

彩色多普勒超声心动图检测牛颈静脉带瓣管道重建犬右室流出道后结构及血流动力学研究

徐新华¹, 吴忠仕², 尹邦良², 胡建国², 杨一峰²

(中南大学湘雅二医院 1. 心脏超声科; 2. 心胸外科, 长沙 410011)

[摘要] 目的: 采用彩色多普勒超声心动图 (echocardiography, UCG) 观察牛颈静脉带瓣管道重建犬右室流出道 (right ventricular outflow tract, RVOT) 后心血管结构和血流动力学变化。方法: 应用牛颈静脉带瓣管道 (valved bovine jugular vein conduit, BJVC) 重建犬右室流出道, 分三个阶段, 共 32 只实验犬。应用 UCG 在术后、术后 7 d 和 1 年后观察右心室与肺动脉结构状况, 测定重建后 BJVC 各截面的直径、右心室和肺动脉端吻合口的宽度、血流速度 (V) 和压差 (pressure gradient, PG), 并评价 BJVC 通畅情况。结果: 第一阶段, 5 只犬术后彩色多普勒超声心动图检测犬右心室与 BJVC 重建的右室流出道 (right ventricular outflow tract, RVOT) 吻合口部分存在的压差稍大, 吻合口普遍偏小; 部分犬 BJVC 远端与肺动脉主干吻合处表现出吻合口偏小, 血流经过流速加快, 压差增高, 彩色多普勒血流呈五彩镶嵌。第二阶段, 重建术后 1 年 7 只犬均存活, 术后 UCG 检查瓣膜关闭良好, 无明显返流, 跨瓣压差小; 带瓣管道通畅, 未见血栓形成图像, 除 1 只犬瓣叶活动稍差外, 其余犬瓣叶活动良好。第三阶段, 共观察 20 例, 术后、术后 7 d 和 1 年 UCG 检测示带瓣管道通畅, 瓣膜关闭良好, 右室与 BJVC 吻合口及远端吻合口通畅, 周边无渗漏, 无明显返流或湍流图像, 跨瓣压差小, 未见明显新生物图像。结论: UCG 能定性、定量观察和评价 BJVC 重建犬 RVOT 的结构和血流动力学变化, 可以正确评价其术后疗效, 对 BJVC 的研制和临床应用具有重要价值。

[关键词] 彩色多普勒; 超声心动图; 牛; 颈静脉; 带瓣管道

[中图分类号] R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-7347(2007)04-0599-05

Structural and hemodynamic study of right ventricular outflow tract reconstruction with valved bovine jugular vein conduit in the canine model by color Doppler echocardiography

XU Xin-hua¹, WU Zhong-shi², YIN Bang-liang², HU Jian-guo², YANG Yi-feng²

(1. Department of Echocardiography; 2. Department of Cardiovascular and Thoracic Surgery, Institute of Cardiovascular Research, Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410011, China)

Abstract: **Objective** To observe the structural and hemodynamic changes after the reconstruction of right ventricular outflow tract (RVOT) with valved bovine jugular vein conduit (BJVC) in the canine model by color Doppler echocardiography (UCG). **Methods** BJVC was used in the reconstruction of RVOT of 32 canines. UCG was used to observe the structure of the right ventricle and RVOT. The structure and hemodynamics were observed, and the diameter, width, blood velocity and pressure gradient (PG) were measured between the right ventricle and the conduits. **Results** In the

①收稿日期 (Date of reception) 2005-12-14

作者简介 (Biography) 徐新华 (1956-), 女, 湖南长沙人, 教授, 主要从事彩色多普勒超声心动图的研究。

通讯作者 (Corresponding author) 吴忠仕, E-mail: owenzswu@sina.com

基金项目 (Foundation item) 湖南省科技计划重大专项基金 (04SK1005) This work was supported by Special Project of Hunan Science and Technology Plan of P. R. China (04SK1005)

first stage, UCG showed that PG between the right ventricle and BJVC was high in 5 canines, and a few anastomosis in BJVCs with main pulmonary artery was small. Blood velocity quickened and PG increased, and color Doppler showed that the bloodstream was very bright. In the second stage, 7 canines survived for 1 year after the implantation. One year after the operation, UCG showed that the valve closed well, no graft kinking or obvious regurgitation of the valve was observed. The PG of the valve was low. The BJVCs were unobstructed and there was no thrombus. All the valves of BJVC opened well except one. In the third stage, 20 canines survived for 1 year after the implantation. UCG showed that the valve motion was good, no graft kinking or obvious regurgitation of the valve was observed. No neoplasm was observed. **Conclusion** UCG is one of the most useful measurements in the structural and hemodynamic study of RVOT reconstruction by BJVC in the canine model. The good evaluation of UCG implies that it is important for the study and clinical practice.

Key words: color Doppler; echocardiography; bovine; jugular vein; conduit

[*J Cent South Univ (Med Sci)*, 2007, 32(4):0599-05]

近年来国外研究表明,牛颈静脉带瓣管道(valved bovine jugular vein conduit, BJVC)可作为右室流出道重建手术选择的良好材料^[1-3]。自2002年10月至2005年6月,作者采用自制BJVC作家犬右室流出道(right ventricular outflow tract, RVOT)与肺动脉连接,并在术后早、中、晚期应用彩色多普勒超声心动图(echocardiography, UCG)定性、定量观察BJVC的结构性能及血流动力学变化,共完成32例,以期为实验、临床应用研究提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 仪器和超声检查方法 应用美国GE-ViVid 7及ViVid 7 Dimension型彩色多普勒超声心动图仪,5 MHz相控阵扇扫探头。取犬仰卧位或稍左侧卧位,以获取清晰图像。探头首先放在胸骨左右缘行扇形扫描,观察左房、左室及二尖瓣,然后倾斜探头指向右下观察右房、右室及三尖瓣。因犬胸骨前突,胸腔组织松软,心脏位置活动较大,因此除记录左室长轴、左室及大动脉短轴、心尖四腔心、双腔心切面外,需根据犬具体心脏位置补充使用图像清晰的特定位置检查。因方位变异较大,UCG对BJVC重建犬RVOT结构及血流动力学观察时,探察方法主要是定位血管的横向和纵向两个轴向后,跟踪其管腔上下吻合口及与周边的关联,重点应用UCG仔细观察BJVC重建犬RVOT后结构及血流动力学变化各项参数。严格掌握UCG测量的规范标准,如速度、压差、左右心功能均取5个心动周期的均值,BJVC内径取收缩

早期、舒张晚期最大径,并用UCG显示各心腔及血管血流信号变化指标。第一期部分犬手术结束心脏复跳后还开展了心表UCG观察血管吻合口通畅状况及血流动力学指标,并评价效果。

1.2 实验动物的选择 健康杂种家犬共32只,雄性17只,雌性15只;年龄8~12(10.2±1.8)月,体质量7~20(11.3±3.1)kg,符合国家实验动物标准。

1.3 手术方法 术前禁食12~24 h,常规肌注阿托品1~2 mg。腹腔或皮下注射戊巴比妥钠30 mg/kg,气管内插管,机械通气。股动脉穿刺置管动态测动脉压。麻醉后股静脉穿刺置管建立静脉通道,术中适当补充糖盐水,失血较多时补充血定安,代谢性酸中毒时补充碳酸氢钠维持酸碱平衡,间断应用肌松剂仙林和镇静剂芬太尼。术中实时监测股动脉血压和心率,检测动脉血气分析。左前外侧切口,第3或第4肋间进胸,于左膈神经前纵行切开心包,充分显露肺动脉和右心室前壁,游离肺动脉主干并套带,侧壁钳纵行夹闭RVOT前壁,侧壁钳上纵行切开RVOT前壁,充分切开内膜,切开长约1.8~2.5 cm,修剪BJVC,两端成斜面,远心端保留距瓣环3~5 mm与RVOT吻合,吻合完毕后夹闭管道,松开右心室侧壁钳。侧壁钳夹闭肺动脉主干前侧部分4~5 mm,长约1.5 cm,管道近心端与肺动脉切口吻合,避免管道扭曲和吻合口狭窄。在肺动脉瓣水平试行阻断肺动脉主干,动脉血压和心率无明显改变时即结扎自身肺动脉。BJVC重建肺动脉与右心室连接前后测定肺动脉压和右心室压。止血,安放胸腔引流管,缝闭胸腔。自主呼吸恢复,麻醉清醒前拔除引流管、

动脉测压和静脉穿刺管。肌注抗生素 3 d。

1.4 观察指标和方法 观察重建右心室与肺动脉连接前后结构及血流动力学变化:术后、术后 7 d 和 1 年行 UCG 检查,观察右室与 BJVC 血管吻合口径、牛颈静脉瓣口径、牛颈静脉远端吻合口及血流速度、压差等。

1.5 统计学处理 采用 SPSS13.0 统计软件进行统计学分析,各组数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用 *t* 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 第一阶段 5 只犬均成功接受了 RVOT 与肺动脉之间的 BJVC 重建,此阶段二维超声心动图观察采集置放的 BJVC 血管普遍稍偏小,但血管周边固定,无渗漏。1 例犬手术 7 d 后出现心率加快,卧位不活动,不进食,超声心动图检查见 BJVC 内有大量血栓形成的图像,于术后 8 d 死亡,经解剖证实超声结果。另 4 只犬术后 1 年仍存活,UCG 检查显示:BJVC 血管仍偏小、瓣叶有增厚,右室与 BJVC 血管吻合口血流速度、压差均增高,血流呈五彩镶嵌(图 1);BJVC 远端与肺动脉主干、近分支或近左肺动脉处表现出吻合口偏小,血流经过流速加大;有 2 例右心室与重建的 RVOT 吻合口存

在的压差增大在 30 ~ 50 mmHg 之间;2 只犬瓣叶活动稍差合并轻度返流,开放幅度为 $50^\circ \sim 60^\circ$ 。另外,有 2 只犬自体肺动脉瓣口未完全闭合。

2.2 第二阶段 7 只犬均成功接受了 RVOT 的 BJVC 重建,手术前后心率、血压和动脉血氧饱和度无明显变化。术后 1 年 7 只犬均存活。术后 7 d UCG 示 7 只犬自体肺动脉瓣口均已闭合,带瓣管道通畅,测量直径为 11 ~ 20 (14.8 ± 2.3) mm。除 1 只犬的瓣叶活动差外,其余瓣叶均活动良好,开放幅度为 $70^\circ \sim 90^\circ$;所有瓣膜关闭良好,无明显返流。术后 1 年超声心动图示 6 只犬自体肺动脉瓣口闭合,1 只犬自体肺动脉瓣口未完全闭合,直径约 3 mm。全部 BJVC 通畅,未见血栓形成, BJVC 远端吻合口无明显狭窄(表 1)。

2.3 第三阶段 20 只犬均成功接受了 RVOT 与肺动脉之间的 BJVC 重建,术后 1 年所有犬均存活。术后 7 d 超声心动图示 20 只犬自体肺动脉瓣口均已闭合,带瓣管道通畅,测量管道直径为 13 ~ 22 (16.7 ± 2.6) mm。所有瓣叶均活动良好,开放幅度为 $70^\circ \sim 90^\circ$;所有瓣膜关闭良好,无异常返流(图 2)。术后 1 年超声心动图示全部犬自体肺动脉瓣口闭合,全部带瓣管道通畅,未见新生物图像。BJVC 远端吻合口无明显狭窄(表 2)。

表 1 第二阶段 BJVC 重建 RVOT 后近期和远期超声心动图检测结果($\bar{x} \pm s$)

Table 1 Echocardiographic results after RVOT reconstruction by BJVC at the 2nd stage ($\bar{x} \pm s$)

时间	<i>n</i>	RVOT 吻合口径(mm)	牛颈静脉瓣口(mm)	RVOT 吻合口压差(mmHg)	跨瓣压差(mmHg)
术后 7 d	7	12.6 ± 2.9	13.8 ± 1.1	19.5 ± 15.3	9.3 ± 5.5
术后 1 年	6	11.7 ± 2.2	12.4 ± 1.5	22.7 ± 16.6*	10.8 ± 6.3

与术后 7 d 比较, * $P < 0.05$

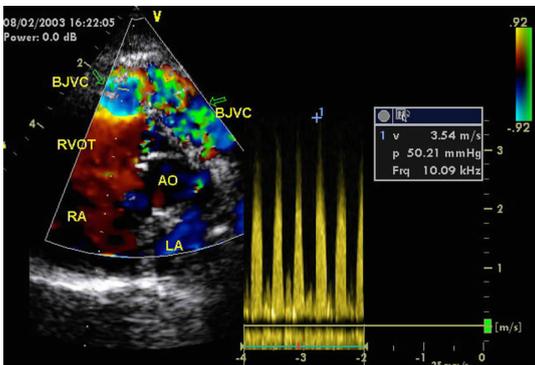


图 1 BJVC 重建肺动脉与右心室链接吻合口处血流加速,压差增高;V:3.5 m/s, PG: 50 mmHg

Fig. 1 After RVOT reconstruction by BJVC, velocity and pressure gradients between the right ventricle and the conduits were high; V:3.5 m/s, PG: 50 mmHg

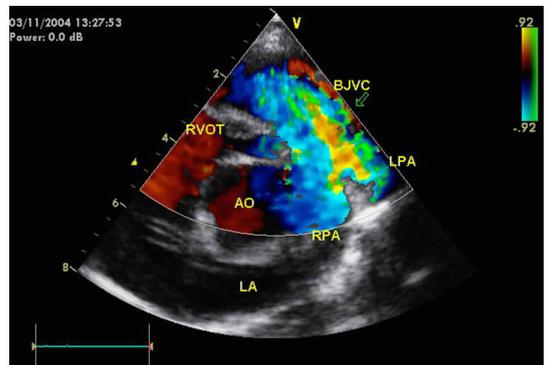


图 2 BJVC 重建 RVOT 术后 1 年:UCG 示血流经过右室 BJVC 出口、跨肺动脉瓣及主干均无加速,无 BJVC 狭窄

Fig. 2 1 year after RVOT reconstruction by BJVC, UCG showed that no acceleration and no stenosis was observed in all valves of BJVC

表2 第三阶段 BJVC 重建 RVOT 后近期和远期超声心动图检测结果($\bar{x} \pm s$)
Table 2 Echocardiographic results after RVOT reconstruction by BJVC at the 3rd stage ($\bar{x} \pm s$)

时间	n	RVOT 吻合口径(mm)	牛颈静脉瓣口(mm)	RVOT 吻合口压差(mmHg)	跨瓣压差(mmHg)
术后7 d	20	13.5 ± 3.2	14.3 ± 1.5	16.5 ± 13.6	8.9 ± 5.2
术后1年	20	12.2 ± 2.9	12.9 ± 1.7	19.6 ± 14.3*	10.0 ± 6.3

与术后7 d 比较, * $P < 0.05$

3 讨 论

很多复杂先天性心脏病的治疗需要利用带瓣管道重建肺动脉与右心室连接,例如肺动脉闭锁、重症法洛四联症、右室双出口、共同动脉干、大动脉转位合并肺动脉狭窄等,利用 BJVC 重建肺动脉与右心室连接有广阔的应用前景^[4,6]。同种带瓣管道的实验研究在国外已有40年历史,Ross 等^[7]于1966年首先予以试用,取得了良好效果。但它来源有限,大小难以匹配,适合婴幼儿的小管径管道更少,无法满足临床需要^[8]。猪肺动脉管道已应用于临床,但易钙化、衰败,因而使用期有限^[9]。目前可以应用的带瓣管道中,以 BJVC 研究得较多,已有用于临床者^[2]。牛颈静脉瓣生物力学性能接近人体肺动脉瓣,对右心系统低压环境适应好^[8,10]。本研究室经过多年的潜心研究,不断改进自制的牛颈静脉带瓣管道重建右室流出道性能质量,使其达到国际先进水平,而价格仅国外的1/3,为临床试用打下了扎实的基础。UCG 对 BJVC 的结构和血流动力学指标有其它检测方法难以比拟的重要价值,如对不同切面的管道内径、是否通畅、血流速度和跨瓣压差、有无血栓形成等的观察。它对于手术后效果的评估亦起着非常重要的作用。

UCG 探查时,可取犬仰卧位或稍左侧卧位以寻找清晰图像。由于犬的膈肌较薄,心脏在胸腔内活动度较大,往往难以精确定位。有的犬心脏靠左侧,有的犬心脏靠右侧,有的犬心脏在胸骨后,有的犬心脏在右侧膈肌平面,而重建的牛颈静脉带瓣管道浮在心脏表面,且方位变异较大,因此需仔细探查以寻找心脏长轴、短轴等最佳切面图像为准。彩色多普勒时要求多普勒取样线保持与血流平行。超声对牛颈静脉带瓣管道重建犬右心室流出道后结构及血流动力学的观察主要方法如下:定位血管的 X 轴和 Y 轴两个轴向后,跟踪其管腔上下吻合口及与周边的关联,然后重点应用 UCG 仔细观察 BJVC 重建犬右心室流出道结构及其血流动力学变化参数。

第一阶段,术后 UCG 检测右心室与重建的 RVOT 吻合口部分存在的压差稍大吻合口普遍偏小,考虑为早期采集制备的牛颈静脉血管偏小,跨瓣压差达 30 ~ 50 mmHg;部分 BJVC 远端与肺动脉主干、近分支或近左肺动脉处表现出吻合口偏小,血流经过流速加快,压差增高,彩色多普勒血流呈五彩镶嵌。其原因可能为 RVOT 吻合口切口不够充分致吻合后再造的右室流出道口偏小,在牛颈静脉管道的采集制造、处理工艺还有待进一步探讨和改进。有1例犬7d后出现心率加快,卧位不活动,食欲减退。UCG 探查显示,BJVC 内有大量血栓回声,经解剖证实,考虑为感染。

第二阶段,UCG 示 BJVC 瓣叶无异常返流,血流压差为 1 ~ 12 mmHg,说明 BJVC 通畅,无瓣膜或管腔狭窄。全部7例牛颈静脉带瓣管道的肺动脉瓣叶回声清晰,十分柔顺,开放贴壁,跨瓣压差正常。

UCG 术后7d和1年复查显示,全部 BJVC 通畅,未见明显的血栓形成,右室端吻合口径稍减小,但差别无统计学意义($P > 0.05$),吻合口处压差增大($P < 0.05$),不排除吻合口处纤维增生或疤痕形成导致的狭窄。另外,BJVC 的瓣叶仍回声清细、柔顺,牛颈静脉瓣口和该处压差较重建早期无明显变化,反映牛颈静脉瓣膜功能仍然良好。术后1年除1只犬瓣叶活动稍差合并轻度返流外,其余犬瓣叶活动良好,开放幅度为 70° ~ 80°。

第三阶段,UCG 对 BJVC 重建犬右心室流出道后结构及血流动力学研究实验结果显示,术后20例 BJVC 带瓣管道重建犬右心室流出道全部通畅,管壁无明显增厚,无明显回声增强,未见新生物图像;所有 BJVC 的瓣叶回声清细,柔顺性好,开放贴壁,无病理性返流图像,瓣上彩色多普勒血流检测跨瓣压差为 1 ~ 10 mmHg。UCG 1年后对20例牛颈静脉带瓣管道重建犬右心室流出道结构及血流动力学再次复查显示,右室流出道与 BJVC 通畅,管道周边固定,无回声中断,无渗漏图像,吻合口无明显缩小;UCG 显示血流经过右室 BJVC 出口、跨瓣膜及管道主干均无加速,为背向探头的蓝色

层流,无分流及湍流,提示 BJVC 无狭窄,BJVC 的瓣叶回声仍十分清细、柔顺,开放贴壁,BJVC 瓣口处压差较重建早期无明显变化。说明在前两个阶段基础上,用 BJVC 重建犬右心室流出道的手术方法和技巧水平已大大提高;应用 UCG 定性、定量观察 BJVC 的结构性能及流体力学变化的方法已较为成熟。

综上所述,UCG 具有无创、快速、重复性好、方便、经济等许多优点;能定性、定量观察和评价 BJVC 重建犬右室流出道后的结构和流体力学变化,具有其它方法难以替代的优越性,为 BJVC 的研制工艺改进提供了重要的实验参数。另外,鉴于 UCG 所提供的指标和参数客观、可靠,因此其对今后 BJVC 的临床应用评估具有重要指导意义。需要强调的是,这同时要求心脏超声工作者熟悉心血管解剖和流体力学知识,仔细探查,减少误差。

参考文献:

- [1] Herijgers P, Ozaki S, Verbeken E, et al. Valved jugular vein segments for right ventricular outflow tract reconstruction in young sheep [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2002, 124 (4): 798-805.
- [2] Dave H H, Kadner A, Berger F, et al. Early results of the bovine jugular vein graft used for reconstruction of the right ventricular outflow tract [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79 (2): 618-624.
- [3] Boethig D, Thies W R, Hecker H, et al. Mid term course after pediatric right ventricular outflow tract reconstruction: a comparison of homografts, porcine xenografts and contegras [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2005, 27(1): 58-66.
- [4] Coma A F, Humi M, Griffin H, et al. Bovine jugular vein as right ventricle-to-pulmonary artery valved conduit [J]. *J Heart Valve Dis*, 2002, 11(2): 242-247.
- [5] Gober V, Berdat P, Pavlovic M, et al. Adverse mid-term outcome following RVOT reconstruction using the Contegra valved bovine jugular vein [J]. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79 (2): 625-631.
- [6] Ichikawa Y, Noishiki Y, Kosuage T, et al. Use of a bovine jugular vein graft with natural valve for right ventricular outflow tract reconstruction: A one-year animal study [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1997, 114(2): 224-233.
- [7] Ross D N, Somerville J. Correction of pulmonary atresia with a homograft aortic valve [J]. *Lancet*, 1966, 2(7479): 1446-1447.
- [8] Dearani J A, Danielson G K, Puga F J, et al. Late follow-up of 1095 patients undergoing operation for complex congenital heart disease utilizing pulmonary ventricle to pulmonary artery conduits [J]. *Ann Thorac Surg*, 2003, 75(2): 399-411.
- [9] Niwaya K, Knott-Craig C J, Lane M M, et al. Cryopreserved homo graft valves in the pulmonary position: risk analysis for intermediate-term failure [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 117(1): 141-147.
- [10] 吴忠仕,张竟超,程端,等.牛颈静脉带瓣管道结构特性及流体动力学的实验研究 [J]. *湖南医科大学学报*, 2003, 28(3): 298-300.
- WU Zhong-shi, ZHANG Jing-chao, CHENG Duan, et al. Morphologic and Hydrodynamic characteristics of bovine jugular venous conduit with valves [J]. *Bull Hunan Med Univ*, 2003, 28(3): 298-300.

(本文编辑 傅希文)