

• 实验研究 Experimental research •

可回收式锥形肝静脉支架的动物实验研究

夏凤飞, 祖茂衡, 魏宁, 吴康, 许伟, 徐浩, 顾玉明,
张庆桥, 傅启元, 李洪福

【摘要】 目的 通过动物实验评估可回收式锥形肝静脉支架的可行性、安全性及稳定性,探讨支架回收最佳时间。**方法** 健康家猪 24 头,随机分为 4 组,每组 6 头。全身麻醉下经右颈内静脉入路接受肝中静脉可回收式锥形支架置入术,术后 3、7、11、15 d 分别接受支架回收。采用 *t* 检验对比各组支架置入后、回收前所测得的支架内血流压力变化差异。采集支架中段相邻血管组织标本作病理学检查,测量计算新生血管内膜厚度,单因素方差分析对比各组间新生内膜厚度差异。**结果** 24 枚支架均成功置入,技术成功率 100%;支架回收技术成功率为 50%(12/24)。肝中静脉内压力测量显示,3 d 组支架置入后与回收前比较,差异无统计学意义($P>0.05$);7 d 组、11 d 组、15 d 组支架置入后与回收前比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。各组间支架中段相邻组织新生内膜平均厚度两两比较,差异均有显著统计学意义($F=338.29, P<0.001$)。**结论** 可回收式锥形支架置入家猪肝静脉安全、可行,其最佳安全回收时间为 3 d,最长不宜超过 7 d。

【关键词】 猪,动物实验;肝静脉;可回收支架;内膜增生;再狭窄

中图分类号:R575.2 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-12-1078-06

Retrievable hepatic vein tapered-stent: an experimental study in pigs XIA Feng-fei, ZU Mao-heng, WEI Ning, WU Kang, XU Wei, XU Hao, GU Yu-ming, ZHANG Qing-qiao, ER Qi-yuan, LI Hong-fu.

Department of Interventional Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical College, Xuzhou, Jiangsu Province 221006, China

Corresponding author: ZU Mao-heng, E-mail: cjr.zumaoheng@vip.163.com

【Abstract】 Objective To evaluate the feasibility, safety and stability of implantation of retrievable tapered-stent in hepatic vein through experimental study in pigs, and to discuss the optimal time to retrieve the tapered-stent. **Methods** A total of 24 healthy pigs were randomly and equally divided in to 3 d group ($n=6$), 7 d group ($n=6$), 11 d group ($n=6$) and 15 d group ($n=6$). Under general anesthesia, implantation of retrievable tapered-stent in the middle hepatic vein via the right internal jugular vein was performed in all the experimental pigs. The implanted tapered-stents of 3 d group, 7 d group, 11 d group and 15 d group were respectively retrieved at 3, 7, 11 and 15 days after the implantation. The mean in-stent blood pressure was determined before implantation and immediately before its retrieval, the changes in blood pressure were compared between the four groups by using *t* test. Specimens of vascular tissue adjacent to the middle section of the tapered-stent were collected and sent for pathological examination, the neo-intima thickness was measured, the differences in the neo-intima thickness between the four groups were analyzed by using single factor variance analysis. **Results** A total of 24 tapered-stents were successfully implanted, the technical success rate was 100%. The technical success rate of stent retrieval was 50%(12/24). The measurements of blood pressure in the middle hepatic vein indicated that in the 3 d group the post-implantation pressure was not significantly different from the pre-retrieval pressure ($P>0.05$); while in the 7 d group, 11 d group and 15 d group the post-implantation pressure was significantly different from the pre-retrieval pressure ($P<0.05$).

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2016.12.014

基金项目:江苏省临床医学科技专项项目(BL2012021)、江苏省医学创新团队计划项目(LJ201143)

作者单位:221006 江苏 徐州医科大学附属医院介入放射科(夏凤飞现在山东省滨州市人民医院工作)

通信作者:祖茂衡 E-mail: cjr.zumaoheng@vip.163.com

Statistically significant differences in the mean neo-intima thickness of vascular tissue adjacent to the middle section of the tapered-stent existed between each other among the 7 d group, 11 d group and 15 d group ($F=338.29$, $P<0.001$). **Conclusion** The implantation of retrievable tapered-stent in experimental pig's hepatic vein is safe and feasible, and the optimal time to retrieve the tapered-stent is 3 days, preferably not exceeding 7 days, after its implantation. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 1078-1083)

【Key words】 pig; animal experiment; hepatic vein; retrievable stent; intimal hyperplasia; restenosis

布-加综合征指肝静脉和(或)下腔静脉阻塞所致血液回流障碍产生的门静脉和(或)下腔静脉高压的临床症状和体征^[1]。血管内介入治疗 BCS 现已进入成熟阶段^[2-3]。但随着术后随访时间延长,下腔静脉和肝静脉内支架远期并发症成为临床上必需面对的难题。近年来,可回收支架逐渐成为血管祛除支架研究领域一大热点。本研究通过动物实验评估可回收锥形肝静脉支架的可行性、安全性、稳定性及回收最佳时间。

1 材料与方法

1.1 实验动物与支架

实验取健康家猪 24 头(徐州医科大学动物实验中心提供),雌雄不限,2~3 个月龄,平均体重(35.3 ± 4.1) kg,成组圈养。可回收锥形肝静脉支架(山东维心医疗器械公司)由镍钛合金经激光雕刻编制加工而成,远心端为开放状态,近心端呈网篮状结构,其顶端焊接有回收钩,便于套取回收;规格为 10~14 mm×50 mm,呈锥形自膨胀展开式(图 1);经 6 F 鞘输送置入,10 F 回收鞘及鹅颈圈套器回收。

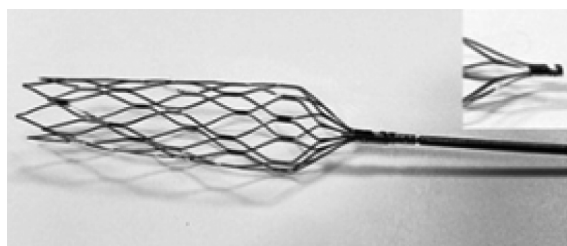


图 1 实验用可回收式锥形肝静脉支架

1.2 实验前准备

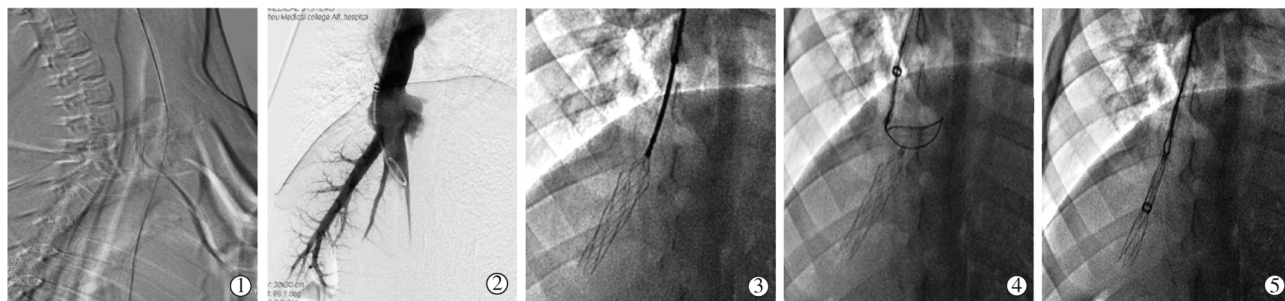
实验前 12 h 实验猪禁食禁水。将戊巴比妥钠粉剂(德国分装)3 g 与生理盐水 100 ml 配制成 3%戊巴比妥钠注射剂;采用肌肉静脉复合麻醉方法,即先通过肌肉注射 3%戊巴比妥钠诱导麻醉(剂量为 30 mg/kg)建立耳缘静脉通道,再经耳缘静脉间断推注戊巴比妥钠维持全身麻醉,待实验猪出现呼吸缓慢平稳,肌肉松弛,躁动消失,睫毛、角膜反射迟钝,皮肤夹捏反应明显减弱等可认为已达到适宜的麻醉效

果,实验中依据手术操作需要间歇适当给药,以维持动物外科麻醉;实验中无需气管插管及辅助呼吸。

1.3 穿刺入路建立、支架置入与回收

全身麻醉后将实验猪侧卧并固定于 Innova 4100 型数字减影血管造影机(美国通用公司)检查床,右侧颈部消毒铺巾,经耳缘静脉留置针推注少量对比剂并作 DSA 路径图(图 2①),采用 21 G PTC 穿刺针(美国 Cook 公司)成功穿刺颈内静脉并置入 5 F 导管鞘,经导管鞘采集静脉血标本作生化指标分析;0.035 英寸 150 cm 超滑导丝(日本 Terumo 公司)导引下,经导管鞘送入 4 F 猪尾导管(美国 Cordis 公司)至下腔静脉肝后段作造影(对比剂速率 10.0~15.0 ml/s,总量 20.0~25.0 ml,6 帧/s 采集图像),观察各肝静脉开口(图 2②),更换 4 F 单弯导管作肝中静脉造影(速率 4.0~6.0 ml/s,总量 10.0~15.0 ml,6 帧/s);送入 0.035 英寸 260 cm 超滑交换导丝(日本 Terumo 公司)至肝中静脉,沿导丝引入支架输送装置,准确定位后释放并解脱支架(图 2③);撤出支架输送装置,再次引入 4 F 单弯导管至肝中静脉复查造影,观察支架置入后血管内血流变化;肝素水冲洗导管,将导管与压力传感器连接,测量并记录肝中静脉内压力,完毕拔出导管及导管鞘,缝合皮肤切口后敷料覆盖;将实验猪送回饲养圈中,注意保持饲养环境卫生。

实验猪随机分为 4 组,每组 6 头,分别于支架置入术后 3、7、11、15 d 接受复查造影及支架回收。建立穿刺入路后经导管鞘采集静脉血标本,导丝导引下经 4 F 单弯导管作肝中静脉造影,观察有无充盈缺损、对比剂外溢,支架内腔有无狭窄或闭塞;肝素水冲管后再次测量肝中静脉压力,完毕后经交换导丝引入回收长鞘,配合鹅颈抓捕器成功套取支架回收钩,下推长鞘回收支架(图 2④⑤);观察取出支架的结构形态完整性、支架表面有无增生组织附着等情况;再次造影观察肝中静脉内血流变化;为便于后续血管标本精确定位和取出,对已顺利回收支架的实验猪,需要再次将支架送至肝中静脉原位置后释放。



①路径图引导下 PTC 穿刺针穿刺颈内静脉,建立入路;②③造影观察肝静脉后置入支架;④鹅颈抓捕器套取支架回收钩;⑤下推长鞘回收支架
图 2 穿刺入路建立、支架置入与回收影像

1.4 血标本处理与支架回收难易度评判

将采集的静脉血标本置于分离胶-促凝管中,离心后采用全自动生化分析仪检测肝功能指标:谷氨酸转氨酶(ALT)、天冬氨酸转氨酶(AST)、 γ -谷氨酰转移酶(GGT)等。

支架回收难易度评判:①无困难——鹅颈抓捕器顺利套住支架近心端回收钩,下推回收鞘无阻力或有轻度阻力,但可顺利回收支架;②困难——抓捕器顺利套住支架近心端回收钩,下推回收鞘阻力大,需同时上拉抓捕器才能回收支架;③无法取出——抓捕器顺利套住支架近心端回收钩,无论下推回收鞘还是同时上拉抓捕器,均无法回收支架。

1.5 标本观察及组织病理学检查

处死实验动物后解剖寻找留置支架的肝中静脉,切取支架段血管。若实验猪支架可顺利回收,纵向剪开支架段血管,观察组织内膜增生、支架压痕情况,血管有无血栓、穿孔破裂;若支架无法回收,纵向剪开包绕支架段血管,观察支架内血管内膜覆盖程度,支架内有无血栓、血管有无破裂等。切取支架中段邻近肝中静脉血管组织,4%甲醛溶液固定。石蜡包埋切片(每块组织切片4张,切片厚度5 μ m),苏木精-伊红(HE)染色后光镜下作形态学观察。采用 Image-Pro Plus 图像分析软件测量支架段、正常段血管内膜厚度,随机选取各组实验猪支架段、正常段血管病理切片各3张,每张切片随机选取5个视野,测量各自内膜厚度,计算得出每组新生内膜厚度(新生内膜厚度=支架段下腔静脉内膜厚度-正常段下腔静脉内膜厚度)。

1.6 统计学方法

选用 SPSS 16.0 软件进行统计学分析。计量资料用均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。多均数间比较用单因素方差分析,两组均数比较用 t 检验; $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 支架置入与回收

24 枚支架均成功置入 24 头实验猪肝中静脉内,技术成功率 100%;12 枚支架回收成功(表 1)。置入后 3 d 组、7 d 组复查造影未见管腔狭窄,11 d 组、15 d 组共 4 枚支架内管腔狭窄(表 2、图 3①)。3 d 组 6 枚支架均顺利回收,支架接触部位血管内膜表面均见轻度支架压痕;7 d 组 1 枚支架顺利回收,4 枚回收困难,取出后见金属支撑丝局部被少量细线状内膜增生组织附着,血管内膜表面支架压痕明显(图 3②),1 枚无法取出,大部分被半透明状黏膜组织粘连;11 d 组 1 枚支架回收困难,内膜表面可见条索状内膜撕脱,支架内血栓形成致管腔狭窄(图 3③),另 5 枚均未回收取出,大部分被血管内膜增生组织包绕,仅部分支架结构可见;15 d 组 6 枚支架均未成功回收,除支架回收钩裸露外,支架体完全镶嵌于血管内膜(图 3④)。观察期间,所有支架无移位、断裂。

表 1 各组支架回收情况及难易度 枚

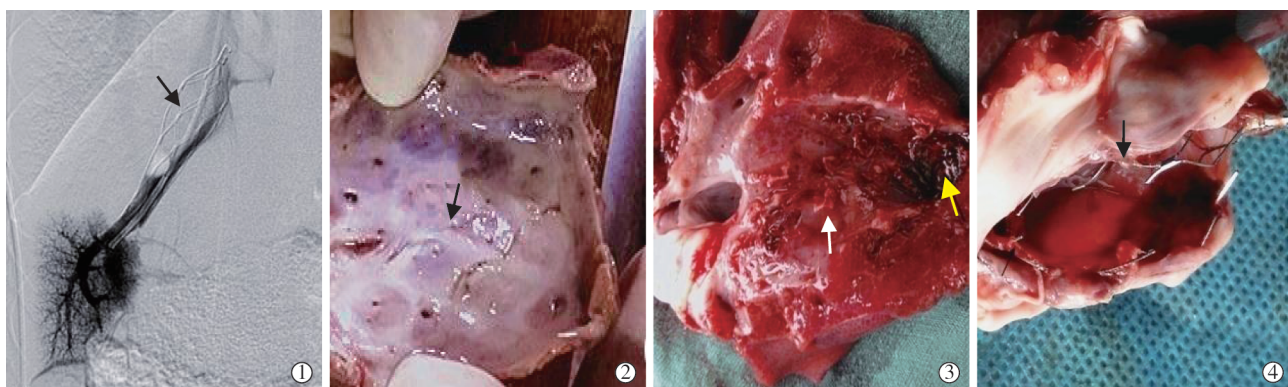
组别	无困难	困难	无法取出
3 d 组($n=6$)	6	0	0
7 d 组($n=6$)	1	4	1
11 d 组($n=6$)	0	1	5
15 d 组($n=6$)	0	0	6

表 2 各组支架回收前复查造影情况 枚

组别	通畅	狭窄	闭塞
3 d 组($n=6$)	6	0	0
7 d 组($n=6$)	6	0	0
11 d 组($n=6$)	5	1	0
15 d 组($n=6$)	3	3	0

2.2 肝中静脉内压力测量

肝中静脉内压力测量显示,3 d 组支架置入后与回收前比较,差异无统计学意义($P>0.05$);7 d 组、11 d 组、15 d 组支架置入后与回收前比较,差异有



①置入后 15 d 组回收前复查造影示支架内对比剂充盈缺损影,管腔狭窄(箭头);②7 d 组所取标本血管内膜表面见支架压痕(箭头);③11 d 组血管表面见部分内膜撕脱(白箭头),管腔内少许血栓形成(黄箭头);④15 d 组见支架除回收钩外,完全被新生内膜覆盖包裹,无法取出
图 3 支架回收困难和无法取出图像

统计学意义($P<0.05$),见表 3。

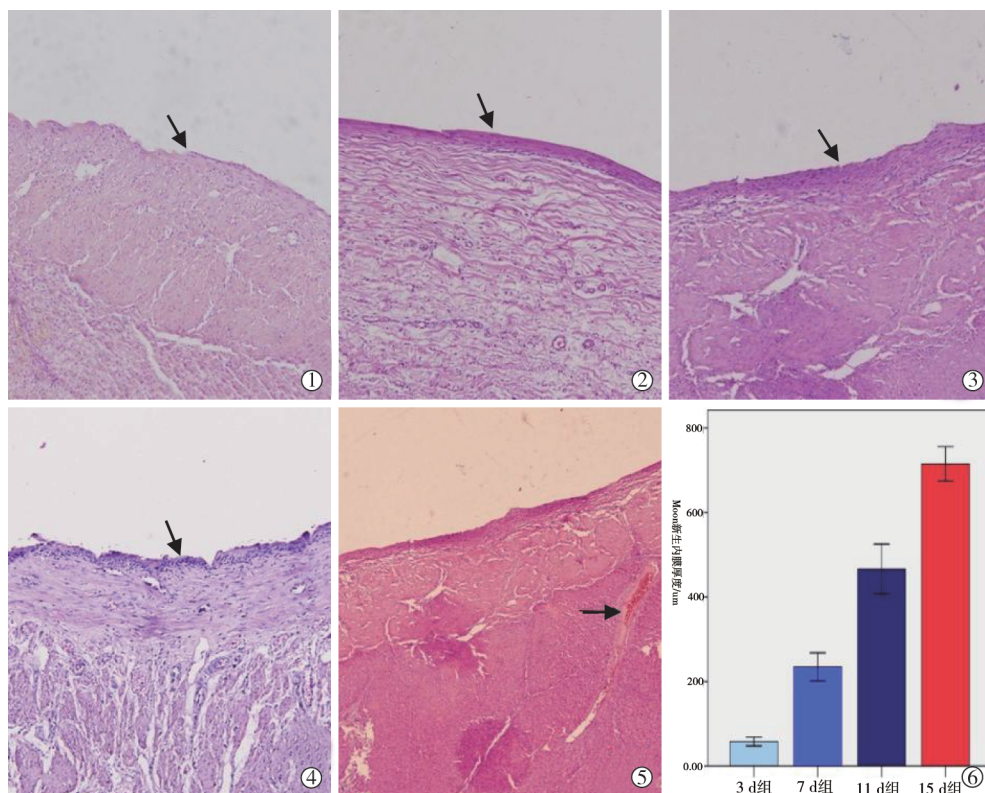
组别	置入后	回收前	t 值	P 值
3 d 组($n=6$)	14.33 ± 1.86	15.67 ± 1.37	1.87	1.21
7 d 组($n=6$)	14.67 ± 2.16	19.67 ± 2.42	8.66	<0.05
11 d 组($n=6$)	15.17 ± 2.48	28.33 ± 5.16	6.56	<0.05
15 d 组($n=6$)	14.50 ± 1.87	35.17 ± 4.45	11.14	<0.05

注: $1 \text{ cmH}_2\text{O} = 0.098 \text{ kPa}$

2.3 组织病理学观察及新生内膜厚度测量

组织病理学检查显示,术后 3 d 组新生内膜增

生不明显(图 4①),而随着支架留置时间延长,7 d 组、11 d 组、15 d 组新生内膜逐渐明显(图 4②③④)。支架回收困难时操作不当或强行取出等,可使内膜组织撕脱,导致内膜下出血(图 4⑤)。支架中段邻近血管组织新生内膜平均厚度在 3 d、7 d、11 d、15 d 组分别为(57.80 ± 9.84) μm 、(234.61 ± 31.65) μm 、(466.27 ± 56.12) μm 、(714.91 ± 39.02) μm ,组间两两比较差异均有显著统计学意义($F=338.29, P<0.001$),见图 4⑥。



①术后 3 d 组新生内膜增生不明显;②③④随着时间延长,7 d 组、11 d 组、15 d 组内膜增生程度(箭头)逐渐加重;⑤内膜撕脱后可见内膜下出血(箭头);⑥各组新生内膜平均厚度比较

图 4 组织病理学观察结果

所有实验猪支架置入前与回收前肝功能比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。

3 讨论

支架植入治疗肝静脉阻塞型布-加综合征已应用于临床,但支架作为永久性植入物仍有缺点,如发生支架内再狭窄或闭塞、支架远心端增生狭窄或闭塞、自身金属磨损致支架断裂移位等并发症^[2],也是治疗中必须面对的难题。有关镁合金可降解支架的研究时有报道,但其降解速度不可控、生物相容性欠佳等问题仍面临诸多挑战^[4]。近年越来越多学者对可回收支架颇感兴趣,有文献报道采用自制可回收滤器式下腔静脉支架治疗布-加综合征伴血栓患者安全可行,取得了满意的临床效果^[5]。本实验所采用的可回收锥形肝静脉支架的近心端直径大于远心端直径,整体呈锥形结构,使得支架与血管具有理想的解剖顺应性,可降低支架远端剪切力,减少再狭窄发生。更重要的是,可回收支架不仅在一定时间内使血管病变呈有效持续扩张状态,还降低了支架置放时间较长引起的支架内血管内膜组织增生再狭窄或闭塞发生率,确保治疗效果。另外,永久性支架植入后往往会影响再次介入手术入路,导致再次介入治疗困难或失去再次治疗机会,而可回收支架恰恰避免了这一缺点。

腔静脉滤器在静脉血栓、肺栓塞防治中应用广泛,大量研究也证实其临床应用的安全性和有效性^[6-7],这为本实验研究提供了操作技术保证和可靠理论依据。有关临时腔静脉滤器的安全回收时间、不同类型临时滤器回收时间的报道不一。秦定文等^[8]报道,自制下腔静脉支架式滤器留置动物腔静脉 2 周,支架由大部分黏膜组织覆盖。楼文胜等^[9]对一款可回收式下腔静脉滤器进行动物实验研究,发现其最大安全可回收时间为 10 d。

本研究在预实验中,对置入肝中静脉 10 d、14 d 的支架分别进行回收,但均未成功。我们随后在实验中缩减支架回收时间,分别于置入后 3、7、11、15 d 回收,结果发现可回收支架在肝静脉留置 3 d 对肝静脉压力影响不大($P>0.05$),而留置时间 >7 d,肝静脉压力变化差异有统计学意义($P<0.05$);随着支架留置时间延长,血管新生内膜厚度逐渐增加,各组间新生内膜平均厚度比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。随着支架被增生组织包绕逐渐加重,回收难度亦增加。

本研究通过主观评估支架回收难易度及观察

所取支架段血管内膜的支架压迹轻重、内膜破坏等情况认为,支架最佳安全回收时间为置入后 3 d,最长不要超过 7 d。由此可见,可回收肝静脉支架安全回收时间明显短于临时腔静脉滤器回收时间,分析原因可能主要与支架直径及结构有关。文献报道支架规格大小与内膜增生呈明显正相关,支架-血管直径比越大,内膜增生越重^[10-11]。此外,从物理学受力方面分析,临时腔静脉滤器回收轨迹基本为直线,而肝中静脉解剖走行与下腔静脉存在一定角度,支架回收过程中对回收鞘所施下推力或上提抓捕器拉力可能略大于等同条件下的腔静脉滤器回收,从而一定程度上增加了回收难度,间接缩短了可回收时间。

实验猪用于医学研究已日趋广泛。猪肝脏与人肝脏结构较为相似^[12],外观上由左外叶、左内叶、右外叶、右内叶、尾状叶等 5 叶组成。猪肝静脉分支分布与人极其相似,左外叶肝静脉、左内叶肝静脉及其合干相当于人的肝左静脉,肝中静脉如人的肝中静脉那样汇集左内叶、右内叶(人为右前叶)部分血液。右内叶大部分血液由右内叶肝静脉汇集,且大多注入肝中静脉,相当于人肝中静脉来自右前叶的属支,而右外叶肝静脉中右叶间肝静脉就其位置而言,因毗邻右叶间切迹,相当于人肝右静脉,其余分支则相当于右后上缘静脉和肝右后侧静脉^[13]。肝左静脉管径虽粗大但长度较短,而肝中静脉解剖位置恒定,其直径和长度可满足肝静脉流出道建立,因此本研究选择肝中静脉作为支架置入靶静脉,预实验中对肝中静脉近、中、远端进行测量,并根据测量结果制作实验所用规格支架。有关实验猪手术过程中体位选择的文献报道较少。本研究均在实验猪侧卧位下进行操作,未影响实验进程及结果。此外,本组 24 头实验猪未作皮肤组织切开暴露血管,而是在 DSA 路径图引导下,以 PTC 针穿刺颈内静脉,有效提高了穿刺成功率,降低了术后感染机会。

本研究中为了便于支架顺利回收,支架释放过程中要求支架近心端回收钩突出于肝中静脉开口,并悬于下腔静脉内。支架释放位置过低,致使回收钩于肝中静脉开口以下,抓捕器不易施展;支架释放位置较高,致使回收钩与下腔静脉血管侧壁紧贴,也不利于支架回收。因此,术中造影应仔细观察肝中静脉、下腔静脉解剖形态,准确定位后释放。

有学者认为支架置放过程中应尽量避免横跨分支血管,以免引起血管闭塞风险。对动脉系统疾病,支架植入后分支血管发生阻塞概率很小^[14],但

对静脉系统疾病,静脉循环中血液流速及其压力或许较低,结果可能不同。徐浩等^[15]报道,跨肝静脉开口处置入下腔静脉支架可继发肝静脉阻塞,主要原因是支架覆盖了肝静脉开口,引起肝静脉血流动力学改变。本研究中支架覆盖肝中静脉部分分支,大部分分支血管血流通畅;分析其原因,可能在于支架回收时间内尚不足以引起支架段肝中静脉分支血流动力学改变,这正是可回收支架优势所在。

此外,在支架回收过程中,必要时可根据肝中静脉开口及其与下腔静脉走行夹角,适当对回收长鞘头端作塑形,也可帮助支架顺利回收。本实验中 7 d 组、11 d 组支架回收困难共 5 例,虽然最终均回收,但支架表面已被增生内膜组织不同程度覆盖,回收中内膜有不同程度撕脱;这提示,临床上对支架留置时间较长且取出难度较大患者需作好术前充分评估并制定相应预防措施,强行取出支架将导致血管受损破裂出血、支架断裂误伤穿孔血管及周围组织器官等并发症发生。

有学者报道认为支架内血栓形成是造成肝静脉支架内阻塞的主要原因,可能与支架大小及结构形态有关。Zamora 等^[10]报道在 6 头小型猪颈内静脉和髂静脉中置入 24 枚支架(支架-血管直径比为 119.5%~216.0%),结果表明支架规格大小与内膜增生呈明显正相关,支架-血管直径比每增大 10%,内膜增生增加 3.1%。本研究中 11 d 组 1 例、15 d 组 3 例出现支架内血栓形成,引起不同程度管腔狭窄或闭塞。我们分析除上述原因外,或许还与各组间、组内实验猪肝中静脉管径及解剖走行的个体差异有一定关系。支架移位是支架植入术常见并发症之一,有文献报道通过增大植入支架直径增加支架对血管壁的扩张程度,有助于提高支架与血管壁的锚定力,降低支架移位发生^[16]。但 Zamora 等^[10]认为,动物运动是导致支架移位的更危险因素。本研究中实验猪间肝中静脉走行、管径均略有差别,各组间支架留置时间不同,但均未发现支架移位及断裂情况,分析原因可能系动物运动对肝中静脉内支架影响较小的缘故。

总之,在本实验条件下,可回收式锥形支架置入家猪肝静脉安全、可行,其最佳安全回收时间为 3 d,最长不宜超过 7 d。如何延长支架回收时间,提高临床意义仍需下一步深入研究。

[参考文献]

- [1] 中华医学会放射学分会介入学组. 布加综合征介入诊疗规范的专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2010, 44: 345-349.
- [2] 祖茂衡, 徐浩, 顾玉明, 等. 布加综合征疑难病例与介入治疗相关并发症的处理(附 1859 例报道)[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2014, 21: 1487-1494.
- [3] 夏凤飞, 魏宁, 祖茂衡, 等. 3.0T 磁共振静脉血管成像在布加综合征介入治疗中对阻塞血管的评估[J]. 中华肝胆外科杂志, 2015, 21: 793-797.
- [4] 谭志刚, 周倩, 蒋宇钢. 生物可降解镁合金血管支架: 缺点及未来研究趋势[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19: 1284-1288.
- [5] 韩新巍, 丁鹏绪, 高雪梅, 等. Budd-Chiari 综合征: 下腔静脉阻塞合并血栓的可回收内支架设计及应用[J]. 介入放射学杂志, 2006, 15: 533-536.
- [6] 胡蓝月, 顾建平, 楼文胜. 下腔静脉滤器置入后并发症及其防治的研究进展[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 645-649.
- [7] 冯亚平, 张福先, 罗小云, 等. 下腔静脉滤器临床应用单中心中-长期疗效观察[J]. 中华普通外科杂志, 2014, 29: 835-838.
- [8] 秦定文, 施海彬, 刘圣, 等. 自制下腔静脉支架式滤器安全性的动物实验研究[J]. 介入放射学杂志, 2008, 17: 349-352.
- [9] 楼文胜, 顾建平, 陈国平, 等. 可取出式下腔静脉滤器的实验研究[J]. 中国医学影像技术, 2006, 22: 998-1001.
- [10] Zamora CA, Sugimoto K, Yamaguchi M, et al. Effect of stent oversizing on in-stent stenosis and lumen size in normal porcine veins[J]. J Endovasc Ther, 2005, 12: 495-502.
- [11] Yamaguchi M, Sugimoto K, Zamora CA, et al. Placement of self-expanding stents with different diameters in the porcine venous system: an experimental study[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17: 113-119.
- [12] 蒲淼水, 钟世镇, 石瑾. 猪活体肝脏移植的应用解剖[J]. 中国临床解剖学杂志, 2003, 21: 74-75.
- [13] 陈嘉绩. 猪的肝静脉系统[J]. 中国兽医学报, 1996, 16: 166-169.
- [14] Iijima R, Tsunoda T, Yamamoto M, et al. Fate of unprotected side branches as related to embolic complications during stent implantation for acute coronary syndromes using a distal protection procedure[J]. Am J Cardiol, 2005, 95: 636-639.
- [15] 徐浩, 祖茂衡, 顾玉明, 等. 下腔静脉支架置入后肝静脉成形术的临床应用[J]. 中华放射学杂志, 2005, 39: 1316-1319.
- [16] Verstandig AG, Bloom AI, Sasson T, et al. Shortening and migration of wallstents after stenting of central venous stenoses in hemodialysis patients[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2003, 26: 58-64.

(收稿日期:2016-06-28)

(本文编辑:边 估)