



doi:10.7659/j.issn.1005-6947.2014.12.007
http://www.zpwz.net/CN/abstract/abstract4129.shtml

· 基础研究 ·

自制微铜圈栓塞兔肾动脉的效果研究

姜华, 孙勇, 濮进敏, 闫东, 王家平, 李迎春, 童玉云, 赵洁

(昆明医科大学第二附属医院放射科介入室, 云南昆明 650101)

摘要

目的: 探讨自制微铜圈在实验兔体内的动脉栓塞效果和生物相容性。

方法: 将30只新西兰大耳白兔随机均分为实验组与对照组, 分别用自制微铜圈(实验组)与Cook公司生产的微弹簧圈(对照组)经3F微导管释放, 栓塞兔肾动脉末梢支, 于栓塞术后不同时间观察血管闭塞情况和病理学改变, 同时对实验动物栓塞前后的实验室指标进行比较。

结果: 血管造影显示, 栓塞后30 min, 实验组血管栓塞的效果不如对照组($P < 0.05$), 但栓塞后3 d至12周各时间点, 两组血管栓塞效果差异无统计学意义(均 $P > 0.05$)。两组栓塞后肾脏大体病理学改变相似, 血栓形成情况两组间差异无统计学意义($P > 0.05$), 但实验组血管周围炎症反应较对照组轻($P < 0.05$)。栓塞术后, 两组肝、肾功能指标变化差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 且均在2周后恢复至术前水平; 实验组血清铜离子术后2周内较术前升高($P < 0.05$), 4周后恢复至术前水平(均 $P > 0.05$)。

结论: 自制微铜圈与微弹簧圈在动脉栓塞效果方面相似, 且具有更好的生物相容性。

[中国普通外科杂志, 2014, 23(12):1635-1640]

关键词

栓塞, 治疗性; 肾动脉; 铜; 兔
中图分类号: R654.3

Renal artery embolization by use of self-made small copper coils: an experimental study in rabbits

JIANG Hua, SUN Yong, PU Jinmin, YAN Dong, WANG Jiaping, LI Yingchun, TONG Yuyun, ZHAO Jie

(Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital, Kunming Medical University, Kunming 650001, China)

Corresponding author: SUN Yong, Email: jh2006327@yea.net

ABSTRACT

Objective: To assess the arterial embolic effect and biocompatibility of the self-made small copper coils in experimental rabbits.

Methods: Thirty New Zealand white rabbits were equally randomized into experimental group and control group. The terminal branches of the renal artery of the rabbits were embolized using the self-made copper coils (experimental group) or spring microcoils (Cook Inc) (control group) via a 3-F microcatheter, respectively. The vessel occlusion status and pathological changes were observed at different times after the embolization, and the laboratory parameters of the experimental animals before and after embolization were compared.

Results: Angiography showed that the embolic effect in experimental group was inferior to that in control group

基金项目: 云南省医疗卫生单位内设研究机构资助项目(2010NS074)。

收稿日期: 2014-10-26; 修订日期: 2014-11-13。

作者简介: 姜华, 昆明医科大学第二附属医院讲师, 主要从事介入放射学方面的研究。

通信作者: 孙勇, Email: jh2006327@yea.net

at 30 min after embolization ($P<0.05$), but the embolic effect had no significant difference between the two groups at each time point from 3 d to 12 weeks after embolization (all $P>0.05$). After embolization, the renal gross morphological changes of the two groups were similar, and the thrombosis formation showed no significant difference between the two groups ($P>0.05$), but the perivascular inflammatory response in experimental group was milder than that in control group ($P<0.05$). After embolization, the changes in parameters of liver and renal function showed no significant difference between the two groups (all $P>0.05$), and 2 weeks later they all returned to pre-procedure levels; the serum copper level in experimental group was increased within 2 weeks compared with preoperative level (all $P<0.05$), but returned to preoperative level after 4 weeks (all $P>0.05$).

Conclusion: Self-made small copper coils have similar arterial embolic effect as spring microcoils, and, in addition, has higher biocompatibility. [Chinese Journal of General Surgery, 2014, 23(12):1635-1640]

KEYWORDS Embolization, Therapeutic; Renal Artery; Copper; Rabbits

CLC number: R654.3

目前, 自制栓塞剂的研究报道已见许多^[1-2], 但是自制微弹簧圈栓塞实验研究报道尚少。本研究采用自制微铜圈经微导管栓塞兔肾动脉段或段以下血管进行观察, 旨在对自制一级微铜圈的栓塞效果和生物相容性等方面进行动物体内实验评价, 为其进一步临床应用提供基础理论依据和寻找一种与目前临床应用的微弹簧圈栓塞作用相当且价格便宜的国产化微弹簧圈。

1 材料与方 法

1.1 一级微铜圈的制备

将直径 0.1~0.23 mm 导电用铜丝 (纯度 99.9%)

致密缠绕在直径 0.28 mm 的芯上 (神经介入用导丝的尾端) 制成直径 0.48~0.7 mm 的微铜圈, 长度可任意切割制备。铜圈应用前用碘伏浸泡 5 min 左右消毒并去除表面氧化层后, 再用无菌盐水冲洗干净 (图 1)。

1.2 实验动物与分组

昆明医科大学动物实验中心提供的有合格证的新西兰大耳兔 30 只, 体质量 2.0~3.0 kg, 雌雄不限。将动物随机分为实验组和对照组, 实验组用自制一级微铜圈栓塞, 规格为直径 0.48 mm、长度 20 mm (图 1A); 对照组用美国 Cook 公司生产的微弹簧圈 (Tornado® Embolization Microcoil™) 栓塞, 规格为 MWCE-18S-3/2-TORNADO (图 1B)。

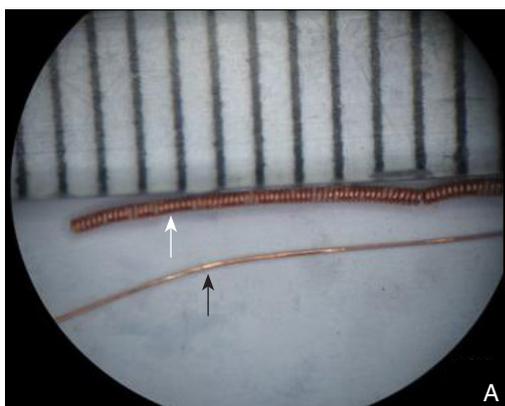


图 1 两种栓塞材料 A: 自制一级微铜丝 (黑箭头) 及制备好的微铜圈 (白箭头); B: 美国 Cook 公司生产的夹纤维纤毛微弹簧圈

Figure 1 Two types of embolic materials A: The self-made first-level copper wire (black arrow) and the small copper coils (white arrow); B: The spring microcoils manufactured by Cook incorporation

1.3 栓塞方法

用 3% 戊巴比妥钠 (1 mL/kg) 经实验兔耳缘

静脉推注麻醉后, 固定、备皮、消毒铺巾; 切开皮肤, 钝性分离一侧股动脉, 用剪刀在股动脉剪开一小

横切口, 通过导丝导入 4 F 动脉鞘, 肝素化后, 再插入 4 F Yashiro 导管置于腹主动脉的肾动脉开口水平, 手推浓度为 320 mg/mL 非离子型对比剂碘佛醇 3~5 mL 行 DSA (美国 GE 公司 LCV-plus 数字减影血管机, 矩阵 1 024 × 1 024, 图像采集速率 1 帧/s), 清楚地显示出双侧肾动脉。将 3 F 微导

管超选择至一侧肾动脉前后或上下支中的段分支, 用弹簧圈行栓塞术; 分别于栓塞后 30 min 行动脉造影观察早期栓塞效果 (图 2)。退出导管后结股动脉, 皮肤缝合, 麻醉清醒后, 送动物房饲养, 适当补液和应用抗生素抗感染。

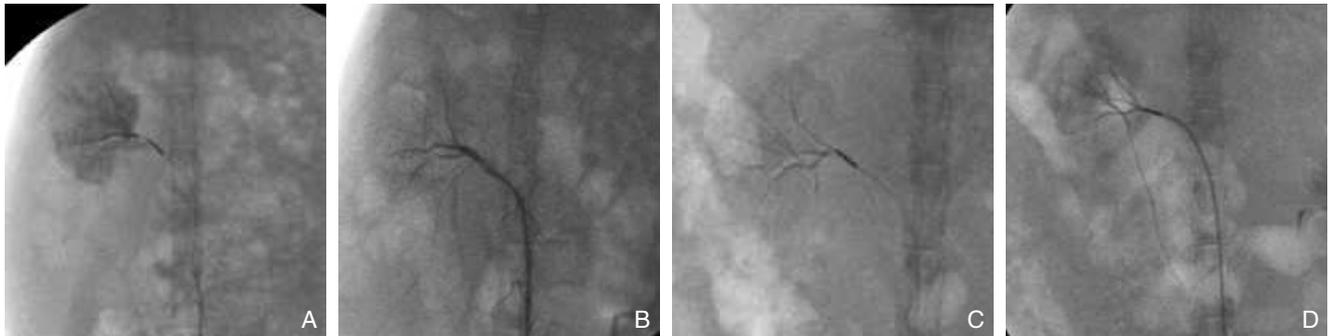


图 2 两组肾动脉栓塞前后的造影 A: 实验组栓塞前; B: 实验组栓塞后; C: 对照组栓塞前; D: 对照组栓塞后

Figure 2 Angiography of the renal artery before and after embolization A: Experimental group before embolization; B: Experimental group after embolization; C: Control group before embolization; D: Control group after embolization

1.4 观察及取材

实验组与对照组分别于栓塞术后 3 d (每组 3 只)、1 周 (每组 2 只)、2 周 (每组 2 只)、4 周 (每组 2 只)、6 周 (每组 3 只)、12 周 (每组 3 只) 用上述方法再次造影了解栓塞后动脉的闭塞、再通及侧支情况后, 处死实验兔。解剖兔取出肾脏作为标本, 用 10% 福尔马林溶液固定后, 送病理检查 (石蜡包埋, HE 染色)。

1.5 实验室检查

所有动物栓塞前以及复查前抽取的外周静脉血及时送检验科行血铜含量测定 (方法: 空气-乙炔标准曲线法, 测量试剂盒由英国 Randox 公司生产) 及肝、肾功能 (日立 7170A 全自动生化分析仪) 测定。

1.6 统计学处理

数据统计使用 SPSS 17.0 软件包进行分析, 计

量资料采用配对设计 t 检验、二分类资料采用确切概率法、等级资料采用秩和检验进行统计分析。

2 结果

2.1 一般情况

所有动物存活, 术后 1~2 d 有不同程度的精神差、食欲下降、活动减少, 一般在 2 d 后自然恢复。

2.2 栓塞后不同时间血管造影情况

栓塞效果较为满意, 栓塞过程没有发生弹簧圈无法释放的情况。栓塞后 30 min, 实验组的栓塞效果明显差于对照组 ($P < 0.05$), 但栓塞后 3 d 至 12 周各时间点, 两组栓塞效果差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$); 实验组和对照组血管栓塞后侧支循环建立情况差异无统计学意义 ($P > 0.05$) (表 1)。

表 1 两组术后不同时间栓塞效果比较 (n)

Table 1 Comparison of the embolic effects between the two groups at different postoperative times (n)

栓后时间	实验组				对照组			
	样本数	通畅	闭塞	侧支	样本数	通畅	闭塞	侧支
30 min	15	13	2	0	15	5	10	0
3 d	3	0	3	0	3	0	3	0
1 周	2	0	2	0	2	0	2	0
2 周	2	0	2	0	2	0	2	1
4 周	2	0	2	1	2	0	2	1
6 周	3	0	3	0	3	0	3	0
12 周	3	0	3	1	3	0	3	1

注: 经四格表的确切概率法检验

Note: Tested by exact probability for the fourfold table

2.3 肉眼及镜下病理情况

2.3.1 肉眼大体病理观 两组间栓塞的肾组织大体病理标本没有明显的区别。栓塞后 1 周，栓塞侧肾脏大小形态与对侧比较无明显改变，表面光滑，可见片状白色缺血梗死区；栓塞后 2、4、6 周，栓塞侧肾脏体积较对侧略有缩小，栓塞后局部梗死区表面欠光滑，梗死区纤维瘢痕形成，牵拉肾皮质下陷；栓塞后 12 周，栓塞侧肾脏体积缩小更明显，表面不光整，局部梗死区纤维瘢痕形成，肾皮质局部明显受牵拉下（图 3）。

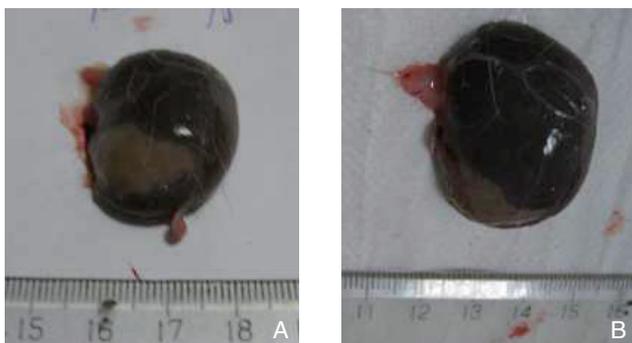


图 3 栓塞后 1 周肾脏大体病理观 A: 实验组; B: 对照组
Figure 3 Gross pathology of the kidney 1 week after embolization A: Experimental group; B: Control group

2.3.2 镜下病理表现 栓塞后 1 周：两组都可见部分肾小管变形及炎性细胞浸润（中性粒细胞为主），弥漫性间质血管扩张、淤血，血管腔内可见均一粉染不定型物（血栓），但炎性反应对照组更

明显。栓塞后 2、4、6 周：两组都可见部分小管上皮细胞萎缩，肾小球萎缩、玻璃样变性，局部肾组织呈片灶状纤维化改变，伴有内部组织钙化，肾间质纤维结缔组织增生，局部小血管内可见血栓形成，间质血管周围可见炎性细胞浸润（淋巴细胞为主），但炎性反应任以对照组明显（图 4）。栓塞后 12 周：肾组织结构稀疏，小球小管结构大多消失，肾组织呈弥漫性颗粒样变性，间质小血管管壁透明变性，血管周围可见少量炎性细胞浸润，肾组织内可见钙化灶，钙化周围可见大量纤维结缔组织形成。

两组栓塞后不同时间病理表现见表 2。实验组与对照组形成血栓的比较经四格表确切概率法检验，两组间差异没有统计学意义（ $P>0.05$ ）。实验组与对照组致血管壁炎性浸润的分布经秩和检验，两组间差异有统计学意义（ $Z=-2.810$ ， $P<0.05$ ）。

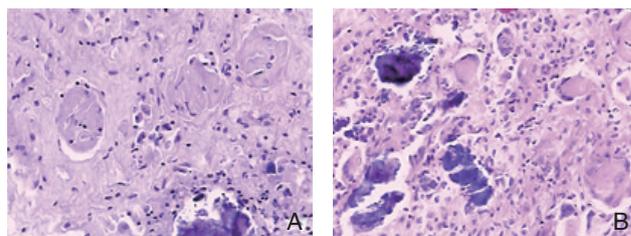


图 4 栓塞后 6 周肾组织病理学(HE × 200) A: 实验组; B: 对照组
Figure 4 Renal histopathological changes 6 weeks after embolization A: Experimental group; B: Control group

表 2 两组肾动脉栓塞后不同时间病理表现

Table 2 Pathological finds at different times after renal arterial embolization in the two groups

术后时间	实验组			对照组		
	样本数 (n)	血栓形成 (n)	管壁炎性浸润	样本数 (n)	血栓形成 (n)	血管炎性浸润
3 d	3	3	(-) ~ (+)	3	3	(+) ~ (++)
1 周	2	2	(+) ~ (++)	2	2	(++) ~ (+++)
2 周	2	2	(+) ~ (++)	2	2	(++) ~ (+++)
4 周	2	2	(+) ~ (++)	2	2	(++) ~ (+++)
6 周	3	3	(-) ~ (+)	3	3	(+) ~ (++)
12 周	3	3	(-) ~ (+)	3	3	(-) ~ (+)

注：浸润管壁 0%~25% 为 (-)；25%~50% 为 (+)；50%~75% 为 (++)；75%~100% 为 (+++)
Note: Vascular wall infiltration 0%~25% (-); 25%~50% (+); 50%~75% (++); 75%~100% (+++)

2.4 术后实验室检查指标分析

实验组术后各时间点肝肾功与对照组比较无统计学差异（ $P>0.05$ ）。实验组术后各时间点血液铜离子浓度分析于栓后 3 d，1、2 周内较术前升高（ $P<0.05$ ），以第 3 天最高，但未超过正常值的

3 倍；栓塞后 4、6、12 周血中铜离子呈下降趋势，与术前比较无差异（ $P>0.05$ ）。实验组术后各时间点肝肾功术前比较栓塞术后 3 d、1 周谷丙转氨酶（ALT）、谷草转氨酶（AST）与术前相比有明显升高，差异有统计学意义（ $P<0.05$ ）；栓塞术后 2、4、

6、12 周 ALT、AST 与术前相比差异无统计学意义 ($P>0.05$); 栓塞术后 3 天总胆红素 (TBIL)、尿素氮 (UN)、肌酐 (Cr) 与术前相比有明显升高, 差异有统计学意义 (均 $P<0.05$); 栓塞术后 1、2、4、6、12 周总胆红素、UN、Cr 与术前相比差异无统计学意义 (均 $P>0.05$) (表 3)。

表 3 两组肾动脉栓塞后不同时间的实验室指标比较

Table 3 Comparison of the laboratory parameters before and after renal arterial embolization between the two groups

组别	血 Cu^{2+} ($\mu\text{mol/L}$)	ALT (U/L)	AST (U/L)	总胆红素 ($\mu\text{mol/L}$)	UN (mmol/L)	Cr (mmol/L)
实验组						
术前	13.21 ± 5.26	35.07 ± 12.67	40.92 ± 13.22	0.74 ± 0.47	7.48 ± 1.70	93.28 ± 9.53
术后 3 d	30.63 ± 7.85 ¹⁾	157.57 ± 12.27 ¹⁾	119.57 ± 89.78 ¹⁾	1.40 ± 0.97 ¹⁾	12.17 ± 4.82 ¹⁾	107.78 ± 25.23 ¹⁾
术后 1 周	26.15 ± 8.00 ¹⁾	63.27 ± 13.22 ¹⁾	67.36 ± 22.42 ¹⁾	0.84 ± 0.48	7.39 ± 1.15	98.81 ± 32.06
术后 2 周	22.88 ± 8.13 ¹⁾	30.66 ± 14.27	46.22 ± 16.85	0.78 ± 0.40	6.79 ± 1.02	96.55 ± 10.51
术后 4 周	14.74 ± 8.41	29.71 ± 8.67	41.42 ± 11.02	0.44 ± 0.22	7.88 ± 2.38	95.85 ± 9.87
术后 6 周	14.61 ± 9.94	26.00 ± 6.28	36.00 ± 10.95	0.48 ± 0.19	9.89 ± 3.17	94.80 ± 11.90
术后 12 周	13.01 ± 7.21	23.00 ± 4.24	35.50 ± 2.12	0.51 ± 0.14	6.20 ± 1.04	82.00 ± 1.41
对照组						
术前	—	36.02 ± 12.67	40.01 ± 13.05	0.79 ± 0.42	7.52 ± 1.40	94.00 ± 9.21
术后 3 d	—	158.02 ± 12.11	119.02 ± 89.90	1.42 ± 0.96	11.98 ± 5.02	108.03 ± 25.10
术后 1 周	—	63.40 ± 13.00	67.22 ± 22.62	0.79 ± 0.52	7.16 ± 1.34	99.01 ± 31.06
术后 2 周	—	31.16 ± 13.17	46.11 ± 17.01	0.80 ± 0.20	6.74 ± 1.33	96.34 ± 10.20
术后 4 周	—	29.90 ± 8.42	40.28 ± 11.46	0.42 ± 0.11	7.74 ± 2.64	96.03 ± 9.44
术后 6 周	—	26.02 ± 6.17	36.14 ± 10.38	0.46 ± 0.24	10.00 ± 3.01	95.01 ± 12.02
术后 12 周	—	23.14 ± 3.89	35.41 ± 2.10	0.53 ± 0.11	6.18 ± 1.34	82.09 ± 1.38

注: 1) 与栓塞前比较, $P<0.05$

Note: 1) $P<0.05$ vs. preoperative level

3 讨论

3.1 一级微铜圈的栓塞作用及效果

目前流行的微弹簧圈栓塞剂主要有两类。一类是可控式弹簧圈, 主要用于颅内动脉瘤的栓塞, 主要成分为铂金, 栓塞后组织即瘤腔镜下无栓子形成及无机化血栓和纤维结缔组织形成^[3-4]。另一类是游离式弹簧圈, 主要用于外周血管的栓塞, 主要成分为不锈钢和人造纤维纤毛, 栓塞后组织即动脉镜下可见血栓形成。但上述两者多为欧美进口产品, 价格昂贵, 限制了次技术的临床广泛应用, 故本实验采用自制一级微铜圈与游离微弹簧圈对比, 两组栓塞后都达到了满意的栓塞效果。一级微铜圈栓塞后动脉造影管腔闭塞与镜下病理栓子形成关系的对照表明, 动脉造影管腔闭塞时, 一般可见到血栓形成, 提示铜圈闭塞血管不仅是机械作用, 而且启动了机体的凝血系统。

Mullan^[5]于 1972 年首先采用铜丝填塞海绵窦诱导血栓形成的方法治疗颈动脉海绵窦瘘并成功地为 31 例患者施治, 取得了良好的临床疗效, 证明海绵窦铜丝填塞法是一种疗效可靠、并发症少、适用范围广的治疗方法。其后许多学者进行这方面的研究, 也同样证实了铜具有良好的致血凝性

且疗效确实^[6-7], 并明确了铜性栓塞剂的栓塞机制是: (1) 铜圈的机械性阻塞作用, 引起血液产生涡流, 改变了正常的层流, 血细胞纤维素黏附于管壁, 释放出导致血液凝固的各种物质, 形成血栓; (2) 铜与其他金属栓塞剂相比稳定性较差, 可诱发血管内膜炎, 血管内膜受损, 血管内皮细胞破坏后暴露内皮下胶原, 启动外源性凝血途径促使血栓形成, 激活血小板和血浆中的凝血系统而加速血栓形成; (3) 铜在血液中电离而带正电荷, 而且螺旋状的铜圈可增加铜与血液接触的表面积, 吸引带负电荷的血小板、白细胞、红细胞积聚形成早期血栓; (4) 铜在维持同源蛋白 V、VWF 等凝血因子的结构完整性、稳定性方面有重要作用, 且能促进上述凝血因子的活化, 从而加速凝血及血栓形成。

本实验中, 栓塞后立即造影实验组和对照组血管的栓塞效果差异有统计学意义, 这说明对照组微弹簧圈夹人造纤维纤毛, 短时间的机械栓塞作用强于一级微铜圈, 此时的一级微铜圈没有形成血栓, 仅仅是依赖铜圈的机械阻塞作用。栓塞后短、中期造影, 实验组和对照组血管的栓塞效果差异无统计学意义, 侧支循环建立情况差异没有统计学意义, 栓后组织学检查实验组与对照组形成血栓的差异无统计学意义, 这些说明两组栓塞剂具有一致的

栓塞效果,一级微铜圈通过上述机制启动了机体的凝血系统形成大量血栓,而微弹簧圈也通过其表面的人造纤维纤毛诱发血栓形成而永久性闭塞血管^[8]。栓后大体标本组织可见两组肾组织都有局限性梗死区,随着时间延长可见肾脏体积缩小更明显,表面不光整,局部梗死区纤维瘢痕形成;栓后组织学检查也显示两组肾组织的血管腔内都有血栓形成,随时间延长,血栓逐渐机化,相应肾单位萎缩、变形、坏死及纤维化,肾间质肾间质纤维结缔组织增生,随时间延长,上述病理生理改变加重。这些都说明一级微铜圈具备了和明确的栓塞作用。

3.2 一级微铜圈的生物相容性

铜是一种广泛存在于自然界中的有色金属,理化性质较活跃。正常血清含铜量 11~22 $\mu\text{mol/L}$ 。文献报道,当血清铜达到 45 $\mu\text{mol/L}$ 时只发生胃肠炎症状;达到 125.6 $\mu\text{mol/L}$,在数日后可出现肝肾功能损害。许多临床研究发现铜针留置治疗血管瘤不会导致静脉血铜明显升高及肾功能异常,铜针治疗血管瘤安全可靠、无明显毒副作用^[9-11]。我院支爱华等^[6]的研究显示,自制的纯铜圈在动脉血管中释放铜离子缓慢,铜离子对血管壁有轻微的致炎性,能促使血栓大量形成,但无明显毒副反应。目前评价生物材料生物相容性的方法主要有体外复合细胞培养法和体内直接植入法。在本实验中我们采用了体内直接植入法。

本实验中,所有实验动物存活,仅表现为术后 1~2 d 有不同程度的精神差、食欲下降、活动减少,一般在 2 d 后自然恢复,无严重并发症发生;实验组术后各时间点血液铜离子浓度于栓后 3 d,1、2 周内较术前差异有统计学意义,以第 3 天最高,但未超过正常值的 3 倍;栓后 4、6、12 周血中铜离子呈下降趋势,与术前比较差异无统计学意义。说明该铜圈栓塞后血铜有升高但为暂时性,随机体代谢 4 周内可恢复至术前水平。实验组术后各时间点肝肾功与对照组比较没有统计学差异,说明两栓塞剂栓后对实验动物的肝肾影响相一致,而微弹簧圈是临床上常用的血管栓塞剂,其生物相容性已得到了大量的临床验证。实验组术后各时间点肝肾功术前比较术后肝、肾功在 3 d 或者 1 周内异常改变,在 1 周后都恢复术前水平。血清铜离子栓后 4 周内异常,而肝肾功仅在栓后 3 d 或者 1 周内异常,两者异常时间无明显对应关系,提示术后肝肾功短暂损伤是与栓塞剂的使用没有关系,可能与手术中动物失血、麻醉剂、造影剂及栓塞后组织损伤有关,同时也说明该栓塞

剂没有明显的毒力反应。

组织学检查显示两组被栓塞的小动脉周围出现炎症反应,在栓塞后 2、4 周时比较明显,但呈逐渐减轻、慢性化的趋势,12 周时显示的部分肾脏组织结构有接近正常的表现,但对照组炎症反应情况较对照组加重,这可能与对照组弹簧圈为二级结构却夹带人造纤维纤毛,其表面粗糙程度较一级微铜圈明显。这表明一级微铜圈对动物机体的影响比较小,生物相容性良好,提示本研究的一级微铜圈是安全的。

综上所述,本研究动物肾动脉栓塞的体内实验研究表明,一级微铜圈具有安全有效栓塞效果和良好的生物相容性。

参考文献

- [1] 桑琳,魏志勇,刘克亮,等.具有 X-射线自显影功能的碘代聚氨酯栓塞剂材料的研究[J].高分子学报,2014,(1):31-39.
- [2] 朱国庆,虞希祥,肖池金,等.三丙烯微球栓塞肾动脉的实验研究[J].介入放射学杂志,2013,22(7):578-581.
- [3] Dai D1, Ding YH, Danielson MA, et al. Endovascular treatment of experimental aneurysms by use of fibroblast-coated platinum coils: an angiographic and histopathologic study[J]. Stroke, 2007, 38(1):170-176.
- [4] Ding YH, Dai D, Kadirvel R, et al. Relationship between aneurysm volume and histologic healing after coil embolization in elastase-induced aneurysms: a retrospective study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2008, 29(1):98-101.
- [5] Mullan S. Treatment of carotid-cavernous fistulas by cavernous sinus occlusion[J]. J Neurosurg, 1979, 50(2):131-144.
- [6] 支爱华,阎东,韩正林,等.自制铜圈栓塞兔髂动脉及肾动脉的实验研究[J].中华放射学杂志,2003,37(3):205-209.
- [7] 何松坚,吴铿,叶少强,等.介入法置入栓塞弹簧圈制作猪急性心肌梗死模型[J].中国介入心脏病学杂志,2012,20(2):105-109.
- [8] 李城,王峰,纪东华,等.超选择性肾动脉栓塞术在急性肾脏出血中的应用[J].中国临床医学影像杂志,2013,24(10):712-714.
- [9] 彭智,梁杰,李平.铜针栓塞术治疗血管瘤 21 例[J].广东医学院学报,2007,25(1):29-31.
- [10] 沈卫民,王顺荣,崔杰,等.持续小电流低电压直流电铜针治疗海绵状血管瘤[J].生物医学工程与临床,2005,9(4):222-224.
- [11] 王永洁,高尚,陈忠存,等.铜针治疗血管瘤的疗效分析[J].中华整形外科杂志,2006,22(4):279-282.

(本文编辑 宋涛)

本文引用格式:姜华,孙勇,濮进敏,等.自制微铜圈栓塞兔肾动脉的效果研究[J].中国普通外科杂志,2014,23(12):1635-1640. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2014.12.007

Cite this article as: JIANG H, SUN Y, PU JM, et al. Renal artery embolization by use of self-made small copper coils: an experimental study in rabbits[J]. Chin J Gen Surg, 2014, 23(12):1635-1640. doi: 10.7659/j.issn.1005-6947.2014.12.007