

·非血管介入 Non-vascular intervention·

新型一体化可携带 ^{125}I 粒子胆道内外引流管的设计与临床应用

焦德超, 周学良, 韩新巍, 李宗明, 朱明, 陈建建, 白亮亮, 王国胜

【摘要】 目的 设计新型一体化可携带 ^{125}I 粒子的胆道内外引流管, 用于治疗胆管恶性梗阻病变, 以达到胆汁引流和腔道内近距离放疗的双重效果。方法 2016 年 9 月至 2018 年 1 月郑州大学第一附属医院 15 例恶性梗阻性黄疸患者行胆管支架植入术, 后引入新型一体化可携带 ^{125}I 粒子的胆道内外引流管。评价技术成功率, 临床有效率, 并发症, 支架通畅时间和患者生存期。结果 引流管置入简单顺利, 技术均获成功。术后 1 个月胆红素水平较术前明显下降 ($P < 0.01$), 血象和免疫指标较前无明显变化 ($P > 0.05$)。术后 2 例 (13.3%) 患者发生胆管炎, 2 例 (13.3%) 胆道少量出血, 对症治疗后恢复正常。未出现胆管穿孔、严重出血、放射性肠炎和放射源泄漏等严重并发症。随访 55~402 d, 6 例 (40.0%) 发生胆管再梗阻, 支架中位通畅时间 255 d, 6 个月通畅率 64.5%。5 例死亡, 10 例存活, 9 个月存活率 64.3%, 中位生存时间 368 d。**结论** 新型一体化可携带 ^{125}I 粒子的胆道内外引流管可同期实现胆汁引流和近距离放疗, 初步临床使用可行、安全、有效, 长期疗效需进一步随访观察和对照研究。

【关键词】 ^{125}I 粒子; 近距离放疗; 胆管梗阻; 胆管癌

中图分类号: R735.8 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2019)-03-0252-06

A new integrated portable biliary internal-external drainage catheter loaded with ^{125}I seeds: its design and clinical application JIAO Dechao, ZHOU Xueliang, HAN Xinwei, LI Zongming, ZHU Ming, CHEN Jianjian, BAI Liangliang, WANG Guosheng. Department of Interventional Radiology, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450052, China

Corresponding author: HAN Xinwei, E-mail: hanxinwei2006@163.com

【Abstract】 Objective To design a new integrated portable biliary internal-external drainage catheter carrying ^{125}I seeds used for the treatment of malignant biliary obstruction lesions so as to achieve the dual curative effects of biliary drainage and brachytherapy. **Methods** A total of 15 patients with malignant obstructive jaundice, who were admitted to the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, China, during the period from September 2016 to January 2018, were enrolled in this study. Biliary stent implantation was performed in all patients, which was followed by insertion of a new integrated portable biliary internal-external drainage catheter carrying ^{125}I seeds. The technical success rate, clinical success rate, complications, stent patency time and patient survival rate were evaluated. **Results** The placement of the drainage tube was simple and smooth, and the technical procedure was successful in all patients. One month after treatment, the bilirubin level was decreased significantly when compared with preoperative one ($P < 0.01$), while the blood indexes and immunological indicators showed no obvious changes ($P > 0.05$). After treatment, 2 patients (13.3%) developed cholangitis and 2 patients (13.3%) had small amount of biliary bleeding, which returned to normal after symptomatic treatment. No severe complications such as perforation of bile duct, massive bleeding, radiation enteritis and radioactive source leakage, etc., occurred. The patients were followed up for 55-402 days, 6 patients (40.0%) developed biliary re-obstruction. The median patency time of stent was 255 days, and 6-month stent patency rate was 64.5%. Five patients died and 10

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2019.03.010

作者单位: 450052 郑州大学第一附属医院(焦德超、周学良、韩新巍、李宗明、朱明、陈建建、白亮亮); 河南鸵人集团(王国胜)

通信作者: 韩新巍 E-mail: hanxinwei2006@163.com

patients survived, the 9-month survival rate was 64.3%, the median survival time was 368 days. **Conclusion** By using the new integrated portable biliary internal-external drainage catheter carrying ^{125}I seeds, the effects of bile drainage and brachytherapy can be simultaneously achieved. Preliminary clinical practice indicates that this new drainage catheter is feasible, safe and effective, although its long-term efficacy needs to be clarified with further follow-up observations and controlled studies.(J Intervent Radiol, 2019, 28: 252-257)

【Key words】 ^{125}I seed; brachytherapy; biliary obstruction; cholangiocarcinoma

胆道支架植入是恶性梗阻性黄疸的首选姑息性治疗方案,但由于恶性肿瘤的支架内生长、肉芽增生等原因,超过 50%患者将在 6 个月内发生支架再梗阻^[1]。有报道 ^{125}I 粒子支架或自制 ^{125}I 粒子条可同期进行腔道内近距离放疗来延长支架通畅时间^[2-4]。本中心设计研发了新型一体化可携带 ^{125}I 粒子的胆道内外引流管,用于治疗胆管恶性梗阻,以期达到胆汁引流和腔道内近距离放疗的双重效果,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 新型一体化可携带 ^{125}I 粒子胆道引流管的研制 本研究采用了课题组研发的多功能近距离放

疗导管(专利号 201520513967.X),如图 1 所示。该多功能引流管由中国驼人医疗集团生产,引流管有 3 个独立的腔道,中央腔内径(ID)2.4 mm 为胆汁内外引流系统,自引流管头端 15 cm 管壁侧壁间隔 1 cm 开孔,侧孔直径 1.0 mm。两个侧腔 ID 各为 0.85 mm 分居中央腔两侧,间隔 180°,远端封闭,侧腔近端开口可与粒子植入枪连接,用作粒子的装载仓。整个管体远端 5 cm 可以通过腔道内控制线回拉形成一个襟样结构,起固定作用,以预防引流管滑脱移位,实现精确近距离放疗。引流管置入后,经侧腔开口将粒子逐颗推入粒子通道内,粒子空缺部分用 0.018 英寸软泥鳅导丝填充,粒子通道入口使用医用胶带固定,以避免粒子移位。粒子植入长度=[胆管狭窄长度(mm)+40 mm/4.5]×2。

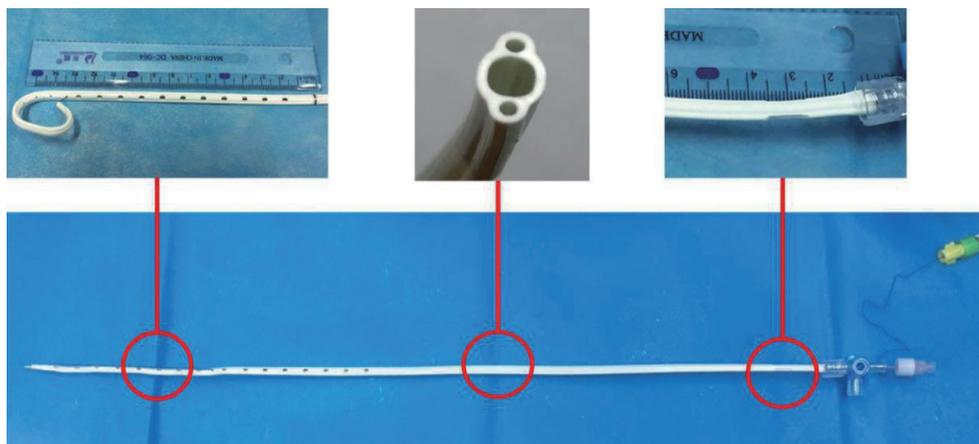


图 1 多功能近距离放疗导管实物图

1.1.2 ^{125}I 放射性粒子[天津赛德公司(国药准字 H20041350)6711/BT- ^{125}I] 外形为圆柱形钛合金封装体,长度为 4.5 mm,直径为 0.8 mm,内有 3.0 mm×0.5 mm 的银柱吸附 ^{125}I , 其外是壁厚 0.05 mm 的钛壳。 ^{125}I 粒子平均能量 27~35 keV,半衰期 59.6 d,半价层 0.025 mm 铅。组织穿透能力 1.7 cm,单个粒子的放射性活度为 0.76~0.88 mCi。

1.1.3 治疗计划系统(TPS) 由北京天航科霖科技发展有限公司提供[注册号:国食药监(准)字 2009 第 3700398 号]。

1.1.4 临床资料 本组 15 例患者,男 8 例,女 7 例,年龄 45~78 岁,平均 65 岁,其中胆管癌 8 例,胰腺癌 4 例,肝癌 3 例。所有患者经过经皮穿刺鞘管内钳夹活检($n=9$)(图 2),外科切除术后病理($n=4$)或 CT 引导经皮穿刺活检($n=2$)证实为恶性肿瘤。所有患者均有增强 CT($n=10$)或增强 MR($n=5$)证实肝内胆管明显扩张,且可见胆管区占位性病变(图 3)。所有患者临床表现为纳差,皮肤巩膜重度黄染,部分患者伴有皮肤瘙痒症状。术前总胆红素平均(190.2 ± 70.5) $\mu\text{mol/L}$,直接胆红素平均(148.7 ± 63.9) $\mu\text{mol/L}$ 。

本研究得到了本院医学伦理委员会的许可,术前医师均履行了告知义务,向患者和/或家属说明该治疗方法可能带来的益处、不良反应及并发症等。同时强调出现临床不良反应及并发症处理方法,所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前准备 所有患者常规行血常规,肝肾功能,电解质,凝血功能,传染病四项,免疫指标,肿瘤标记物,心电图、增强 CT 或/和 MR 检查,签署知情同意书。

1.2.2 手术操作 患者仰卧于 DSA 检查台上,吸氧心电监护。术前给以肌内注射吗啡 10 mg。透视/彩超引导下,使用 Chiba 针穿刺扩张胆管,并交换引入 5 F KMP 导管和 0.035 英寸导丝,两者配合通过胆管狭窄区进入十二指肠,并造影测量狭窄闭塞段长度。交换泥鳅加硬导丝,建立皮肤-胆管-十二指肠通道,沿着导丝送入 8 F 鞘管(长度 23 cm,Avanti 公司),鞘管头端位于胆管狭窄的上方,经鞘管内芯引入活检钳,钳夹组织块多块,4%甲醛固定,送检病理(图 2)。若患者术前有明确病理学可直接行支架联合新型胆道引流管置入术,否则待病理报告后行进

一步治疗,预先置入 Cook 10.2 F 胆道内外引流管。新型引流管置入前,预先经加硬导丝引入直径 6~8 mm 球囊扩张导管扩张狭窄闭塞区,退出球囊后引入胆管支架(10 mm×50~60 mm,南京微创),定位狭窄区后完善释放支架,退出支架输送器,沿着加硬导丝送入新型一体化可携带 ¹²⁵I 粒子胆道引流管,经侧孔粒子通道,使用 18 G 穿刺针连接,外接粒子植入枪,逐颗推入 ¹²⁵I 粒子,粒子植入长度=[胆管狭窄长度(mm)+40/4.5]×2(图 3、4)。透视下缓慢回拉腔内控制线使导管头端成襻,末端三通开关固定,粒子腔内无粒子部分使用 0.018 英寸软泥鳅导丝填充,粒子通道口用医用胶带固定。

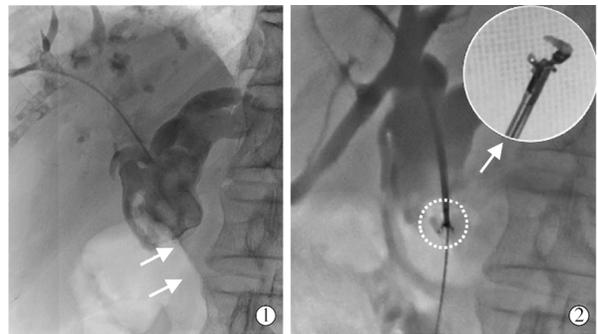
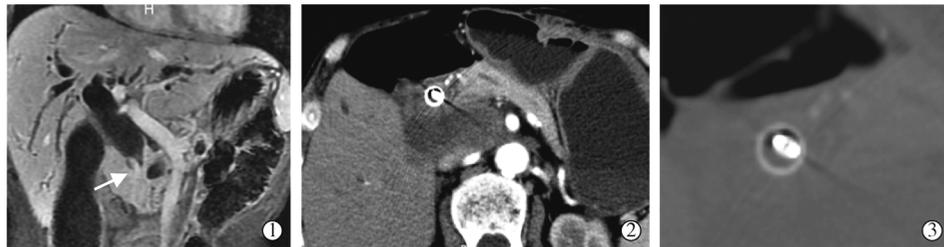
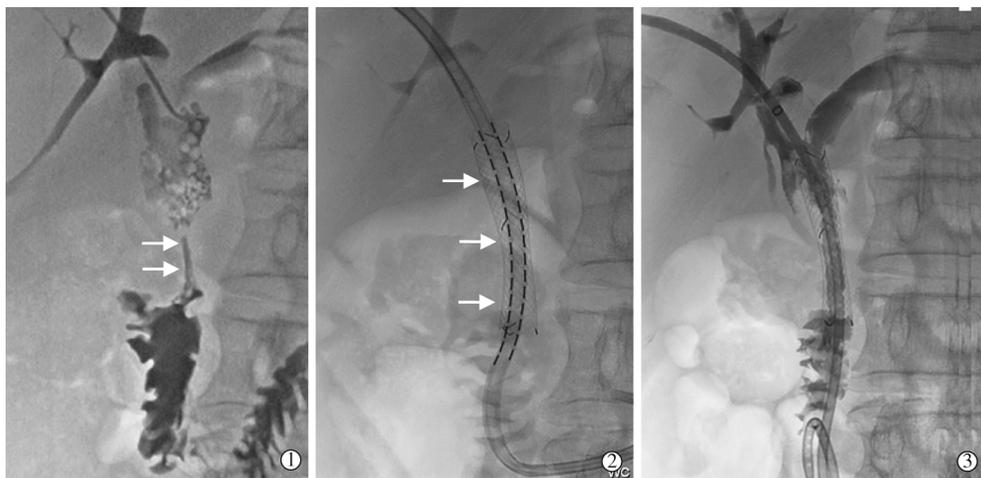


图 2 经皮穿刺鞘管内胆道钳夹活检示意



①患者术前增强 CT 证实肝内胆管明显扩张,且可见胆管区占位性病变;②③术后 CT 示胆道支架引流通畅,双粒子链分布良好

图 3 胆管占位所见



①术中胆道造影,箭头处胆道狭窄梗阻;②胆道支架植入后,送入新型一体化可携带 ¹²⁵I 粒子胆道引流管并植入粒子;③新型引流管置入 6~8 周后复查造影通畅,给予拔除

图 4 一体化引流管置入过程

1.2.3 术后处理 术后对所有患者给予心电监护、吸氧、护肝、抗感染等对症治疗,若有胆道出血、引流口渗液等症状者,则新型引流管末端外接引流袋完成胆汁外引流,并观察胆汁色、质、量等,若无特殊则给予内引流。新型引流管置入 6~8 周后,若造影通畅则给予拔除。对于合并有其他脏器转移的病灶,可给予介入栓塞或消融治疗等。

1.2.4 观察内容及定义 ①技术成功率定义为新型引流管顺利置入胆管内并完成腔道内近距离放疗;②临床成功率定义为 6~8 周后能够顺利拔出胆道内外引流管且总胆红素较术前下降 75%以上;③观察术前和术后 6~8 周血常规、胆红素、免疫球蛋白(IgA、IgG、IgM)变化;④核素有无泄漏或移位:SPECT/CT 显像;⑤有无并发症,如胆管穿孔、出血、感染、放射性肠炎等;⑥胆管再梗阻定义为胆红素较前明显升高(1 倍以上),CT 或 MR 提示胆管梗阻且患者有胆管梗阻相关临床症状;⑦支架的通畅时间定义为引流管置入后至胆管再发梗阻时间;⑧TPS 验证引流管旁开 5 mm(参考点)的累积剂量;⑨患者生存时间。

1.3 统计学分析

采用 SPSS17.0 统计软件,计量资料以($\bar{x}\pm s$)表示。手术前后参数差异采用配对 t 检验;Kaplan-Meier 法分析支架通畅时间及患者生存时间;设 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 新型引流管的安全性

所有患者均病理学证实为恶性胆道梗阻性病

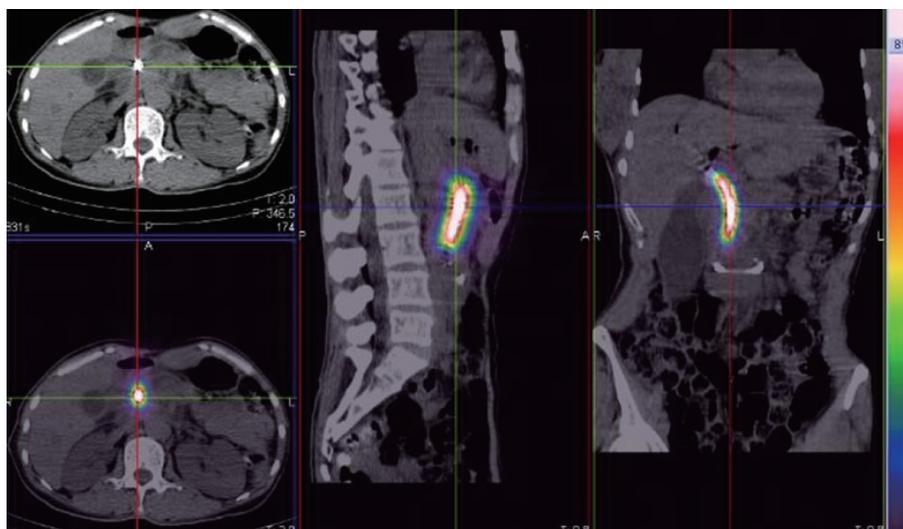
变,中位胆管梗阻 9 例,低位胆管梗阻 4 例,肝门区胆管梗阻 2 例。所有患者均顺利完成球囊扩张和置入管状支架后,引入新型胆道引流管顺利,技术成功率 100%。患者术前及术后 6~8 周血常规,免疫学指标较术前无明显变化($P>0.05$),而总胆红素、直接胆红素较术前明显下降($P<0.01$)(表 1)。患者一般情况较前明显改善。胆道引流管均顺利拔出,临床成功率 100%。术后 3 d 行 SPECT/CT 提示,粒子 γ 射线覆盖病变区良好,无核素粒子脱落、移位发生(图 5)。引流管置入后,所有患者均诉肝区不适症状,4~72 h 后,症状消失或明显缓解。2 例患者(13.3%)发生胆管炎,给以开放胆汁外引流,抑酸及抗生素对症处理后 1 周恢复。2 例(13.3%)间歇胆道出血,1 例患者造影证实为胆管-门脉瘘,给予调整引流管位置后逐渐恢复,另 1 例对症治疗后恢复正常。未发生胆管穿孔、严重出血、放射性肠炎、核素丢失等严重不良并发症。术后 4~8 周,TPS 验证参考点 6~8 周平均累积剂量约 131.2 Gy(范围 126.8~154.3 Gy)。随访期间,有 6 例(40%)患者接受了局部动脉灌注化疗栓塞、微波消融、生物治疗等。

表 1 引流管置入前后实验室检查结果比较 $\bar{x}\pm s$

参数	术前	术后	P 值
WBC/($\times 10^9/L$)	8.4 \pm 2.9	7.8 \pm 2.1	0.33
TBIL/($\mu\text{mol/L}$)	190.2 \pm 70.5	46.9 \pm 13.7	<0.001
DBIL/($\mu\text{mol/L}$)	148.7 \pm 63.9	31.0 \pm 7.8	<0.001
IgA/(g/L)	2.6 \pm 0.3	2.7 \pm 0.3	0.47
IgG/(g/L)	10.8 \pm 1.2	11.0 \pm 1.5	0.53
IgM/(g/L)	1.4 \pm 0.3	1.4 \pm 0.2	0.93

2.2 新型引流管的治疗效果

随访 55~402 d,6 例(40%)发生胆管再梗阻,



术后 3 d 行 SPECT/CT 提示,粒子 γ 射线覆盖病变区良好,无核素脱落、移位发生

图 5 术后 SPECT/CT 所见

支架中位通畅时间 255 d, 95%CI 168~342 d, 支架平均通畅时间 251 d, 95% CI 190~313 d; 支架 6 个月通畅率 64.5%, 9 个月通畅率 34.4%。死亡 5 例, 其中 3 例因多脏器功能衰竭死亡, 1 例肝癌合并门静脉高压患者因消化道大出血死亡, 1 例因脑转移合并出血死亡, 10 例存活。中位生存时间 368 d, 95%CI 170~566 d, 平均生存时间 321 d, 95%CI 254~389 d。6 个月生存率 90%, 9 个月生存率 64.3%。

3 讨论

胆管支架植入再狭窄的原因主要是肿瘤支架内再生长和肉芽增生^[5]。¹²⁵I 粒子是持续释放 γ 射线的低剂量辐射核素, 能够无间歇照射肿瘤细胞有丝分裂各期导致凋亡的发生, 从而进一步控制肿瘤。基于 ¹⁹²Ir 腔道内近距离放疗的启发, 国内有学者将 ¹²⁵I 粒子预先置入 3 F 医用塑料管制成单粒子链行腔道近距离放疗, 部分回顾性研究认为能够延长胆管支架的通畅时间^[6-8]。陈旭等^[9]对犬胆管内置入 ¹²⁵I 及金属支架的实验中证实了近距离放疗对胆管壁损伤轻微, 且损伤表现为可修复性。Liu 等^[10]动物研究发现 ¹²⁵I 粒子能够明显抑制胆管内皮增生, 推测近距离放疗可用于支架肉芽增生的治疗和预防。这些研究为 ¹²⁵I 粒子链应用于临床提供了理论基础。

国内学者通过不断的努力, 研究了 5 种植入方式: ①将放射性粒子置入医用 3 F 导管中, 导管远端及近端封闭, 使用 5 F 鞘管将粒子链推入支架外, 支架将粒子链固定于支架与胆管壁之间^[11-12]; ②将放射性粒子置入医用 3 F 导管中, 采用双导丝技术, 一根引入 ¹²⁵I 粒子单链, 另一根引入内外引流管, 两者平行分布^[3, 13]; ③将粒子链留置于胆道内外引流管腔^[14-15]; ④基于对引流导管的改进, 设计一种可携带放射性粒子的胆道引流导管, 引流管双腔结构能够发挥胆汁引流和近距离放疗的双重效果; 或者开发一种可容纳 ¹²⁵I 粒子的特殊的胆道 T 型管或内涵管^[16-18]; ⑤可携带 ¹²⁵I 粒子支架^[4, 19]。前 4 种植入方法均采用单粒子链, 由于粒子径向剂量快速跌落, γ 射线的穿透距离有限, 加之胆管癌内部纤维结缔组织含量高对射线的抵抗作用, 因此需要更高剂量的覆盖范围才能更有效地控制肿瘤。有学者研发了可携带 ¹²⁵I 粒子近距离放疗支架, 采用套叠技术完成支架的释放, 但支架中心旁 5 mm 的累计剂量仅为 40~50 Gy^[19], 若肿瘤较大或偏心生长则剂量难以完全覆盖肿瘤。而且由于粒子无法取出, 若发生近距离放疗相关并发症时无法马上终止腔内近距离放

疗。为解决以上问题, 我们研发了一体化可携带双 ¹²⁵I 粒子链腔道近距离放疗导管, 希望通过双粒子链来增加局部累积剂量, 扩大照射范围, 缩短粒子链体内留置时间。管体中央腔充分完成胆汁内引流同时保留后续操作通路, 避免了近距离放疗的反复腔道内操作。近距离放疗结束后, 拔出引流管, 体内不留任何异物。鉴于大部分中国基层医院缺乏精确的放疗设备和高要求的射线防护措施, 该一体化引流管的研发具有较大的现实意义。

本研究首次使用新型一体化可携带 ¹²⁵I 双链的胆道引流管, 初步结果显示技术成功率和临床成功率 100%, 近期并发症发生率 26.6%, 与既往报道了胆管放疗支架和 ¹²⁵I 粒子单链近距离放疗相当(既往报道技术成功率 94.7%~100%, 并发症 8.3%~36.6%)^[11-19]; 1 个月后胆红素指标较前明显下降, 说明双 ¹²⁵I 粒子腔没有影响对胆汁的引流作用和增加额外并发症。观察高剂量射线是否抑制骨髓造血功能, 随访中患者的血象及免疫指标未见明显异常, 未发现因粒子持续低剂量辐射造成肝功能损伤证据, 但双粒子链对周围正常组织的动态损伤程度及变化规律, 仍有待进一步动物实验和临床随访观察。由于所有的患者均采用了胆管支架植入, 肿瘤受支架挤压及部分患者(40%)采用其他的后续治疗措施等不确定因素, 无法精确采用 mRECIST 对双粒子链抑制肿瘤的效果作用评估, 因此采用支架通畅率作为初步研究的主要观察指标。6 个月支架通畅率为 65.4%, 较 Zhu 等^[19]报道的 ¹²⁵I 粒子支架 6 个月通畅率 58.3% 高, 考虑可能与新型引流管的局部累积的较高剂量有关(131.2 Gy)。本研究使用的粒子活度为 0.76~0.88 mCi, 是否采用超高活度 2 mCi 以上粒子能进一步减少引流管留置时间和增加局部剂量, 这是我们未来的研究方向之一。此外我们认为粒子链长度应该超过支架上下两缘, 可能有助于控制支架上下端肿瘤进展及肉芽增生, 因此初步粒子使用数量均超过狭窄区上下各 20 mm。此外, 剂量评估采用了目前市场常用的 TPS, 该系统并非针对不同弧度的粒子链所设计^[20], 且忽略引流管对 γ 射线的阻挡作用等, 因此确切剂量学仍有待进一步研究和特定 TPS 的研发。本研究术后采用 SPECT/CT 来评估 γ 射线的覆盖区, 更加直观地反映了 ¹²⁵I 粒子辐射作用范围, 而且比 X 线检查能更有效地监测粒子的迁移。未来 SPECT/CT 射线覆盖区域与 TPS 剂量曲线之间的确切关联性, 将是我们团队的重点研究方向之一。本研究的患者中位生存时间

368 d(12.3个月),较郭金和等报道的接受胆管放疗支架植入的患者7.4个月长,但入组病例数量少、选择的偏倚、恶性胆管的构成比例、后续的治疗方案等都会影响统计分析结果,尚无法得出确切的结论。

总之,新型一体化可携带¹²⁵I粒子的胆道内外引流管可同期实现胆汁引流和近距离放疗,初步临床应用可行、安全、有效,长期疗效需进一步随访观察和对照研究。

[参考文献]

- [1] Nam HS, Kang DH, Kim HW, et al. Efficacy and safety of limited endoscopic sphincterotomy before self-expandable metal stent insertion for malignant biliary obstruction[J]. World J Gastroenterol, 2017, 23: 1627-1636.
- [2] 姚红响,陈根生,叶冠雄,等.单纯胆管支架与¹²⁵I粒子支架腔内治疗恶性梗阻性黄疸[J].中华肝胆外科杂志,2014,20: 869-872.
- [3] Jiao D, Wu G, Ren J, et al. Study of self-expandable metallic stent placement intraluminal ¹²⁵I seed strands brachytherapy of malignant biliary obstruction[J]. Surg Endosc, 2017, 31: 4996-5005.
- [4] 郭金和,朱光宇,朱海东,等.胆管内照射支架的研发及临床应用的初步结果[J].中华医学杂志,2011,91: 2310-2313.
- [5] 姜中华,张秀华,王飞,等.内镜辅助双极射频消融在胆管恶性狭窄金属支架堵塞后再通中的应用[J].中华肝胆外科杂志,2015,21: 678-681.
- [6] Chen Y, Wang XL, Yan ZP, et al. The use of ¹²⁵I seed strands for intraluminal brachytherapy of malignant obstructive jaundice[J]. Cancer Biother Radiopharm, 2012, 27: 317-323.
- [7] 王勇,刘会春,李宗狂,等.经皮胆道支架联合¹²⁵I粒子腔内植入治疗恶性梗阻性黄疸的初步研究[J].中华放射学杂志,2014,48: 403-407.
- [8] 黄婉姚,杨维竹,江娜,等.¹²⁵I粒子条胆道支架治疗恶性胆道梗阻38例[J].介入放射学杂志,2014,23: 633-636.
- [9] 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.
- [10] Liu Y, Liu JL, Cai ZZ, et al. A novel approach for treatment of unresectable extrahepatic bile duct carcinoma: design of radioactive stents and an experimental trial in healthy pigs[J]. Gastrointest Endosc, 2009, 69: 517-524.
- [11] 戴真煜,姚立正,李文会,等.经皮胆道支架联合支架¹²⁵I粒子条植入治疗恶性胆道梗阻[J].介入放射学杂志,2011,20: 706-708.
- [12] 李文会,罗剑钧,戴真煜,等.腔内近距离放疗联合及支架植入治疗恶性胆道梗阻[J].介入放射学杂志,2015,24: 215-218.
- [13] Dechao J, Han X, Yanli W, et al. Y-configured metallic stent combined with ¹²⁵I seed strands cavity brachytherapy for a patient with type IV Klatskin tumor[J]. J Contemp Brachytherapy, 2016, 8: 356-360.
- [14] 邹雷,金焰,乔鸥,等.¹²⁵I粒子可更换持续照射系统治疗不可切除肝门部胆管癌[J].中华肝胆外科杂志,2015,21: 418-420.
- [15] 王涛,刘胜,郑延波,等.¹²⁵I粒子条联合胆道内支架治疗恶性梗阻性黄疸的临床疗效[J].中华肿瘤杂志,2016,38: 228-231.
- [16] 张西坤,徐忠法,牛洪欣,等.移动式¹²⁵I粒子链共轴引流导管在恶性梗阻性黄疸治疗中的应用[J].山东医药,2017,57: 97-98.
- [17] 刘素丽,赵春青,王佳,等.内镜下碘-125粒子置入腔内照射治疗胆管癌的临床研究[J].中华消化内镜杂志,2015,32: 529-533.
- [18] 潘洪涛,刘会春,费圣贤,等.胆道支架联合¹²⁵I粒子腔内照射治疗肝门胆管癌的临床疗效[J].中华放射学杂志,2016,50: 393-396.
- [19] Zhu HD, Guo JH, Zhu GY, et al. A novel biliary stent loaded with ¹²⁵I seeds in patients with malignant biliary obstruction: preliminary results versus a conventional biliary stent[J]. J Hepatol, 2012, 56: 1104-1111.
- [20] 郝亮,汪建,王斌,等.模拟胆管内不同弧度¹²⁵I粒子链的剂量学研究[J].中华放射医学与防护杂志,2017,37: 758-762.

(收稿日期:2018-06-10)

(本文编辑:俞瑞纲)