

## • 实验研究 Experimental research •

## 球囊导管建立兔急性可控性气管狭窄模型研究

刘 金, 魏 宁, 徐 浩, 王文亮

**【摘要】 目的** 应用球囊导管建立实验兔急性可控性气管狭窄模型, 研究气管狭窄程度与血氧饱和度及呼吸频率间关系。**方法** 将 34 只新西兰大白兔随机分为对照组 ( $n=4$ ) 和实验组 ( $n=30$ , 设 A、B、C、D、E 5 个亚组,  $nA\sim E=6$ )。对照组兔全身麻醉后行气管切开及气管插管, DSA 三维重建测量气管插管下方气管横径和纵径, 并记录麻醉前、麻醉-气管切开后及切开后 30 min 血氧饱和度及呼吸频率; 实验组兔气管切开后在气管插管下方管腔置入球囊或球囊+单弯导管: A 组球囊直径 3 mm, B 组球囊直径 3.5 mm, C 组球囊直径 4.0 mm, D 组球囊直径 4 mm(+4 F 单弯导管), E 组 2 个球囊直径分别为 4 mm 和 2 mm, 球囊置入前后分别行 DSA 三维气管重建, 测量气管切开处下方气管横径和纵径及扩充球囊最大半径, 计算气管狭窄率并记录麻醉前、麻醉-气管切开后及球囊扩充后最终血氧饱和度及呼吸频率。**结果** 对照组和实验组间及实验组各亚组间兔体重、气管横截面积差异无统计学意义 ( $P>0.05$ ); 3% 戊巴比妥钠 (1 ml/kg) 全身麻醉对兔血氧饱和度及呼吸频率无明显影响 ( $P>0.05$ ); 2.8~3.5 kg 兔体重与气管横截面积间无明显线性相关性 ( $r=0.41, P=0.23$ ); 实验组 A、B、C、D、E 组气管狭窄率分别为  $(39.87\pm 1.43)\%$ 、 $(52.16\pm 2.46)\%$ 、 $(68.77\pm 2.48)\%$ 、 $(76.82\pm 2.75)\%$ 、 $(86.49\pm 2.42)\%$ , 各组间差异均有统计学意义 ( $P<0.05$ ), E 组狭窄率最大; A、B 组气管狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度及呼吸频率无明显相关性 ( $r=0.054, P=0.86; r=0.11, P=0.72$ ), C、D、E 组中气管狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度呈显著负相关性 ( $r=-0.85, P<0.01$ ), 与狭窄后呼吸频率呈显著正相关 ( $r=0.92, P<0.01$ )。**结论** 气管狭窄达到一定程度时, 随狭窄程度增加, 呼吸功能障碍加重。采用扩张球囊制作兔气管狭窄模型是一种快速、可控性强、操作简单、稳定、重复性好的方法, 可为气管狭窄基础研究和临床治疗提供有效可靠的实验载体。

**【关键词】** 新西兰大白兔; 球囊导管; 气管狭窄; 动物模型

中图分类号: R734 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2015)-08-0707-06

**The establishment of acute controllable tracheal stenosis model by using balloon catheter in experimental rabbits** LIU Jin, WEI Ning, XU Hao, WANG Wen-liang Department of Interventional Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical College, Xuzhou, Jiangsu Province 221006, China

Corresponding author: WEI Ning, E-mail: weiningjieru2006@163.com

**【Abstract】 Objective** To establish a rabbit model of acute controllable tracheal stenosis by using balloon catheter, and to explore the relationship between blood oxygen saturation, respiratory frequency and the degree of tracheal stenosis. **Methods** Thirty-four New Zealand white rabbits were randomly divided into the control group ( $n=4$ ) and experiment group ( $n=30$ ), which was equally subdivided into subgroup A, B, C, D and E with 6 rabbits in each subgroup. Under general anesthesia, tracheal incision and tracheal intubation were performed in the rabbits of the control group; DSA 3D reformation was conducted to measure the tracheal transverse diameter and longitudinal diameter below the tracheal intubation level, and the oxygen saturation and breathing frequency were respectively recorded before anesthesia, immediate after tracheal incision and 30 min after tracheal incision. For the rabbits of the experimental group, after tracheal incision and tracheal intubation, a balloon catheter or balloon+single curved catheter was inserted into the air lumen

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2015.08.014

基金项目: 徐州市医学科研课题(XWJ2011017)、徐州医学院附属医院医学科技项目(2013104035)、徐州医学院“振兴计划”项目(XZMC20122015)

作者单位: 221006 江苏徐州 徐州医学院附属医院介入放射科

通信作者: 魏 宁 E-mail: weiningjieru2006@163.com

below the tracheal intubation level; the diameter of balloon used in the rabbits was 3 mm for the subgroup A, 3.5 mm for the subgroup B, 4.0 mm for the subgroup C, 4 mm (+4 F single curved catheter) for the subgroup D, and 4 mm and 2 mm for the subgroup E. 3D reformation of the trachea was performed before and after the balloon was inserted; the transverse diameter and longitudinal length as well as the maximum diameter of the dilated balloon below the tracheal incision level were recorded, the tracheal stenosis ratio was calculated, and the final oxygen saturation and breathing frequency were respectively recorded before anesthesia, immediate after tracheal incision and after balloon expansion. **Results** No significant differences in the body weight, tracheal cross-sectional area existed between the control group and the experimental group, as well as between the subgroups of the experimental group ( $P>0.05$ ). General anesthesia (1 ml/kg of 3% pentobarbital sodium) had no obvious effect on oxygen saturation and breathing frequency of the rabbits ( $P>0.05$ ). Body weight of 2.8–3.5 kg had no significant linear correlation with the trachea cross-sectional area ( $r=0.41$ ,  $P=0.23$ ). The tracheal stenosis ratios of the subgroup A, B, C, D and E were  $(39.87\pm 1.43)\%$ ,  $(52.16\pm 2.46)\%$ ,  $(68.77\pm 2.48)\%$ ,  $(76.82\pm 2.75)\%$  and  $(86.49\pm 2.42)\%$  respectively; statistically significant differences existed between each other among the five subgroups ( $P<0.05$ ), with the tracheal stenosis ratio of subgroup E being the biggest. In subgroup A and B, the tracheal stenosis ratio showed no obvious correlation with the final oxygen saturation and breathing frequency ( $r=0.054$ ,  $P=0.86$ ;  $r=0.11$ ,  $P=0.72$ ); in subgroup C, D and E, the tracheal stenosis ratio bore a significant negative correlation with the final oxygen saturation ( $r=-0.85$ ,  $P<0.01$ ), while a significant positive correlation with the breathing frequency ( $r=0.92$ ,  $P<0.01$ ). **Conclusion** When the degree of tracheal stenosis reaches a certain level, the respiratory dysfunction become worse with the increase of the degree of stenosis. The use of balloon dilatation to establish the rabbit model of tracheal stenosis is fast, strong controllable, simple-manipulated, stable and repeatable; the models can provide reliable experimental carrier for basic research and clinical treatment of tracheal stenosis. (J Intervent Radiol, 2015, 24: 707-712)

**【Key words】** New Zealand white rabbit; balloon catheter; tracheal stenosis; animal model

良恶性因素所致气管狭窄近年来越来越受到临床重视。气管狭窄多因气管内占位引起气道通气功能下降,狭窄程度严重时可出现急性呼吸功能衰竭,危急患者生命。为进一步加强气管狭窄基础和临床治疗研究,建立可控性强、操作简单、稳定、重复性好的气管狭窄动物模型尤为重要。本研究旨在分析传统创伤性气管狭窄动物模型<sup>[1]</sup>的优缺点,采用球囊导管建立一种新型有效的兔气管狭窄模型并探讨气管狭窄程度与呼吸及血氧饱和度的关系,一定程度上弥补了传统气管狭窄动物模型的不足,扩大了气管狭窄动物模型应用范围。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

本实验取成年新西兰大白兔 34 只(徐州医学院动物实验中心提供),体重 2.8~3.5 kg,雌雄不拘。实验仪器设备包括 PM-7000 型多参数心电监护仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)、大型数字减影血管造影机(美国通用公司)、Sapphire 球囊导管(直径分别为 2、3、3.5、4 mm,北京乐普医疗器械有限公司)、冠状动脉球囊扩张支架套装释放支架

后再次消毒的球囊导管(本院心内科和导管室提供)、4 F 单弯导管(美国 Cordis 公司)、气管切开手术器械、3%戊巴比妥钠(上海试剂二厂)、碘海醇(扬子江药业集团有限公司)和 8%硫化钠乙醇溶液。

### 1.2 实验方法

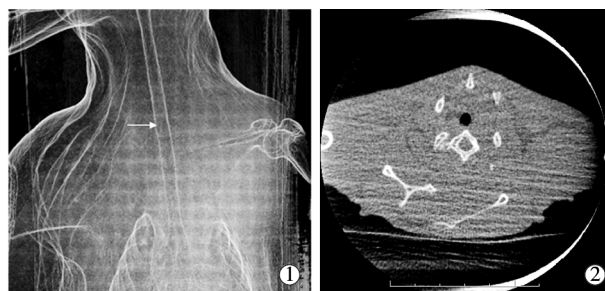
**1.2.1 实验分组** 34 只兔随机分为 2 组。对照组( $n=4$ )兔全身麻醉后仅行气管切开,不使用球囊;实验组( $n=30$ )兔气管切开后置入球囊——依据兔气管直径计算所需狭窄程度之球囊和(或)单弯导管直径制作对应狭窄率之气管狭窄模型,分为 5 个亚组:A 组( $n=6$ )置入直径 3 mm 球囊,B 组( $n=6$ )置入 3.5 mm 球囊,C 组( $n=6$ )置入 4 mm 球囊,D 组( $n=6$ )置入 4 mm 球囊+4 F 单弯导管,E 组( $n=6$ )置入 4 mm 球囊+2 mm 球囊。

**1.2.2 实验过程** 术前禁食 12 h,兔称重后用 3%戊巴比妥钠(1 ml/kg)经耳缘静脉注射麻醉,待角膜反射消失后仰卧固定于 DSA 手术台上,剃光颈前区、胸腹部毛发,左趾跖部用 8%硫化钠乙醇溶液作脱毛处理,聚维酮碘消毒颈前区,胸腹部连接心电监护仪(参照婴幼儿心电监护仪导联位置标准),将血氧探头夹于左趾跖部监测血氧饱和度,颈前正中

线皮下注射 2% 盐酸利多卡因 2 ml, 在颈部自甲状软骨下缘正中线向下作长 3~5 cm 纵行切口; 用止血钳或刀柄钝性分离筋膜和左、右胸舌骨肌(避免损伤血管和气管), 充分显露气管后用血管钳在其下穿一根 7 号缝线备用; 在第 3 或第 4 软骨环上切开气管管径 1/3, 用剪刀向头端作一纵向倒 T 型切口, 用棉球或干纱布擦净气管内血液或分泌物, 以保证呼吸道通畅, 再用镊子夹 T 型切口的一角, 将 12 F 气管导管由切口向胸部方向插入气管管腔内, 用 7 号缝线在软骨环之间结扎并固定于气管导管外壁, 防止滑脱。操作过程中记录麻醉前、麻醉-气管切开后血氧饱和度及呼吸频率。

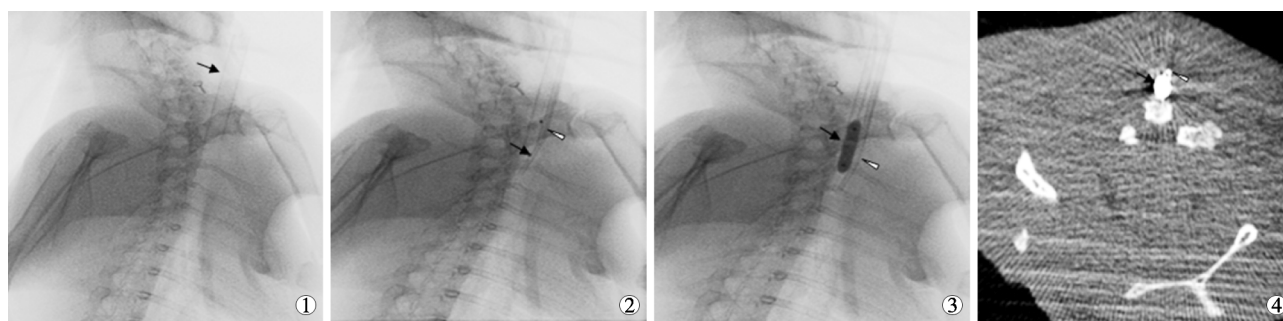
所有实验兔均予以 DSA 三维气管重建, 测量气管切开处下方气管横径和纵径(图 1)。实验组依据置入球囊直径从小到大顺序, 在 DSA 透视和超滑导丝引导下通过气管导管送入不同直径球囊导管至

气管插管下方管腔, 注入碘海醇至球囊充满后再次行 DSA 三维气管重建(图 2), 记录血氧饱和度和呼吸频率, 持续观察 10 min, 若血氧饱和度 >95% 且无变化后抽空球囊并撤出。随着置入球囊直径增大, 实验兔若出现血氧饱和度 <95%, 记录平稳的最终血氧饱和度及呼吸频率后抽空球囊并撤出。



①正位片示正常兔气管(箭头);②横断面显示

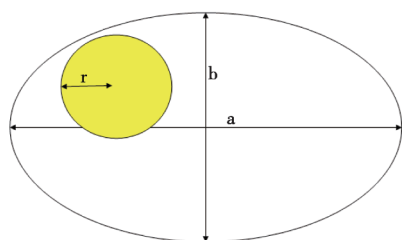
图 1 DSA 三维显像测量气管横径和纵径



①气管切开后置入 12 F 气管导管(箭头);②通过导管送入未扩张的球囊(箭头)和单弯导管(三角);③球囊扩张(箭头)后前后位图(三角:单弯导管);④球囊扩张(箭头)后 DSA 图(三角:单弯导管)

图 2 DSA 三维气管重建影像图

**1.2.3 观察指标** 测量球囊最大横截面积处正常软骨环最大直径, 因为气管软骨环近似椭圆形, 可用该直径与其垂径所得椭圆面积简略计算气管横截面积(图 3), 并以球囊最大横截面积(球囊横断面为圆形)与该处气管管腔面积比计算气管狭窄率<sup>[2]</sup>、血氧饱和度及呼吸频率。



$r$ : 球囊半径;  $a$ : 气管横径;  $b$ : 气管纵径

气管狭窄率 =  $r^2 \times 4 / a \times b$

图 3 球囊与气管横断面之间关系

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 16.0 统计学软件分析所有数据。定

量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 两组间比较用独立样本  $t$  检验, 各组间气管狭窄率、最终血氧饱和度及呼吸频率比较用方差分析及均数两两比较。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 麻醉与血氧饱和度及呼吸频率关系

本实验 34 只实验兔在麻醉及球囊和(或)单弯导管置入过程中无死亡。对照组( $n=4$ )和实验组( $n=30$ )间及实验组各亚组间兔体重、气管横截面积差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 实验组各亚组间气管狭窄率差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), E 组气管狭窄率最大, 其次分别为 D、C、B、A 组; 气管狭窄后最终血氧饱和度及呼吸频率在 A 组和 B 组间无统计学意义( $P > 0.05$ ), C、D、E 各组间差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ), A、B 与 C、D、E 组间亦有统计学差异( $P < 0.05$ ), 最终血氧饱和度最低及呼吸频率最高均在 E



组(表 1)。

表 1 实验组兔基本检测参数比较

( $\bar{x} \pm s$ )

实验组别	体重/kg	气管横截面积/mm <sup>2</sup>	狭窄率/%	最终血氧饱和度/%	狭窄后呼吸频率/(次/min)
A 组 (n=6)	3.08±0.18	22.59±0.18	39.87±1.43*	99.50±0.84	34.17±2.79
B 组 (n=6)	3.25±0.22	23.53±1.11	52.16±2.46*	99.97±0.82	34.33±2.66
C 组 (n=6)	3.30±0.14	23.29±0.85	68.77±2.48*	90.83±0.75*	54.00±2.68*
D 组 (n=6)	3.27±0.12	23.29±0.85	76.82±2.75*	83.50±1.87*	63.83±4.87*
E 组 (n=6)	3.27±0.16	23.14±0.65	86.49±2.42*	66.67±7.84*	78.83±2.32*

注: \* 均数两两比较,  $P<0.05$

3%戊巴比妥钠全身麻醉前、麻醉-气管切开后及切开后 30 min 3 个时段血氧饱和度及呼吸频率差异,在对照组无统计学意义( $P>0.05$ ),在对照组与

实验组间无统计学意义( $P>0.05$ ),而对照组切开后 30 min 后血氧饱和度及呼吸频率与实验组麻醉-气管切开后比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ )(表 2)。

表 2 对照组与实验组血氧饱和度及呼吸频率比较

( $\bar{x} \pm s$ )

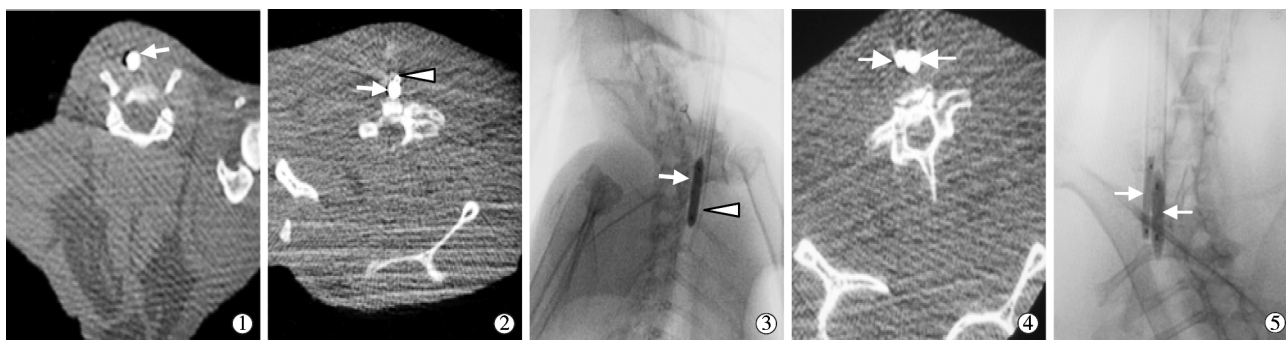
组别	血氧饱和度/%			呼吸频率/(次/分)		
	麻醉前	麻醉-气管切开后	切开 30 min 后	麻醉前	麻醉-气管切开后	切开 30 min 后
对照组 (n=4)	99.75±0.50	99.50±0.58	99.50±0.58	33.75±3.10	34.74±2.50	34.75±1.89
实验组 (n=30)	99.97±3.40	99.60±0.56	99.60±0.56*	36.17±3.40	36.10±2.72	36.10±2.72*

注: \* 对照组切开后 30 min 后与实验组麻醉-气管切开后比较,  $P<0.05$

## 2.2 气管狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度及呼吸频率关系

DSA 三维显像检测实验组兔气管狭窄率(图4),

结果显示 A 组、B 组、C 组、D 组、E 组分别为( $39.87 \pm 1.43$ )%、( $52.16 \pm 2.46$ )%、( $68.77 \pm 2.48$ )%、( $76.82 \pm 2.75$ )%、( $86.49 \pm 2.42$ )%。



①置入单个球囊(箭头);②横断面置入球囊(箭头)+4 F 单弯导管(三角);③正位置入球囊(箭头)+4 F 单弯导管(三角);④横断面置入双球囊(箭头);⑤正位置入双球囊(箭头)

图 4 DSA 三维显像检测实验组兔气管狭窄率扫描图像

Pearson 直线回归分析发现,实验组兔气管狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度间呈显著负相关性( $r=-0.87, P<0.01$ ),气管狭窄率与狭窄后呼吸频率间呈显著正相关性( $r=0.94, P<0.01$ );A 组与 B 组间狭窄后最终血氧饱和度及呼吸频率差异无统计学意义,狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度间无相关性( $r=0.054, P=0.86$ ),狭窄率与狭窄后呼吸频率间无相关性( $r=0.11, P=0.72$ );C、D、E 3 组狭窄率与狭窄后最终血氧饱和度间呈显著负相关性( $r=-0.85, P<0.01$ ),狭窄率与狭窄后呼吸频率间呈显著正相关性( $r=0.92, P<0.01$ )(图 5)。

## 2.3 体重与气管横截面积关系

Pearson 相关性分析发现,实验兔体重与气管横

截面积间无明显线性相关性( $r=0.41, P=0.23$ )。

## 3 讨论

近年来,为满足气管狭窄基础研究及临床研究需要,国内外学者采用多种方法建立气管狭窄动物模型,其理论依据基本是通过各种方法引起气管损伤,致使肉芽组织增生及瘢痕组织形成。制模方法包括:①机械损伤法如外科手术、刮擦、支架置入等。Nakagishi 等<sup>[3]</sup>报道使用毛刷损伤气道黏膜方法制作兔气管狭窄模型,林爱军等<sup>[4]</sup>报道采用金属支架置入及软骨切除方法制作犬气管狭窄模型。②化学损伤法。Saueressig 等<sup>[5]</sup>采用 NaOH 注射及黏膜下软骨环切开方法制作气管狭窄动物模型。③热或冷

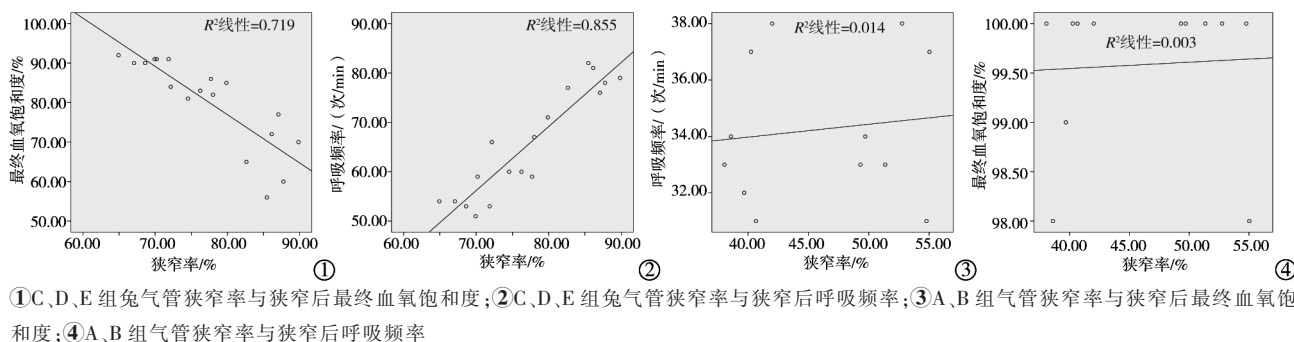


图 5 气管狭窄率与最终血氧饱和度及呼吸频率的 Pearson 直线回归分析

损伤法。李慧等<sup>[6]</sup>采用氩气刀结合支架置入成功制作犬气管狭窄模型。模型实际制作操作过程中一种或一次损伤通常难以达到所需气管狭窄程度,需要多种方法结合,必要时予以多次损伤<sup>[7]</sup>。

创伤性气管狭窄动物模型与气管插管、外科手术及其它因素损伤人体气管所致狭窄,具有相似的病理基础,对于预防和治疗肉芽组织增生及瘢痕组织所致狭窄研究有重要意义<sup>[8-10]</sup>。然而传统创伤性气管狭窄动物模型仍存在不足:①气管狭窄程度不易得到严格控制。文献报道只要损伤深达气管软骨膜、损伤范围足够大就可致气管瘢痕性狭窄,但损伤程度及范围与气管狭窄程度之比例很难明确,气管狭窄程度无法得到严格控制<sup>[11-13]</sup>。分析其原因:一是制作创伤性气管狭窄模型过程中人为主观因素占主导地位,无法精确量化损伤程度及范围;二是不同生物物种和同种生物个体之间均存在差异,相同损伤程度很难得到一致的狭窄程度。②可用性动物模型制作耗时长。气管受损伤后愈合如肉芽组织生长和瘢痕形成时间需要数天至数周,创伤性气管狭窄动物模型制作过程一般为 2 周至 2 个月<sup>[7]</sup>;时间过短难以达到所需狭窄程度,时间过长则并发症过多。③实验制作过程复杂,步骤繁琐,耗资大,推广难。制作中为达到预定狭窄程度,通常需要联合 2 种或 2 种以上技术。林爱军等<sup>[4]</sup>报道,采用手术及支架置入方法建立的气管狭窄模型气管狭窄程度仅为 20%~30%,因较难满足要求有时还需多次对气管进行损伤,频繁的实验操作会增加并发症发生率,实验动物死亡率增高,实验耗材量增加。

针对以上不足,为更多更广泛实验研究提供快速、可控性强的气管狭窄动物模型,我们试以球囊扩张治疗狭窄管腔理论为基础,借鉴 Snapper 等<sup>[14]</sup>球囊扩张阻断心房血液回流成功建立羊心源性肺水肿模型的方法,采用球囊导管建立了急性可控性兔气管狭窄模型。

Loewen 等<sup>[15]</sup>研究提示 2.3~5.1 kg 体重兔的气管直径无明显差异,我们因而推论在 2.3~5.1 kg 体重兔气管中置入不同直径球囊后能够制作出所需气管狭窄程度固定的动物模型,操作过程中仅需将兔气管切开后放置所需直径球囊便可。本研究表明,实验兔各组间体重、气管横截面积无统计学差异,实验同质性强;2.8~3.5 kg 兔体重与气管横截面积间无明显相关性,与研究一致;3%戊巴比妥钠 1 ml/kg 耳缘静脉注射具有良好的全身麻醉效果,同时无明显呼吸抑制。

不同横截面积球囊单独或联合置入兔气管后可产生相对应的气管狭窄程度,球囊横截面积越大狭窄程度越大。本研究显示,气管狭窄程度 $<(52.16 \pm 2.46)\%$ 时对兔呼吸系统未产生明显影响,狭窄程度 $>(68.77 \pm 2.48)\%$ 时兔血氧饱和度及呼吸频率均出现异常,且随着狭窄程度增加,血氧饱和度逐渐下降、呼吸频率逐渐加快,严重时可出现窒息。与魏宁等<sup>[16]</sup>报道的临床气管狭窄率达 50%~75%后患者会出现呼吸系统障碍症状,基本一致。

本研究成功利用球囊制作兔气管狭窄动物模型,与传统气管狭窄模型相比,除具有模型制作简便、重复性好等特点外,还有如下优点:①动物模型制作快速。本研究实验组 C、D、E 组兔置入占气管横截面积约 65%的球囊后约 1 min,其血氧饱和度逐渐下降,呼吸频率逐渐增加,表明通过置入气管横截面积 $>65\%$ 的球囊快速建立兔急性症状性气管狭窄模型是可行的。临床上患者出现急性气管狭窄所致呼吸困难时,为抢救生命,往往无充足时间展开临床及基础研究,而传统创伤性气管狭窄动物模型多为慢性损伤,亦无法为急性气管狭窄研究提供相应动物模型。本研究所采用方法则可快速建立急性气管狭窄动物模型,对临床及基础研究具有重要意义。②气管狭窄程度可控性强。本研究以不同直径球囊单独或联合使用制作兔气管狭窄模型,球囊内

注入对比剂后可通过 DSA 三维扫描精确测量球囊所占气管横截面积比例(图 2),从而获得不同程度气管狭窄,为临床进一步研究特定气管狭窄状态下心肺功能变化及制定恰当的治疗方案提供不同动物模型。通过置入 3 mm、3.5 mm、4 mm、4 mm+4 F 单弯导管和 4 mm+2 mm 不同直径球囊导管精准制作气管狭窄模型,保证了实验精确性和可控性。本研究所用球囊来源于心内科冠状动脉球囊扩张支架使用后再消毒球囊,收集方便且无额外费用。

综上所述,采用扩张球囊制作兔气管狭窄模型是一种快速、可控性强、操作简单、稳定、重复性好的方法,为气管狭窄基础和临床研究提供了有效可靠的实验载体,具有广泛推广价值。本研究实验载体仅为兔,应用于其它动物实验载体如犬、猪、猴等的研究尚需进一步完善。

#### [参 考 文 献]

- [1] 苏柱泉,李时悦.建立创伤性气道狭窄动物模型的研究现状与进展[J].国际呼吸杂志,2013,33:1274-1278.
- [2] Eliashar R, Eliachar I, Gramlich T, et al. Improved canine model for laryngotracheal stenosis[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2000, 122: 84-90.
- [3] Nakagishi Y, Morimoto Y, Fujita M, et al. Rabbit model of airway stenosis induced by scraping of the tracheal mucosa[J]. Laryngoscope, 2005, 115: 1087-1092.
- [4] 林爱军,郭启勇,乞文旭,等.实验犬气管狭窄模型留置覆膜、非覆膜金属支架后管腔再狭窄的规律[J].中国医学影像技术,2010,26:1648-1651.
- [5] Saueressig MG, De Macedo-Neto AV, Espinel-Jde O, et al. Experimental model of tracheal stenosis with submucosal resection of cartilaginous rings combined with Sodium hydroxide instillations[J]. Rev Col Bras Cir, 2012, 38: 412-416.
- [6] 李慧,张杰,王婷,等.良性气管狭窄动物模型建立的实验研究[J].中华结核和呼吸杂志,2010,33:625-626.
- [7] 李振生,李德新.建立气管狭窄动物模型研究的现状[J].河北医科大学学报,2013,34:1602-1605.
- [8] 杨希之,毛小慧,敖华飞,等.兔瘢痕性喉气管狭窄模型的制备[J].上海交通大学学报·医学版,2010,30:1490-1493.
- [9] 王利换,张杰,陈楠,等.局部应用紫杉醇抑制兔气管损伤后瘢痕组织形成的初步研究[J].中华结核和呼吸杂志,2013,36:202-206.
- [10] Nakagishi Y, Morimoto Y, Fujita M, et al. Photodynamic therapy for airway stenosis in rabbit models[J]. Chest, 2008, 133: 123-130.
- [11] Charous SJ, Ossoff RH, Reinisch L, et al. Canine subglottic stenosis as a model for excessive fibrosis: a pilot histologic and immunohistochemical analysis[J]. Wound Repair Regen, 1996, 4: 444-453.
- [12] Roh JL, Lee YW, Park HT. Subglottic wound healing in a new rabbit model of acquired subglottic stenosis[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 2006, 115: 611-616.
- [13] Borowiecki B, Croft CB. Experimental animal model of subglottic stenosis[J]. Ann Otol Rhinol Laryngol, 1977, 86: 835-840.
- [14] Snapper JR, Trochtenberg DS, Hwang YS, et al. Effect of pulmonary edema on tracheal diameter[J]. Respiration, 1999, 66: 522-527.
- [15] Loewen MS, Walner DL. Dimensions of rabbit subglottis and trachea[J]. Lab Anim, 2001, 35: 253-256.
- [16] 魏宁,徐浩,顾玉明,等.局麻下支架置入术治疗原发性气管肿瘤性梗阻五例[J].介入放射学杂志,2013,22:570-573.

(收稿日期:2014-10-24)

(本文编辑:边 伟)