层材料有硅橡胶、聚四氟乙烯等。覆膜支架可以用于食管疾病并发症的治疗,如封堵食管气管瘘等。但由于支架表面较为光滑,易移位,且仅有机械性支撑作用,对肿瘤无抑制作用。

1.3 放射性粒子支架

早期用于近距离治疗的放射性核素有 ^{226}Ra 、 ^{191}Ir 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs ,后期有 ^{125}I 、 ^{75}Se 和 ^{103}Pd 等^[6]。食管癌腔内放疗得到重视和发展,是因为它局部剂量高,深部剂量递减快,减少了周围正常组织的放射性损伤。此外,高剂量率照射时间短,亚致死损伤再修复很少,没有明显的再增殖而增加了细胞的杀灭效应,是中晚期食管癌有效的治疗手段之一。放射性粒子可以在半衰期内持续释放射线,从而对肿瘤细胞各期起到不间断的杀伤作用。放射性粒子食管支架的制备是根据胸部 CT 显示的每一层食管的病变情况及总的病变长度,并利用治疗计划系统(TPS)重建肿瘤图像及计算所需放射性粒子数,最后在普通金属支架上放置放射性粒子。Guo 等^[7]比较了 ^{125}I 放射性粒子食管支架组和单纯覆膜食管支架组在治疗晚期食管癌方面的差异,结果粒子支架组患者中位生存期为 7 个月,覆膜支架组中位生存期为 4 个月,术中及随访期内食管出血率为 30%。Wang 等^[8]比较了 28 例 ^{125}I 放射性粒子食管支架植入病例与 30 例单纯覆膜食管支架置入病例在治疗食管癌恶

性狭窄疗效方面的区别,结果是粒子支架组的中位生存时间为 11.6 个月,对照组为 4.9 个月(两组间 $P = 0.01$),生存期更长,术中及术后均无明显的食管出血。其结论是放射性支架置入是一种可行的治疗恶性食管狭窄的方法,并且在提高生存时间方面优于单纯覆膜支架置入。

1.4 可降解支架

食管支架在治疗恶性狭窄及其并发症中的临床效果得到了较为肯定的论证。但是在良性食管狭窄中是否应用支架治疗需权衡。当然在某些食管良性疾病如术后吻合口瘘、穿孔等的治疗中食管支架的使用可使患者获益,但是考虑到支架的远期并发症如息肉形成再狭窄、支架移位、出血等,多数学者认为食管良性疾病放置支架治疗需谨慎^[9-10]。Cheng 等^[11-12]报道使用临时大直径支架治疗贲门失弛缓取得较好的疗效,经胃镜观察,支架需在 4 d 左右取出,否则支架会陷入肌层,将很难取出。随着可吸收支架的材料和结构的不断完善,由于可吸收支架可自行降解吸收,较金属支架而言扩张食管的时间可以更长,也可自行降解不必取出。目前研究中的可降解支架包括^[13]:可降解聚合物材料支架,多为高分子材料制成,其材料又可以细化为天然可降解高分子(一般生物相容性良好,但是力学性能较差。如果不是用交联剂交联,一般可溶于水或者弱酸碱。即使交联后,降解速度也比较快^[14])、微生物合成高分子材料(目前研究及应用较少)和合成可降解高分子(如聚二恶烷酮材料支架、聚左旋丙交酯支架等)3 类。目前以合成可降解材料应用较多,合成高分子优点在于可以比较灵活的设计分子结构,通过发展共聚物、共混物来得到不同性质的材料。可降

解食管支架可以解决良恶性狭窄的再通及瘘口的封堵等,已经被美国 FDA 批准置入人体的合成可降解高分子材料有聚丙交酯、聚乙交酯和聚己内酯等。聚二恶烷酮是半晶体材料,通过其自身分子酯键的水解而降解,无论是降解产物还是中间产物都对人体无害。2007 年在欧洲,唯一一种用于消化道的可调节清除率的可降解支架 (SX-ELLA-BD 支架)被批准使在食管良性狭窄的治疗上使用,其便是由聚二恶烷酮材料制成,据相关动物试验数据表明,该支架在置入 4 周后仍能基本保持完整性,在植入后第 9 周降解至最初水平的 50%,平均完全降解时间约为 11 ~ 12 周。据欧洲一项研究表明^[14]:用 SX-ELLA-BD 支架治疗 21 例食管良性狭窄患者,术后 14% 患者出现胸痛,部分患者直至支架完全降解后胸痛才消失,9.4% 患者在术后 4 ~ 7 周发生支架移位,还有 1 例因组织增生明显导致支架管腔堵塞。置入 6 个月时,所有患者体内的支架均已全部降解。至术后第 53 个月的中位随访期时,45% 患者吞咽困难已明显减轻并且无需进一步治疗,55% 患者仍需内镜下扩张治疗,但所需扩张治疗的时间间隔较支架置入治疗前有所延长。除了 1 例患者发生管腔堵塞外,未发现其他并发症。

1.5 可回收食管支架

Irani 等^[15]介绍了全覆膜的自膨式金属食管支架如 Wallflex 支架、Evolution 支架、Song 支架、Niti-S 支架以及 Ella 支架,这些支架的近端或远端都有缠绕可回收线,作为一种方便回收的支架可用于治疗食管良性狭窄,但这些支架移位率较高。郭依廷等^[16]在 21 例食管腐蚀性损伤患者食管中置入可回收支架 29 枚。结果显示放置支架后患者的吞咽困难情况均有明显的改善,其中 7 例支架已自食管取出,另外 14 例支架随访良好,认为可回收支架不但可以改善食管腐蚀性损伤患者的吞咽困难等症状,还可以在合适的时间将支架取出,在良性食管疾病治疗中有良好的应用前景。

2 支架置入后并发症及其处理

支架置入术后常见的并发症有:①胸骨后疼痛。多由支架的持续性扩张力对食管壁的缓慢撕裂或食管贲门病变处支架造成胃酸反流增加造成,应用抗反流支架后情况有所好转,对症使用抑酸药物及止痛药物,若疼痛持久且剧烈,则需要移除支架。②支架移位。与饮食有关,术后支架膨胀尚不完全,过早进食过冷或过热或粗糙长纤维食物易导致镍

钛合金支架变形移位,因此患者在支架置入后 1 ~ 2 周内最好以流质或半流质食物为主,且注意少食多餐,避免过冷或过热饮食^[17]。不同支架移位发生率也有差别,较之塑料支架,金属支架的移位率较低^[18-19]可能与支架本身的机械扩张力有关。即使同种材质支架,编织方式不同其支架移位率也会有不同。支架移位后可通过内镜或透视下重新调整位置,若无法调整或取出,可通过手术方法取出支架。③再狭窄。国内外相关报道再狭窄的发生率为 11.1 ~ 36%^[20-21],金属裸支架多为增生的肿瘤长入支架网眼所致,全覆膜支架多为支架两端黏膜组织增生导致狭窄。治疗方法有腔内放化疗、激光、微波等,也可以在狭窄部位再次植入支架。④食管气管瘘。可以在禁食、胃肠减压的基础上在瘘口处植入覆膜食管支架。⑤出血。多为操作所致损伤食管黏膜导致的出血,对症处理。因食管支架导致食管穿孔出血,少见报道。

3 食管支架展望

食管支架已逐步在良恶性食管狭窄及并发症治疗方面发挥着难以替代的作用。随着临床治疗的需要,食管支架研究也有一些新的进展。

3.1 食管药膜支架

现在支架应用较为广泛,在这种背景下开展了各种药物支架膜的研究^[22-23]。药膜支架也称之为药物释放支架,通过覆盖在金属支架表面的聚合物携带药物,药物自聚合物涂层中通过缓慢释放方式发挥生物学效应。食管药膜支架具有其独到的优越性:①它可以将药物靶向作用肿瘤组织及其邻近组织,就避免了为达到局部药物高浓度而全身大剂量化疗所带来的毒性;②持续稳定地释放药物可以作用于肿瘤生长的各期。血管内使用的药物洗脱支架在抗炎、抗增生方面已经得到了临床上的疗效验证。高印生等^[24]的 5-FU 药膜食管支架动物试验研究表明 5-FU 药膜食管支架在猪食管黏膜上的药物渗透速率可通过调节药膜上药物的释放速度来调控,因此,药物释放速率是可以调节的。楚建军等^[25]的兔试验研究表明:直接与 5-FU 药膜支架接触的食管组织中的 5-FU 浓度明显高于血清和肝脏中的药物浓度,而且直接接触药膜支架的食管黏膜的药物浓度也比非直接接触支架部位的高,表明了药膜支架可以通过与肿瘤组织直接接触部位的高浓度药物杀伤肿瘤,并且对周围正常组织影响小。现在食管药膜支架的研究仍处于动物试验阶段,真正使用在

临床治疗上还需要在安全性方面做进一步研究,可以考虑用食管药膜支架负载多种药物,以达到抗炎及抗肿瘤及调节食管局部微环境的作用,以及合理的药物携带方式以达到更长效更稳定的释放药物的目的。

3.2 放射性粒子食管支架

目前设计上仍有不足,高印生等^[24]在研制粒子支架的过程中发现将粒子以梅花形状排列较好,间距以 10 mm 为宜;偏侧性生长的肿瘤病变部位粒子的间距可缩短至 7 mm;为阻止肿瘤向两端扩展,要求所布粒子应超过病变上下端 10 mm^[25],如何让粒子在支架上分布以达到对肿瘤组织最大的杀灭作用以及针对不同的肿瘤开发出半衰期不同的放射性粒子支架是未来的方向,明确的病例选择标准仍需研究。

3.3 可降解食管支架

是极具前景的一种食管支架,它为局部药物输送和转基因治疗提供了可能,若其力学性能有进一步提高,将可能代替探条及球囊扩张治疗良性食管狭窄。因此可以提供足够支撑力的且降解稳定的食管药膜支架也是发展的方向。

3.4 纳米材料食管支架:

3.4.1 纳米微球支架 纳米材料的颗粒大小在 1 ~ 100 nm,并且这一基本颗粒的总数量在整个材料的所有颗粒总数中要占 50%以上。微球作为一种新型药物载体已经广泛应用于医药领域,其包载内容物主要为蛋白类、醇类以及酮类等易反应或易变性失活的物质。包载材料主要为明胶、壳聚糖以及聚合物等,相关文献报道较多^[26]。将纳米材料和微球结合可以靶向给药,减少了药物的用量,从而减轻了药物毒性反应^[27]。代昭等^[28]对十六烷基壳聚糖纳米微球负载紫杉醇的体外研究,认为可以延长紫杉醇在体外的释放时间,在降低平衡释放浓度的同时,也提高了对于紫杉醇的包封率和载药量。当前组织工程支架材料正朝着可控制释放物质的三维支架方向发展^[29],基本都是先将物质包埋在乳酸-羟基乙酸共聚物(PLGA)微球内,再将微球植入到支架材料,形成三维可控制释放支架。Liu 等^[30]通过喷雾干燥将紫杉醇和若丹明包载到乳酸-羟基乙酸共聚物(PLGA)微球中,再将 PLGA 微球植入到明胶支架材料内来实现淋巴系统的靶向给药与药物的持续释放。Jaklenec 等^[31]进一步将 IGF-I 和 TGF- β 1 包埋在 PLGA 微球中并融解形成 PLGA 支架材料,研究生长因子在支架材料内的释放情况,结果表明 2 种

生长因子均可以植入到 PLGA 支架材料,并且在支架材料内连续释放,可作为一种新型复合支架应用于组织工程。因此我们可研究将包裹化疗药物、肿瘤坏死因子等的纳米微球植入支撑力良好的食管支架中以达到缓慢释放药物靶向治疗目的。

3.4.2 放射性纳米支架 目前使用的支架膜材料的支撑力也不是特别理想,使用纳米膜材料对支架膜材料进行改造来提高材料的强度有现实意义^[32]。吴伟胜等将碳纳米管(CNTs)应用于支架膜材料中,制成 ^{32}P 放射性食管支架,体外实验表明:用 ^{32}P -磷酸钠口服液为放射源制成的支架其泄漏率低于 0.2%,能安全应用于临床,并且支架膜中放射性物质分布均匀。楚建军等^[33]动物试验将负载纳米材料交联的 ^{188}Re 放射性核素的镍钛合金复层膜 Z 型食管支架,植入实验猪的食管腔内,结果无穿孔、出血等并发症,定期对猪粪便的检测也未发现放射性核素的泄漏,结论是放射性纳米食管支架是一种较为安全有效的支架形式,可以对靶组织行持续低剂量放射治疗。

因临床治疗需要,食管支架研究进展较快,临床上现在使用各种食管支架各具优缺点,但大体还是围绕机械支撑、药物治疗、放射治疗等展开。支架负载物的研究方向,是如何低药物剂量、靶向、长时间释放、高效且低辐射等,支架骨架的研究方向是如何做到更好的生物相容度、低刺激、可降解等。现在各学科的在食管支架研究方面多有交叉,未来食管支架的方向是易膨胀、易固定,方便移除、不影响正常的食管蠕动还能够恢复病变部位食管的功能,使其功能接近正常食管。

[参考文献]

- [1] 陆再英,钟南山,内科学.[M]. 7 版. 北京:人民卫生出版社, 2008: 376 - 380.
- [2] Kochman ML, McClave SA, Boyce HW. The refractory and the recurrent esophageal stricture: a definition [J]. Gastrointest Endosc, 2005, 62: 474 - 475.
- [3] Said A, Brust DJ, Gaumnitz EA, et al. Predictors of early recurrence of benign esophageal strictures [J]. Am J Gastroenterol, 2003, 98: 1252 - 1256.
- [4] 裴庆山,刘吉勇. 食管支架研究进展 [J]. 世界华人消化杂志, 2008, 16: 3410 - 3415.
- [5] 郭应兴,雷振武,雷进元,等. 覆膜食管支架在食管良恶性狭窄中的应用[J]. 实用放射学杂志, 2005, 21: 99 - 100.
- [6] 陈克敏,王忠敏.放射性粒子植入技术临床应用[M]. 北京:科学出版社, 2011: 7 - 9.

- [7] 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.
- [8] Wang ZM, Huang HB, Xunbo H, Jun C, et al. Intraluminal radioactive stent compared with covered stent alone for the treatment of malignant esophageal stricture [J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2012, 35: 351 - 358.
- [9] Ackroyd R, Watson DI, Deviff PG, et al. Expandable metallic stents should not be used in the treatment of benign esophageal strictures [J]. J Gastroenterol Hepatol, 2001, 16: 484 - 487.
- [10] Mcgrath KM. To stent or not to stent? [J]. Am J Gastroenterol, 2000, 95: 1857 - 1859.
- [11] Cheng YS, Li MH, Chen WX, et al. Temporary partially-covered metal stent insertion in benign esophageal stricture [J]. World J Gastroenterol, 2003, 9: 2359 - 2361.
- [12] Cheng YS, Li MH, Chen WX, et al. Comparison of different intervention procedures in benign stricture of gastrointestinal tract [J]. World J Gastroenterol, 2004, 10: 410 - 414.
- [13] 陈 华, 赵仙先. 生物可降解镁合金支架研究现状 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 62 - 64.
- [14] Repici A, Vlegaar FP, Hassan C, et al. Efficacy and safety of biodegradable stents for refractory benign esophageal strictures; the BEST (Biodegradable Esophageal Stent) study [J]. Gastrointest Endosc, 2010, 72: 927 - 934.
- [15] Irani S, Kozarek R. Esophageal stents; past, present, and future [J]. Tech Gastrointest Endosc, 2010, 12: 178 - 190.
- [16] 郭依廷, 姚 刚. 可回收支架治疗食管腐蚀性损伤 (附 21 例报告) [J]. 航空航天医药, 2010, 21: 493 - 494.
- [17] 朱铁峰. 食管支架种类及材料学特征与中晚期食管癌合并食管恶性狭窄、食管瘘的临床应用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14: 3899 - 3902.
- [18] Verschuur EM, Repici A, Kuipers EJ, et al. New design esophageal stents for the palliation of dysphagia from esophageal or gastric cardia Cancer; a randomized trial [J]. Am J Gastroenterol, 2008, 103: 304 - 312.
- [19] Li SZ, Li SJ, Zhao WC. Evaluation of esophageal stent in treatment of malignant esophageal obstruction [J]. Chin J Cancer Prev Treat, 2004, 11: 735 - 736.
- [20] Kumares SS, Tejjraj MA, Anandrao RK, et al. Biodegradable polymeric nanoparticles drug delivery devlees [J]. J Controlled Release, 2001, 70: 1 - 2.
- [21] 代 昭, 孙多先, 郭 瑶. 十六烷基壳聚糖纳米微球负载紫杉醇的研究 [J]. 中草药, 2003, 34: 120 - 122.
- [22] Multanen M, Tammela TL, Laurila M, et al. Biocompatibility, encrustation and biodegradation of ofloxacin and Silver nitrate coated poly-L-lactic acid stents in rabbit urethra [J]. Urol Res, 2002, 30: 227 - 232.
- [23] Heublein B, Rohde R, Kaese V, et al. Biocorrosion of Magnesium alloys: a new principle in cardiovascular implant technology? [J]. Heart, 2003, 89: 651 - 656.
- [24] 高印生, 杨迎国, 李景庆. 携带 ^{125}I 粒子源食管支架治疗食管癌疗效观察 [J]. 现代中西医结合杂志, 2007, 16: 3209 - 3210.
- [25] 楚建军, 杨 波, 赵涤非, 等. 放射性纳米材料食管支架的动物组织学实验观察 [J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2004, 13: 226 - 228.
- [26] 富 宏, 魏 虹. 食管支架腔内放射治疗的临床应用 [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13: 3296 - 3299.
- [27] 陈英杰, 许向阳, 周建平. 乳酸-羟基乙酸共聚物微球的研究进展 [J]. 中国药科大学学报, 2007, 38: 186 - 189.
- [28] 宋克东, 刘天庆, 郭文华, 等. 包埋 PLGA 微球的可控释壳聚糖支架材料的研究 [J]. 高校化学工程学报, 2010, 24: 985 - 992.
- [29] Liu J, Meisner D, Kwong E, et al. A novel trans-lymphatic drug delivery system; implantable gelatin sponge impregnated with PLGA - paclitaxel microspheres [J]. Biomaterials, 2007, 28: 3236 - 3244.
- [30] Jaklenec A, Hinckfuss A, Bahar B, et al. Sequential release of bioactive IGF-I and TGF- β 1 from PLGA microsphere-based scaffolds [J]. Biomaterials, 2008, 29: 1518 - 1525.
- [31] 吴胜伟, 李宇国. 纳米复合放射性食管支架的制备 [C]. 第三届 (2005) 同位素技术与应用学术研讨会, 北京, 2005.

(收稿日期: 2012-01-20)

(本文编辑: 俞瑞纲)