

• 实验研究 Experimental research •

兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型制作的改进

刘世超, 闫现政, 王 武, 何成建, 李永东

【摘要】 目的 对兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型进行改进,以评价建模的成功率及支架植入后颈总动脉的通畅率。**方法** 取新西兰大白兔 20 只,饲养 1 周后行左侧颈内动脉结扎。1 个月后进行颈总动脉 3.0 T MRA 检查评价颈动脉与椎动脉的变化情况。采用间断式外翻缝合吻合静脉囊与颈总动脉,建立侧壁型动脉瘤。在植入覆膜支架前、术后即刻、3 个月、6 个月行血管造影。**结果** 20 只实验兔均顺利行左侧颈内动脉结扎。MRI 示结扎前右颈总动脉中段平均直径为 (2.35 ± 0.08) mm,结扎后 1 个月右颈总动脉中段平均直径为 (2.89 ± 0.22) mm,与术前比较差异有显著统计学意义 ($P < 0.01$)。MRA 示 17 只兔右颈总动脉明显增粗,而双侧椎动脉略增粗;3 只兔颈总动脉增粗不明显,而双侧椎动脉明显增粗。建立兔颈总动脉囊状动脉瘤模型 17 只,术后均健康成活。DSA 示覆膜支架植入前所有动脉瘤及右颈总动脉通畅,4 个动脉瘤腔内有少量血栓形成,但无自发性完全闭塞。Willis 或镁合金覆膜支架植入术后即刻造影示动脉瘤闭塞,右颈内动脉通畅。术后 3 个月 DSA 示 16 只兔右颈内动脉通畅,1 只闭塞。术后 6 个月 DSA 示 16 只兔右颈内动脉通畅。动脉瘤模型的成功率为 100% (17/17),覆膜支架植入后右颈总动脉的通畅率为 94.1% (16/17)。**结论** 兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型制作的改进提高了动脉瘤模型的成功率及覆膜支架植入后右颈总动脉的通畅率。

【关键词】 脑动脉瘤; 颈总动脉; 模型; 兔

中图分类号: R543.5 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2014)-11-0983-06

Preparation improvement of lateral wall aneurysm model of common carotid artery in experimental rabbits LIU Shi-chao, YAN Xian-zheng, WANG Wu, HE Cheng-jian, LI Yong-dong. Department of Medical Imaging, the Center Hospital, Jiaozuo Coal Group, Jiaozuo, Henan Province 454000, China

Corresponding author: LI Yong-dong, E-mail: liyongdong2009@tom.com

【Abstract】 Objective To improve the preparation procedure of lateral wall aneurysm model of common carotid artery in experimental rabbits, and assess its success rate and patency rate of the common carotid artery after receiving stent placement. **Methods** A total of 20 New Zealand rabbits were used for this study. The left common carotid artery of the New Zealand rabbit was ligated after breeding for one week. The arteries of the neck were examined with 3.0 T MRA to observe the changes of carotid and vertebral arteries one month after ligation. Finally, an anastomosis between venous pouch and common carotid artery was accomplished by using interrupted extroversion suture method with 6-0 microsuture, and the lateral wall aneurysm model of common carotid artery was thus established. Before, immediately after and 3, 6 months after the stent implantation the carotid angiography was carried out to check the results. **Results** The left common carotid arteries were successful ligated in all twenty New Zealand rabbits. Before and one month after the ligation the mean diameter of right carotid middle segment was (2.35 ± 0.08) mm and (2.89 ± 0.22) mm respectively, the difference was statistically significant ($P < 0.001$). MRA performed one month after ligation

revealed that in 17 rabbits the right carotid was strikingly thickened and bilateral vertebral arteries were slightly thickened; in 3 rabbits no obvious thickened carotid was found, while bilateral vertebral arteries were evidently thickened. The lateral cystic aneurysm models in common carotid artery were established in 17 rabbits, and all the model rabbits were healthy and alive. DSA

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2014.11.012

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81771440, 81201199)

作者单位: 454000 焦作 河南煤化集团中央医院影像科(刘世超); 200233 上海交通大学附属第六人民医院介入影像科(闫现政、王 武、何成建、李永东)

共同第一作者: 闫现政

通信作者: 李永东 E-mail: liyongdong2009@tom.com

performed before the implantation of covered-stent showed that all aneurysms were clearly displayed and right carotid was patent. In 4 cases, a small amount of thrombus could be seen within the aneurysmal cavity, but no spontaneous total occlusion of the aneurysm was observed. Angiography performed immediately after the implantation of Willis or magnesium alloy-covered stent revealed that the aneurysm was obstructed, with the right carotid being patent. DSA performed 3 months after stent placement showed that the right carotid artery remained patent in 16 rabbits and was obstructed in one rabbit. DSA performed 6 months after stent placement demonstrated that the right carotid artery still remained patent in 16 rabbits. The success rate of the preparation of aneurysm model was 100% (17/17), the right carotid patency rate after implantation of covered stent was 94.1% (16/17). **Conclusion** The modified procedure for the preparation of the lateral aneurysm model on common carotid artery in rabbits can improve the success rate as well as the patency rate of the right common carotid artery after covered stent implantation. (J Intervent Radiol, 2014, 23: 983-988)

【Key words】 cerebral aneurysm; common carotid artery; model; rabbit

脑动脉瘤是最常见脑血管病之一,破裂后死亡率和致残率很高^[1-2]。建立切实可行的重复性好的动脉瘤模型是脑动脉瘤研究和介入治疗的重要方法。目前,犬、猪是较常使用的大型实验动物,而兔则常用于建立胰弹性蛋白酶诱发的右颈总动脉起始处的动脉瘤模型^[3-5],对于兔颈总动脉侧壁动脉瘤模型的应用则较少报道。2012 年贺道华等^[6]报道了兔颈总动脉侧壁动脉瘤模型的制作方法,建模成功率为 80%。但支架植入后颈内动脉的通畅率并未做评价。2013 年本课题组尝试用颈总动脉侧壁动脉瘤模型来研究 Willis 覆膜支架的疗效,但在实验过程中发现动脉瘤侧颈总动脉在术前造影时或支架植入后会时常发生闭塞,严重影响了实验的进程。本研究的目的是对兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型的制作进行改进,并评价建模成功率和支架植入后颈总动脉的通畅率。

1 材料与方法

1.1 实验对象

普通级新西兰大白兔 20 只,由上海交通大学农学院提供[许可证编号 SCXK(沪) 2007-0004],均按实验标准严格饲养。

1.2 实验方法

1.2.1 结扎左侧颈内动脉 新西兰大白兔饲养 1 周后行左侧颈内动脉结扎。结扎方法如下:术前 12 h 禁食,3%戊巴比妥(1 ml/kg)经耳缘静脉注射全麻;实验兔仰卧位固定于手术台上,常规消毒、铺巾后,沿颈部正中甲状软骨下方水平偏左侧做一长 2 cm 的纵行切口,钝性分离皮下组织、胸锁乳突肌及胸骨舌骨肌等各颈前肌群,于左侧胸锁乳突肌下方分离颈总动脉,并用 4 号缝线结扎。观察动脉周

围无渗血后逐层缝肌肉和皮肤。术后肌内注射青霉素 80 万 u/d 和链霉素 0.5 g/d,共 3 d;分笼喂养,密切观察动物苏醒后的生命指征,观察颈部有无渗血或血肿。

1.2.2 颈部 3.0 T MRA 检查 左侧颈内动脉结扎后 1 个月,行颈部 3.0 T MRA 检查,观察颈部血管的代偿情况。3.0 T MRA 检查方法如下:采用 Philips Achieva X 3.0 T MR 成像系统和 8 通道头颅线圈接收成像^[7-9]。扫描采用 3D-T1 加权快速场回波(3D-T1-FFE)序列,具体扫描参数如下,TR 35 ms,TE 7 ms,反转角 20°,FOV 250 mm × 190 mm × 108 mm;扫描层数共 180 层,层厚 0.8 mm,矩阵 732 × 1 024,采集时间 8 min 56 s。将原始图像传至工作站(EWS,飞利浦医疗公司)进行三维重组,矩阵 1 024 × 1 024,通过专业的软件包处理,所有原始图像均经最大密度投影(MIP)和容积重建(VR)后处理,获得最终图像信息。如果兔右侧颈内动脉增粗,而双侧椎动脉增粗不明显,则此兔适合下一步动脉瘤制作及覆膜支架植入,若兔右侧颈内动脉不增粗,而双侧椎动脉明显增粗,则将不适合进一步研究。

1.2.3 兔颈总动脉动脉瘤制作 经 MRA 选择的新西兰大白兔于术前 12 h 禁食。3%戊巴比妥钠麻醉后,将实验兔仰卧位固定于手术台上。常规消毒、铺巾后,沿颈部正中甲状软骨下方水平偏右侧做一长约 3 cm 矢状切口,钝性分离皮下组织,沿一侧颈部皮下向外分离,游离一侧颈外静脉约 1 cm,去除外层结缔组织,在其远端及近端采用 4 号缝线分别结扎 2 道后将该段颈外静脉剪下,用平针注射器抽取肝素化生理盐水(肝素 12 500 u 加入 500 ml 生理盐水中)冲洗干净并将其置入肝素化生理盐水中备

用。钝性分离胸锁乳突肌及胸骨舌骨肌等各颈前肌群,于双侧胸锁乳突肌下方分别分离颈总动脉,游离出长约 2 cm 后用 2 支无损伤止血夹夹闭其近端及远端,将血管壁外层结缔组织清除干净,在其侧壁剪一直径稍大于颈外静脉直径的切口并修剪整齐,剥离吻合口周围血管外膜,用肝素化生理盐水将管腔冲洗干净,将上述静脉囊的斜形切口周围的血管外膜去除,使其对准颈动脉切口,并使静脉囊向兔头侧倾斜,然后用 6-0 显微缝线采用间断式缝合法将静脉囊与颈总动脉行外翻吻合。完毕后松开止血夹使静脉囊完全充盈,仔细检查瘤颈周围即吻合口处有无渗血,必要时作加密缝合。观察 15 min 动脉瘤周围无渗血后逐层缝合肌肉和皮肤。

术后肌内注射青霉素 80 万 u/d 和链霉素 0.5 g/d,共 3 d;分笼喂养,密切观察动物苏醒后的生命指征,观察颈部有无渗血或水肿。术后采用皮下注射低分子肝素 3 d(300 u/kg)。

1.2.4 Willis 覆膜支架植入 兔右颈总动脉动脉瘤模型制作成功后 2 周行 Willis 或镁合金覆膜支架植入。Willis 覆膜支架为可商品化的覆膜支架,其直径为 3.5 mm;镁合金覆膜支架为实验用支架,其直径为 3.0 mm。Willis 或镁合金覆膜支架的植入方法见文献[10-11]:术前 12 h 禁食。3%的戊巴比妥钠麻醉后,褪去双侧腹股沟的毛发,将实验兔仰卧位固定于手术台上。聚维酮碘消毒双侧后腿根部术区周围皮肤,铺巾,沿右侧后腿根部向下纵行切开皮肤,分离皮下组织及肌肉,暴露 1 ~ 2 cm 股动脉。静脉给予 100 u/kg 肝素钠使全身肝素化后,小心切开放动脉后置入动脉鞘,丝线固定。沿动脉鞘送入导引导管至升主动脉,然后超选择性插入患侧颈总动脉近端造影,对比剂选用优维显 300,注速率 1 ml/s,总量 3 ml,采集帧频 7.5 帧/s,采集时相至静脉期,直到动脉瘤显影良好。

接着在路图下将 0.014 英寸导丝送至动脉瘤以远颈外动脉分支,沿导丝将所选择的 Willis 或镁合金覆膜支架及其输送系统至颈动脉瘤处,并将支架近端和远端覆盖瘤口处。支架成功到位后,采用压力泵缓慢给球囊加压至所推荐的额定压力(6 atm),维持球囊充盈 15 s。然后,迅速抽空球囊,退出球囊导管及导丝。即刻行正侧位血管造影观察覆膜支架植入后血管形态变化,评价支架贴壁性能及封堵动脉瘤情况;观察有无动脉壁破裂和支架内急性血栓形成。术毕,拔出导管鞘,结扎穿刺点近端股动脉穿并缝合包扎伤口。

术后肌内注射青霉素 3 d,分笼饲养,密切观察实验动物麻醉复苏后生命体征。拔鞘后 2 h,皮下注射低分子肝素钙 400 u/d,3 d。继续喂食含阿司匹林和氯吡格雷药物饲料,每日按公斤体重先给足药物饲料后再喂食普通饲料,直到实验终点。

1.2.5 血管造影随访 在 Willis 或镁合金覆膜支架植入后 3、6 个月随访血管造影,以评价支架植入后载瘤侧颈总动脉通畅情况。

1.3 统计数据分析

所有计量数据以均值 \pm 标准差表示。用配对 t 检验比较结扎前、后兔体质量、右颈总动脉中段直径及双侧椎动脉中段直径的变化。用 SPSS13.0 进行数据分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 左侧颈内动脉结扎

20 只新西兰大白兔均顺利行左侧颈内动脉结扎。

2.2 颈部 3.0 MRA 检查结果

左颈总动脉结扎前、后,兔体质量、右颈总动脉中段直径及双侧椎动脉对应中段直径测量结果见表 1。右颈总动脉直径由结扎前的(2.35 ± 0.08)mm 增至结扎后 1 个月的(2.89 ± 0.22)mm($P < 0.01$)。左侧颈内动脉结扎 1 个月后,MRA 示 17 只兔颈总动脉明显增粗,而双侧椎动脉略增粗;3 只兔颈总动脉增粗不明显,而双侧椎动脉明显增粗。

2.3 右颈总动脉侧壁动脉瘤制作结果

经 MRA 筛选 17 只新西兰大白兔建立兔颈部囊状动脉瘤模型(图 1)均获成功,动脉瘤搏动良好,颈总动脉通畅。术后 17 只健康成活,建模成功率为 100%。

2.4 DSA 检查结果

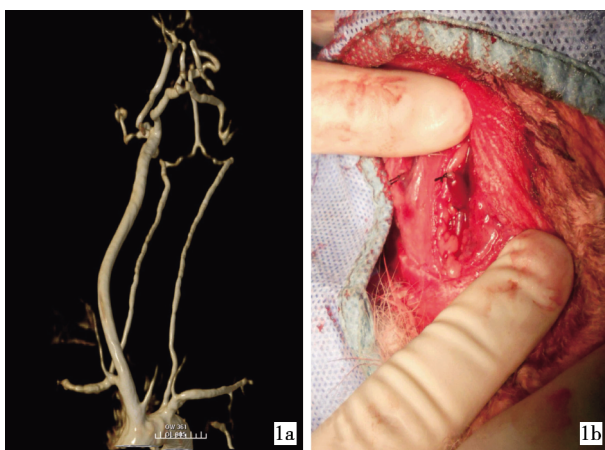
支架植入前 DSA 示所有动脉瘤与右颈总动脉通畅,对比剂在动脉瘤腔内滞留时间短、流速快,且旋转,呈纷乱状态。4 个动脉瘤腔内有少量血栓形成,但无自发性完全闭塞。支架植入后即刻造影示动脉瘤闭塞,右颈内动脉通畅。术后 3 个月 DSA 示 16 只兔颈内动脉通畅,1 只闭塞。术后 6 个月 DSA 示 16 只兔颈内动脉通畅。支架植入后 DSA 造影随访示 17 只兔中有 16 只兔右颈总动脉通畅,通畅率为 94.1%(16/17)(图 2)。

3 讨论

目前,动脉瘤建模方法主要有静脉囊移植法和

表 1 左颈总动脉结扎前后 20 只兔体质量、右颈总动脉与左、右椎动脉直径变化

兔编号	体质量/kg		右颈总动脉/mm		右椎动脉/mm		左椎动脉/mm	
	结扎前	结扎后 1 个月	结扎前	结扎后 1 个月	结扎前	结扎后 1 个月	结扎前	结扎后 1 个月
1	2.2	2.7	2.25	2.68	1.02	1.32	1.06	1.37
2	2.3	2.6	2.37	2.87	1.12	1.42	1.17	1.48
3	2.2	2.6	2.35	2.75	1.05	1.36	1.15	1.42
4	2.4	2.8	2.32	2.96	1.08	1.34	1.09	1.44
5	2.3	2.7	2.28	2.68	1.15	1.52	1.17	1.50
6	2.3	2.7	2.47	3.22	1.19	1.25	1.25	1.38
7	2.2	2.6	2.52	2.63	1.22	1.68	1.26	1.65
8	2.2	2.6	2.33	3.07	0.96	1.25	1.16	1.36
9	2.3	2.7	2.27	2.86	1.06	1.29	1.12	1.33
10	2.2	2.6	2.35	2.85	1.13	1.34	1.18	1.37
11	2.3	2.6	2.29	3.15	1.03	1.22	1.14	1.33
12	2.2	2.8	2.43	2.96	1.08	1.32	1.15	1.36
13	2.3	2.6	2.20	2.78	1.15	1.45	1.19	1.41
14	2.3	2.6	2.42	2.56	1.22	1.64	1.28	1.62
15	2.3	2.6	2.35	3.18	1.16	1.46	1.19	1.38
16	2.3	2.6	2.40	2.47	1.25	1.58	1.20	1.48
17	2.2	2.7	2.35	3.06	0.98	1.21	1.14	1.31
18	2.3	2.7	2.42	3.17	1.16	1.34	1.21	1.31
19	2.3	2.7	2.26	3.02	1.15	1.35	1.17	1.32
20	2.2	2.6	2.38	2.94	1.17	1.36	1.23	1.38
平均	2.27 ± 0.06	2.66 ± 0.07	2.35 ± 0.08	2.89 ± 0.22	1.12 ± 0.08	1.39 ± 0.13	1.18 ± 0.05	1.41 ± 0.10



1a 左侧颈内动脉结扎 1 个月 1b 采用间断式缝合法制作的右 MRA 示右颈总动脉增粗,而 右颈总动脉动脉瘤模型 双侧椎动脉未见明显增粗

图 1 左颈总动脉结扎后 MRA 下的颈部 血管及制作的右颈总动脉动脉瘤模型

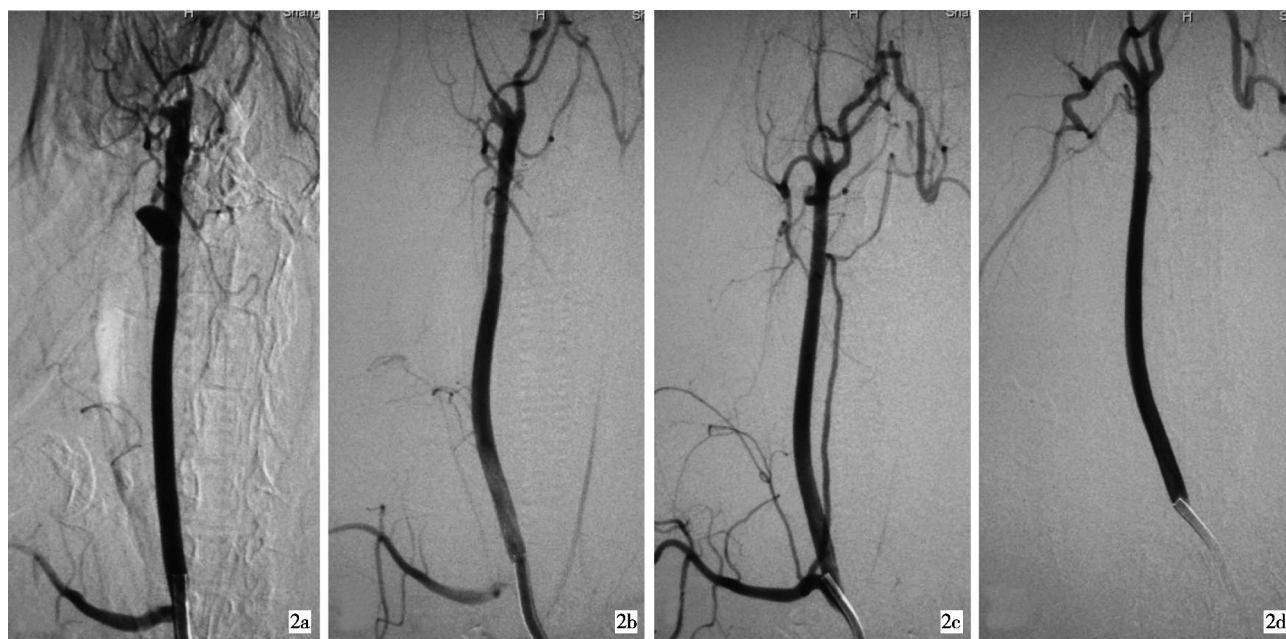
胰弹性蛋白酶消化法。采用静脉囊外科移植法建立的动脉瘤模型,具有成功率高、稳定性好等特点,多用于大型实验动物,比如犬、猪等。应用该模型进行新型介入治疗器械的测试、改进及介入新技术的训练已有报道^[12-17]。胰弹性蛋白酶消化法制作的动脉瘤在动脉瘤解剖结构及血流动力学方面似乎与人类动脉瘤更为接近^[13,18-20],适合于动脉瘤组织形态结构、自然发展史及血流动力学研究。

文献报道,采用静脉囊外科移植方法建立的动脉瘤模型,在血液涡流的作用下,动脉瘤呈明显扩

张状态,并且自体静脉移植后第 6 周,通过血管造影及彩色多普勒动态观察,其血流动力学改变与人类颅内动脉瘤生理特性相类似^[13,21]。尽管静脉移植法建立的兔颈总动脉动脉瘤模型具有成功率高、模型稳定等特点,但此模型很少用于新型介入治疗器械的测试、改进及介入新技术的训练,最可能的原因是覆膜支架植入前、后颈总动脉闭塞概率较高。

在兔颈总动脉动脉瘤模型制作及支架植入前后,血栓形成和血管代偿可能是影响动脉瘤建模成功率及颈总动脉的通畅率的主要因素。血栓因素是人们最为关注的问题,都会尽可能的采取措施防止血栓形成。而血管代偿往往容易被忽视,成为影响动脉瘤建模成功率及支架植入后颈总动脉通畅率的重要因素。由于采用间断式缝合法制作动脉瘤,术后瘤口处的颈总动脉往往会狭窄,或者由于支架植入后局部血栓形成,都会造成动脉瘤侧的颈总动脉血流减少,而对侧的颈总动脉或双侧椎动脉有可能会代偿,逐渐地动脉瘤侧的颈总动脉由于血流不断减少而变细直至闭塞。因此,为了提高动脉瘤模型的成功率及支架植入后颈总动脉的通畅率,应当在支架植入前将这些可能的因素排除。我们的做法是通常先结扎左侧颈总动脉,1 个月后用 3.0 T MRA 观察兔双侧椎动脉的代偿情况,选择椎动脉不代偿或代偿不好的新西兰大白兔进行实验研究。

本研究中 17 只兔在左侧颈内动脉结扎 1 个月 后 MRA 检查示颈总动脉明显增粗,而双侧椎动脉



2a 术前血管造影显示右颈总动脉上段一囊状动脉瘤 2b 覆膜支架植入后即刻造影显示动脉瘤消失且右颈总动脉通畅 2c、2d 覆膜支架植入后 3 个月和 6 个月血管造影显示动脉瘤消失且右颈总动脉通畅, 血管无狭窄

图 2 兔颈总动脉瘤覆膜支架植入及血管造影随访

略增粗, 并择期进行了动脉瘤制作和覆膜支架植入。最终 DSA 随访示 16 只兔颈内动脉通畅, 1 只兔颈内动脉闭塞, 可能是由于覆膜支架植入导致局部血栓形成致动脉瘤侧颈总动脉血供减少, 而双侧椎动脉发生了晚期代偿。相比以往兔颈总动脉瘤模型制作^[6], 本研究动脉瘤模型做了如下改良: ① 结扎左侧颈总动脉; ② 使用 MRA 筛选右颈总动脉明显增粗而双椎动脉增粗不明显的兔制作动脉瘤模型和覆膜支架植入。

模型制作时, 应当注意: ① 采用间断式缝合时, 动脉端侧吻合时全层缝合, 尽量外翻; 缝针采用外→内→内→外的方式进针。② 颈总动脉侧壁开口不宜过小, 以保证动脉瘤流入道和流出道通畅; ③ 切开动脉前, 静脉内适当用些肝素, 既防止动脉瘤腔内血栓形成又不至于吻合口长时间不闭合。④ 术后肝素化 3 d, 减少载瘤动脉和动脉瘤腔内血栓形成。

这项研究有一定的不足。首先, 本实验的操作步骤较烦琐, 需要先结扎一侧颈内动脉, 再用磁共振血管成像筛选合适的兔做动物瘤模型。其次, 本研究只评价动脉瘤制作成功率及支架植入后颈内动脉的通畅率, 并未评价动脉瘤的组织结构及血流动力学。

综上所述, 兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型制作的改进能明显提高动脉瘤建模的成功率及支架植

入后颈总动脉的通畅率。但仍需长期随访及大样本动物实验研究。

[参考文献]

- [1] Bannerman RM, Ingall GB, Graf CJ. The familial occurrence of intracranial aneurysms[J]. Neurology, 1970, 20: 283 - 292.
- [2] 王珏, 赵玉武, 李明华, 等. 多发性颅内动脉瘤破裂的危险因素分析[J]. 介入放射学杂志, 2014, 23: 1 - 4.
- [3] Nuki Y, Tsou TL, Kurihara C, et al. Elastase - induced intracranial aneurysms in hypertensive mice [J]. Hypertension, 2009, 54: 1337 - 1344.
- [4] Bouzeghrane F, Naggara O, Kallmes DF, et al. In vivo experimental intracranial aneurysm models: a systematic review [J]. AJNR, 2010, 31: 418 - 423.
- [5] Aoki T, Nishimura M. The development and the use of experimental animal models to study the underlying mechanisms of CA formation[J]. J Biomed Biotechnol, 2011: 535921.
- [6] 贺道华, 马廉亭, 潘力, 等. 兔颈总动脉侧壁型动脉瘤模型的建立[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2012, 17: 39 - 42.
- [7] Li MH, Li YD, Tan HQ, et al. Contrast-free MRA at 3.0 T for the detection of intracranial aneurysms [J]. Neurology, 2011, 77: 667 - 676.
- [8] Li MH, Cheng YS, Li YD, et al. Large - cohort comparison between three - dimensional time - of - flight magnetic resonance and rotational digital subtraction angiographies in intracranial aneurysm detection[J]. Stroke, 2009, 40: 3127 - 3129.
- [9] Li H, Yan L, Li MH, et al. Evaluation of intracranial aneurysms with high - resolution MR angiography using single - artery

- highlighting technique; correlation with digital subtraction angiography[J]. Radiol Med, 2013, 118: 1379 - 1387.
- [10] 闫磊, 施万印, 朱悦琦, 等. 双 Willis 腹膜支架在犬颈动脉梭形动脉瘤模型的初步应用[J]. 介入放射学杂志, 2013, 22: 709-713.
- [11] 朱悦琦, 李明华, 谢剑, 等. Willis 覆膜支架治疗犬颈内动脉虹吸段动脉瘤的影像学和组织病理学研究[J]. 介入放射学杂志, 2010, 19: 302 - 308.
- [12] Ayral Y, Rauch U, Goldin-Lang P, et al. Prolonged clopidogrel application reduces tissue factor expression after percutaneous coronary intervention in the porcine model [J]. Cardiovasc Revasc Med, 2011, 12: 47 - 55.
- [13] Graves VB, Partington CR, Rüfenacht DA, et al. Treatment of carotid artery aneurysms with Platinum coils: an experimental study in dogs[J]. AJNR, 1990, 11: 249 - 252.
- [14] Massoud TF, Turjman F, Ji C, et al. Endovascular treatment of fusiform aneurysms with stents and coils: technical feasibility in a swine model[J]. AJNR, 1996, 16: 1953 - 1963.
- [15] Dai D, 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: 170 - 176.
- [16] Fischell TA, Virmani R. Intracoronary brachytherapy in the porcine model: a different animal [J]. Circulation, 2001, 104: 2388 - 2390.
- [17] Geremia G, Brack T, Brennecke L, et al. Occlusion of experimentally created fusiform aneurysms with porous metallic stents[J]. AJNR, 2000, 21: 739 - 745.
- [18] Lewis DA, Ding YH, Dai D, et al. Morbidity and mortality associated with creation of elastase-induced saccular aneurysms in a rabbit model[J]. AJNR, 2009, 30: 91 - 94.
- [19] Reinald N, Fournier B, Naveau A, et al. Fusiform aneurysm model in rabbit carotid artery [J]. J Vasc Res, 2010, 47: 61 - 68.
- [20] Pyo R, Lee JK, Shipley JM, et al. Targeted gene disruption of matrix metalloproteinase - 9 (gelatinase B) suppresses development of experimental abdominal aortic aneurysms [J]. J Clin Invest, 2000, 105: 1641 - 1649.
- [21] Becker D. Wide-necked basilar artery bifurcation aneurysm[J]. J Neurosurg, 2000, 93: 373.

(收稿日期:2014-03-18)

(本文编辑:李欣)