

应用同种带瓣管道重建右室流出道的危险因素分析

董自超¹ 汪曾炜^{2△} 王辉山² 尹宗涛²

(¹ 第四军医大学西京医院 陕西 西安 710032 ² 沈阳军区总医院 辽宁 沈阳 110016)

摘要 目的 评价采用同种带瓣管道行右室流出道重建术的临床效果,探讨影响手术效果及临床预后的因素。方法 回顾 2002 年 11 月至 2010 年 11 月期间应用同种带瓣管道行右室流出道重建患者的临床资料,分析患者手术前后的一般信息、血流动力学表现与临床预后的关系。结果 行右室流出道重建术后 49 例痊愈出院,5 例死亡,存活率 90.7%,死亡率 9.3%。手术前后比较右室流出道内径较术前明显增加,右室-左室收缩压比值、右室-肺动脉压差较术前明显降低,三尖瓣反流、肺动脉瓣反流较术前加重,肺动脉瓣狭窄较术前减轻。统计分析表明患者死亡的危险因素有术后右室平均压、术后肺动脉-主动脉收缩压比值、术后二尖瓣反流。术后心胸比、术后肺动脉收缩压、术后肺动脉-主动脉收缩压比值、术后三尖瓣反流可能和术后患者 ICU 时间延长有关。McGoon 指数、术后心胸比、术后肺动脉收缩压、术后右室平均压、术后肺动脉-主动脉收缩压比值、合并动脉导管未闭、术后三尖瓣反流可能和术后患者呼吸机时间延长有关。结论 复杂先天性心脏病患者采用同种带瓣管道重建右室流出道可以取得较满意的临床效果,术后流出道梗阻矫正满意,可以防止肺动脉返流导致的心脏损害。

关键词 先天性心脏病 同种带瓣管道 右室流出道重建

中图分类号 R654.2 **文献标识码** A **文章编号** 1673-6273 (2011) 10-1891-05

Risk Factors of Using Valved Homograft Conduit for Right Ventricular Outflow Tract Reconstruction

DONG Zi-chao¹ WANG Zeng-we^{2△} WANG Hui-shan² YIN Zong-tao²

(¹ Xijing Hospital, The Fourth Military Medical University, Xi'an 710032, China ;

² The General Hospital of Shenyang Military Region, Shenyang 110016, China)

ABSTRACT Objective: To investigate the effect of right ventricular outflow tract reconstruction by homografts. **Methods:** Patients who underwent valved homograft conduit reconstruction of the right ventricular outflow tract in our institution, between November 2002 and November 2010, were retrospectively reviewed. **Results:** Total hospital mortality was 9.3 % (5 of 54). The diameter of right ventricular outflow tract, tricuspid regurgitation and pulmonary regurgitation increased after operation. The ratio of the systolic pressure between right and left ventricle, the pressure gradient between right ventricle and pulmonary and pulmonary stenosis decreased. Analysis show that the mean pressure of the right ventricle, ratio of systolic pressure between pulmonary and aorta after operation and mitral regurgitation may be risk factors for patient mortality. The cardiothoracic ratio, systolic pressure of pulmonary, ratio of systolic pressure between pulmonary and aorta and tricuspid regurgitation after operation maybe indicate longer ICU stays. The McGoon Index and exist of patent ductus arteriosus before operation and postoperative cardiothoracic ratio, systolic pressure of pulmonary, mean pressure of the right ventricle, ratio of systolic pressure between pulmonary and aorta and tricuspid regurgitation may predict longer mechanical ventilation. **Conclusion:** These results indicate that homografts show excellent outcomes in right ventricular outflow tract reconstruction.

Key words: Congenital heart disease; Homograft; Valved conduit; Right ventricular outflow tract reconstruction

Chinese Library Classification(CLC): R654.2 **Document code:** A

Article ID:1673-6273 (2011) 10-1891-05

前言

许多先天性心脏病如肺动脉闭锁、重症法洛四联症、共同动脉干、需要行 Ross 术的主动脉瓣畸形以及合并右室流出道阻塞的先天性大动脉转位及解剖性矫正大动脉转等的外科矫治过程中需要利用带瓣管道重建右室流出道。同种带瓣管道具有免疫原性相对较小,术后不需要服用抗凝药物,长期使用较

少出现因增生的假内膜层导致的管道狭窄等缺点,并且管道及瓣膜的自然结构符合生理需要,术后血流动力学表现较好,因而是目前临床应用效果最好的重建材料^[1-3]。本文回顾 2002 年 11 月至 2010 年 11 月期间应用同种带瓣管道修复复杂心内畸形的病例资料,分析患者手术前后的临床及的血流动力学资料并行统计学分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾 2002 年 11 月至 2010 年 11 月期间应用同种带瓣管道修复复杂心内畸形的病例资料 54 份,对比分析患者手术前后的临床资料及的血流动力学表现并行统计学分析,探讨影响

作者简介 董自超(1981-),男,硕士研究生,主要研究方向:复杂先天性心脏病的外科治疗,电话 024-28851214,E-mail zldongzichao@126.com.

△ 通讯作者 汪曾炜,E-mail wang_zengwei@126.com

(收稿日期 2011-02-03 接受日期 2011-02-27)

患者预后的危险因素。

54 例复杂先天性心脏病患者,男 34 例,女 20 例;平均年龄 8.7±5.7 岁(7 月~25 岁);平均体重 25.8±15.1 kg(7-73 kg)。其中 1 例术前行墨尔本分流术,5 例行改良 BT 分离术,1 例行开胸探查术。大多数患儿术前有活动后胸闷、气短,35 例(64.8 %)伴有口唇、甲床明显发绀。

1.2 诊断与治疗方法

所有患者术前均行经超声心动图、胸片及心电图检查明确诊断,40 例(74.1 %)患者行右心导管检查,根据情况测量心室压、动脉压等血流动力学指标,计算肺血管阻力,了解心脏及肺血管发育情况,进一步明确诊断。主要诊断包括法洛四联症(tetralogy of Fallot, TOF, 16 例,29.6 %),完全性大动脉转位(complete transposition of great arteries, CTGA, 8 例,14.8 %),解剖性矫正大动脉异位(anatomic corrected malposition of great arteries, ACMGA, 1 例,1.9 %),先天性矫正大动脉转位(congenital corrected transposition of great arteries, CCTGA, 18 例,33.3 %),永存动脉干(persistent truncus arteriosus, PTA, 2 例,3.7 %),右室双出口(double outlet right ventricle, DORV, 4 例,7.4 %),先天性矫正大动脉转位合并右室双出口(CCTGA associated with DORV, 2 例,3.7 %),主动脉瓣病变(aortic valve disease, AV disease, 包括二叶主动脉瓣,主动脉狭窄并/或主动脉瓣关闭不全,3 例,5.6 %) (表 1)。其他合并畸形包括室间隔缺损(51 例,94.4 %),动脉导管未闭(15 例,27.8 %),房间隔缺损(13 例,

24.1 %),卵圆孔未闭(11 例,20.4 %),大主肺动脉侧枝(8 例,14.8 %),冠脉分布异常(7 例,13.0 %),右旋心(6 例,11.1 %),永存左上腔静脉(4 例,7.4 %),右房异构、左房异构及左旋心(各 2 例,3.7 %),永存右上腔静脉、右位主动脉弓、二尖瓣副瓣、右上腔异位连接左心房及左侧房室瓣关闭不全(各 1 例,1.9 %)。

患者行右室流出道重建原因分别为肺动脉闭锁(pulmonary artery atresia, PA, 19 例,35.2 %),永存动脉干(2 例,3.7 %),右室流出道阻塞(right ventricular outflow tract obstruction, RVOTO, 30 例,55.6 %),主动脉瓣病变(3 例,5.6 %)。所有患者均采用正中切口,于中度血液稀释与中度低温体外循环下实施手术,体外循环时间 175.4±60.7 分钟,主动脉阻断时间 102.2±45.0 分钟。根据术前检查及术中探查结果分别采用同种带瓣管道右室流出道重建术(right ventricular outflow tract reconstruction, RVOTR, n=44, 81.5 %)或同种带瓣管道功能右室(解剖左室)流出道重建术(functional RVOTR, FRVOTR, n=10, 18.5 %) (表 2)。术中预先修剪同种带瓣管道,近端预先与一段人造血管端端吻合,然后纵行切开右室(或功能右室)流出道并与人造血管吻合,管道远端与主肺动脉吻合,建立右室(功能右室)流出道-人工血管-同种带瓣管道-主肺动脉通道,术中同期处理合并畸形,并于术后即刻直接测压。

同期手术包括室缺修复术(51 例,94.4 %),导管结扎或缝合术(15 例,27.8 %),房缺修复术(13 例,24.1 %),卵圆孔未闭修复术(11 例,20.4 %),法四心内修复术(10 例,18.5 %),改良

表 1 诊断
Table 1 Diagnosis

Diagnosis	n	(%)
TOF	16	29.6
CTGA	8	14.8
ACMGA	1	1.9
CCTGA	18	33.3
PTA	2	3.7
DORV	4	7.4
CCTGA associated with DORV	2	3.7
AV disease	3	5.6
Total	54	100.0

表 2 病变类型及主要手术方法
Table 2 Type of lesions and procedure

Lesions	Procedure		n	(%)
	RVOTR	FRVOTR		
PA	17	2	19	35.2
RVOTO	22	8	30	55.6
PTA	2	0	2	3.7
AV disease	3	0	3	5.6
Total	44	10	54	100.0
(%)	81.5	18.5	100.0	

Senning + Rastelli 术 (10 例,18.5 %) ,肺动脉加宽术 (9 例,16.7 %) ,完全性大动脉转位心内修复、Rastelli 术及主肺侧枝结扎术 (各 7 例,13.0 %) ,法四心内修复 + 一期单源化术、主肺分流修复或分流管结扎术 (各 6 例,11.1 %) , Ross 术、右室双出口心内修复 +Rastelli 术及乳头肌移植术 (各 3 例,5.6 %) ,永存动脉干心内修复术 (2 例,3.7 %) ,完全性大动脉转位心内修复术、右室双出口心内修复术、二尖瓣成形术、右上腔静脉右肺动脉吻合术及房室瓣成形(DeVega) 术 (各 1 例,1.9 %) 。

1.3 统计学方法

应用 SPSS 13.0 软件进行统计处理, 计量资料以均数±标准差表示,采用 t 检验,计数资料采用卡方检验,等级资料采用非参数检验,以 P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

表 3 管道类别及型号

Table 3 Type and size of valved conduit

Type	n	(%)	Mean diameter (mm)	SD (mm)	P	Minimum	Maximum	Death(%)
Pulmonary	19	35.2	23.5	2.4	0.987	14	25	2(10.5)
Aortic	35	64.8	23.5	2.7		15	30	3(8.6)3(8.6)
Total	54	100.0	22.5	2.6		14	30	5(9.3)

手术前后比较术后患者右室流出道内径 (RVOT diameter, RVOTD) 较术前明显增加,右室 - 左室收缩压比值 (right and left ventricle systolic pressure ratio, PLVSPR) 、右室 - 肺动脉压差 (right ventricle and pulmonary pressure gradient, RVPPG) 较术前

总计采用同种主动脉 35 例,同种肺动脉 19 例,管道最小 14 mm,最大 30 mm,平均直径 22.5 mm ,同种肺动脉和同种主动脉管道直径相比没有统计学差异。54 例患者中 49 例痊愈出院,5 例死亡,存活率 90.7 %,死亡率 9.3 %。其中同种带瓣肺动脉组死亡 2 例 (10.5 %) ,同种带瓣主动脉瓣组死亡 3 例 (8.6 %) ,二者之间差异无统计学意义 (表 3) 。患者死亡原因包括 1 例因术后咯血、3 例因灌注肺导致的呼吸衰竭死亡, 另外 1 例因术后出现循环衰竭于手术当日死亡。患者平均住院时间为 41.8±20.8 天 (16-123 天, 中位数 36 天) ;平均术后住院时间 23.2±14.0 天 (1-88 天,中位数 19 天) ;平均 ICU 时间 10.2±13.7 天 (1-88 天,中位数 6 天) ;平均呼吸机辅助时间 131.2±302.2 小时 (5-1848 小时,中位数 41 小时) 。

明显降低;三尖瓣反流 (tricuspid regurgitation, TR) 、肺动脉瓣反流 (pulmonary regurgitation, PR) 较术前加重,肺动脉瓣狭窄 (pulmonary stenosis, PS) 较术前减轻 (表 4) 。

表 4 手术前后超声检查及血流动力学检查对比

Table 4 Comparison of echocardiography and hemodynamics results before and after operation

Index	Item	Mean	SD	t	P
1	Preoperative RVOTD	11.47 mm	6.45 mm	-4.406	0.001**
	Postoperative RVOTD	19.20 mm	5.54 mm		
2	Preoperative RLVSPR	0.96	0.17	10.133	0.000**
	Postoperative RLVSPR	0.43	0.15		
3	Preoperative RLVPPG	61.08 mmHg	36.48 mmHg	5.158	0.000**
	Postoperative RVPPG	7.46 mmHg	7.31 mmHg		
4	Preoperative TR			-2.045 ^{a+}	0.041 ^{b*}
	Postoperative TR				
5	Preoperative PR			-2.236 ^{a+}	0.025 ^{b*}
	Postoperative PR				
6	Preoperative PS			-3.938 ^{a+}	0.000 ^{b**}
	Postoperative PS				

Notes *: P<0.05 ; **: P<0.01 ; a: Wilcoxon Signed Ranks Test Z value ; b: Wilcoxon Signed Ranks Test ; +: Based on positive ranks ; -: Based on negative ranks.

根据文献资料定义术后 ICU 时间大于 7 天为 ICU 时间延长,呼吸机辅助时间大于 72 小时为呼吸机辅助时间延长,以及患者术后是否存活为终点,分别行统计分析。结果表明 术后右

室平均压 (mean pressure of the right ventricle, RVMP) 、术后肺动脉 - 主动脉收缩压比值 (ratio of systolic pressure between pulmonary and aorta, PASPR) 、术后二尖瓣反流 (mitral regurgita-

tion, MR) 是患者术后死亡的危险因素;患者术后 ICU 时间延长的危险因素有术后心胸比 (cardiothoracic ratio, CTR)、术后肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure, PSP)、术后肺动脉 - 主动脉收缩压比值、术后三尖瓣反流;术后患者呼吸机辅

助时间延长的危险因素有 McGoon 指数、术后心胸比、术后肺动脉收缩压、术后右室平均压、术后肺动脉 - 主动脉收缩压比值、术后三尖瓣反流以及术前合并动脉导管未闭 (patent ductus arteriosus, PDA) (表 5)。

表 5 影响围术期临床效果的因素分析
Table 5 Factor associated with outcome

	Result			Prolonged ICU Stays			Prolonged Mechanical Ventilation		
	Mean		P	Mean		P	Mean		P
	Survival	Died		≤ 7d	> 7d		≤ 48h	> 48h	
Preoperative McGoon Index	2.2	2.0	0.762	2.4	1.9	0.107	2.4	1.7	0.019*
Postoperative CTR	0.58	0.61	0.400	0.57	0.61	0.021*	0.56	0.62	0.007**
Postoperative PSP	29	40	0.072	26	39	0.000**	27	36	0.029*
Postoperative RVMP	18	25	0.025*	17	22	0.054	16	22	0.033*
Postoperative PASPR	0.34	0.58	0.007**	0.31	0.49	0.004**	0.32	0.47	0.020*
PDA	26.5 % ^d	40.0 % ^d	0.907 ^a	27.3 % ^d	28.6 % ^d	0.917 ^b	16.1 % ^d	43.5 % ^d	0.027 ^{b*}
Postoperative TR	21.72 ^e	12.50 ^e	0.394 ^c	18.21 ^e	28.07 ^e	0.005c**	17.72 ^e	26.08 ^e	0.012 ^{c*}
Postoperative MR	21.00 ^e	42.00 ^e	0.031 ^{c*}	19.89 ^e	24.71 ^e	0.127 ^c	19.07 ^e	24.45 ^e	0.072 ^c

Notes *: P<0.05 ; **: P<0.01 ; a: Continuity Correction Pearson Chi-Square ; b: Pearson Chi-Square ; c: Mann-Whitney U Test ; d: ratio ; e: Mean Rank.

3 讨论

某些合并肺动脉瓣狭窄或闭锁以及因主动脉瓣病变行 ROSS 术的复杂先心病患者在行重建右心室 - 肺动脉连接的手术时如果右心室和肺动脉之间不植入瓣膜,术后将出现肺动脉血液大量向右心室返流,右心室容量负荷剧增,收缩末压升高。这些病理生理改变可于术后即刻或进行性导致患者右心功能下降甚至衰竭、活动耐力下降以及心律失常,严重者可能导致患者猝死^[4]。特别是对术后仍然存在左向右分流、肺动脉高压、残留远端肺动脉梗阻以及肺血流量减少的患者,这些表现尤为突出,因而术中植入肺动脉瓣显得更为重要^[5-7]。然而目前却还没有一种理想的右室流出道重建材料。已经应用于临床的各种材料均有一定的缺点。同种带瓣管道免疫原性相对较小,术后不易产生血栓,不需要服用抗凝药物,较少出现因增生的假内膜层导致的管道狭窄,而且因为管道及瓣膜结构符合生理需要,所以术后血流动力学表现较好^[1-3]。1966 年 Ross 等首次应用同种带瓣主动脉治疗 1 例肺动脉闭锁伴室缺的患者,此后该材料逐渐得到广泛应用。Daenen W 等^[1]报道 187 例采用同种带瓣主动脉或肺动脉重建右室流出道患者,术前诊断包括心室 - 动脉连接一致的右室流出道梗阻,心室 - 动脉连接不一致的右室流出道梗阻,共同动脉干以及 ROSS 术后重建右室流出道。总计院内死亡率为 2.7 %,术后 60 个月带瓣管道免于衰败率为 90±3 %,患者存活率 93±2 %,所有存活患者心功能 I 或 II 级。Bando K 等^[2]报道的另一组更大规模病例采用同种带瓣主动脉 230 枚,肺动脉 118 枚,早期死亡率为 6 %,但是首次行带瓣管道植入患者的死亡率为 10.3 %,明显高于二次手术更换管道患者死亡率 (3.5%),而采用不同类型管道的早期死亡率差异没有统计学意义 (同种带瓣肺动脉为 5.3 %,主动脉为 7.5%)。

本组患者的总体死亡率为 9.3%, 主动脉组和肺动脉组的死亡率分别为 8.6%和 10.5%, 二者之间没有统计学差异,和 Bando K 等的报告一致。尽管患者术后肺动脉返流较术前增加,但是右室 (功能右室) 流出道梗阻得到明显缓解。事实上,尽管手术前后患者肺动脉返流差异有统计学意义,但本组术后肺动脉返流均为轻度,对患者血流动力学及心功能并无太大影响,临床意义不大。分析也表明了术后肺动脉返流与患者死亡、ICU 时间以及呼吸机辅助时间无统计学相关性。这些结果表明应用同种带瓣主动脉和肺动脉行右室流出道重建术具有较好的临床效果,能够有效解除流出道梗阻,同时防止肺动脉瓣大量返流,从而可以预防相关并发症的发生。我们研究发现患者术后右室平均压、术后肺 - 主动脉收缩压比值、术后二尖瓣反流是术后患者死亡的危险因素。患者术后心胸比、术后肺动脉收缩压、术后肺动脉 - 主动脉收缩压比值、术后三尖瓣反流可能和 ICU 时间延长 而 McGoon 指数、术后心胸比、术后肺动脉收缩压、术后右室平均压、术后肺动脉 - 主动脉收缩压比值、术后三尖瓣反流以及术前合并动脉导管未闭和术后呼吸机时间延长相关。这可能是由于患者肺动脉发育差或术中畸形矫正不满意,残余右室流出道梗阻或远端肺动脉分支狭窄,以及二尖瓣返流及手术操作导致心功能受损造成的。因而术前严格把握手术适应症,术中彻底矫正心内畸形,充分加宽肺动脉及其狭窄分支,轻柔操作减少人为心肌损伤,有可能提高患者的存活率,加快术后康复。

然而同种带瓣管道的总体效果仍未达到理想水平,在中晚期仍会出现瓣膜狭窄和 / 或关闭不全以及管道的狭窄。Thomas Oosterhof 等^[8]于 2006 年报道 158 名采用同种带瓣管道行右室流出道重建术的法洛四联症患者的 10 年管道免于衰败率仅为 47 %。病理研究表明管道内膜增厚形成钙化、纤维化

是导致管道梗阻是瓣膜及管道衰败的主要原因^[9],主动脉因更容易产生这种病理改变因而其晚期效果不如肺动脉^[1,2]。手术时患者年龄越小这种改变发生越快、越严重,有研究指出手术时患者年龄小于3岁是管道衰败的最主要的危险因素^[6,9,10]。另外,如果管道直径和患者的生理需要不匹配^[2,6,11],术中畸形矫正不满意^[2,11]以及术后出现肺动脉瓣狭窄或返流^[2]等和管道的晚期衰败也有一定关系。免疫排斥反应是管道衰败的另一个原因。Christenson, JT等^[12,13]研究发现供体和受体血型不匹配在管道衰败中似乎起着重要作用。动物试验表明对同种带瓣管道进行改进,采用脱细胞处理降低其免疫原性可明显减轻瓣叶及管道钙化,短期效果优于同种带瓣肺动脉^[14]。同种带瓣管道的另一缺点是其来源非常有限,价格昂贵且以往型号不全,并且取材后难以长期保存,很难适用于婴幼儿。然而往往对于婴幼儿早期接受手术治疗是提高其生存率的关键。尽管可采用修剪把同种带瓣管道进行制成双叶瓣,使管道直径减少1/3,但是临床应用的总体效果也不理想,术后早期死亡率较高,并且伴随机体生长发育可再次出现狭窄和梗阻^[15,16]。

临床医生始终在寻找一种合适的替代材料。异种瓣膜因衰败率高目前已基本不在使用,经过改制后的异种管道效果有所提高,但是仍需进一步观察其远期疗效^[17]。牛颈静脉是另一种较常用的带瓣管道材料,这种材料具有来源广泛,型号齐全,价格低廉等优点。经过加工的牛颈静脉已经商品化生产并应用于临床,术后早期及中期效果较好^[18,19],有报道指出对于婴幼儿应用牛颈静脉的疗效甚至优于同种带瓣管道^[20]。人工材料是另外一种常用的替代产品,2009年Makoto Ando等^[21]报道采用聚四氟乙烯心包补片手工缝制的带瓣管道行右室流出道重建术,临床应用效果满意。然而这些材料的一个共同的缺点是缺乏生长潜能,均面临远期衰败的问题^[22]。婴幼儿患者术后因机体生长以及管道内膜增厚形成管腔狭窄,可再次出现流出道梗阻,需要二次手术更换管道避免对机体造成进一步损害^[23]。

4 结论

采用同种带瓣管道重建右室流出道治疗多种复杂先天性心脏病可以取得较满意的临床效果,术后流出道梗阻矫正满意,可以防止肺动脉血液返流导致的心脏损害。同种带瓣管道的远期通畅率优于各种异种材料及人工材料,但是仍未达到理想效果。应用组织工程技术以自身组织或干细胞培养具有生物活性而无免疫原性的带瓣管道可能是较为理想选择。

参考文献(References)

- [1] Daenen W, Gewillig M. Factors influencing medium-term performance of right-sided cryopreserved homografts[J]. J Heart Valve Dis, 1997, 6(4):347-353
- [2] Bando K, Danielson GK, Schaff HV, et al. Outcome of pulmonary and aortic homografts for right ventricular outflow tract reconstruction.[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 1995, 109(3):509-517
- [3] Tatebe S, Nagakura S, Jr Boyle EM, et al. Right ventricle to pulmonary artery reconstruction using a valved homograft [J]. Circ J, 2003, 67(11):906-912
- [4] Davlouros PA, Karatza AA, Gatzoulis MA, et al. Timing and type of

- surgery for severe pulmonary regurgitation after repair of tetralogy of Fallot [J]. Int J Cardiol, 2004, 97(1):91-101
- [5] Singh GK, Greenberg SB, Yap YS, et al. Right ventricular function and exercise performance late after primary repair of tetralogy of Fallot with the transannular patch in infancy[J]. Am J Cardiol, 1998, 81(11):1378-1382
- [6] Chan KC, Fyfe DA, McKay CA, et al. Right ventricular outflow reconstruction with cryopreserved homografts in pediatric patients: intermediate-term follow-up with serial echocardiographic assessment [J]. J Am Coll Cardiol, 1994, 24(2):483-489
- [7] Owen AR, Gatzoulis MA. Tetralogy of Fallot: Late outcome after repair and surgical implications [J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu, 2000, 3:216-226
- [8] Oosterhof T, Meijboom FJ, Vliegen HW, et al. Long-term follow-up of homograft function after pulmonary valve replacement in patients with tetralogy of Fallot [J]. Eur Heart J, 2006, 27(12):1478-1484
- [9] Luk A, Butany J, Erlich SA, et al. Long-term morphological changes in a cryopreserved pulmonary valve homograft [J]. Can J Cardiol, 2007, 23(10):817-819
- [10] Caldarone CA, McCrindle BW, Van Arsdell GS, et al. Independent factors associated with longevity of prosthetic pulmonary valves and valved conduits [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2000, 120(6):1022-1030
- [11] Askovich B, Hawkins JA, Sower CT, et al. Right ventricle-to-pulmonary artery conduit longevity: is it related to allograft size [J]. Ann Thorac Surg, 2007, 84(3):907-911
- [12] Christenson JT, Vala D, Sierra J, et al. Blood group incompatibility and accelerated homograft fibrocalcifications[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2004, 127(1):242-250
- [13] Christenson JT, Sierra J, Colina MN, et al. Homografts and xenografts for right ventricular outflow tract reconstruction: long-term results[J]. Ann Thorac Surg, 2010, 90(4):1287-1293
- [14] Hopkins RA, Jones AL, Wolfenbarger L, et al. Decellularization reduces calcification while improving both durability and 1-year functional results of pulmonary homograft valves in juvenile sheep[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 137(4):907-913
- [15] Benjacholas V, Namchaisiri J, Khongphatthanayothin A, et al. Bicuspidized pulmonary homograft for truncus arteriosus repair [J]. Asian Cardiovasc Thorac Ann, 2008, 16(3):189-193
- [16] Yang JH, Jun TG, Sung K, et al. Midterm results of size-reduced cryopreserved homografts for right ventricular outflow tract reconstruction [J]. Ann Thorac Surg, 2010, 89(6):1821-1826
- [17] Erez E, Tam VK, Dublin NA, et al. Repeat right ventricular outflow tract reconstruction using the Medtronic Freestyle porcine aortic root [J]. J Heart Valve Dis, 2006, 15(1):92-96
- [18] Niclauss L, Delay D, Hurni M, et al. Experience and intermediate-term results using the Contegra heterograft for right ventricular outflow reconstruction in adults.[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2009, 9(4):667-671
- [19] Arenz C, Sinzobahamvya N, Kaestner M, et al. Function of Contegra valved grafts after unifocalization.[J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2008, 56(7):401-405

(下转第 1986 页)

- ng: current status and future directions[J].Clinical Radiology,2010,65(7):567-581
- [23] Wyss C, Schaefer SC, Juillerat-Jeanneret L, et al. Molecular imaging by micro-CT: specific E-selectin imaging[J].Eur Radiol,2009,19(10):2487-2494
- [24] Ku G, Wang LHV. Deeply penetrating photoacoustic tomography in biological tissues enhanced with an optical contrast agent[J].Optics Letters,2005,30(5):507-509
- [25] Eghtedari M, Oraevsky A, Copland JA, et al. High sensitivity of in vivo detection of gold nanorods using a laser optoacoustic imaging system[J].Nano Letters,2007,7(7):1914-1918
- [26] Hoehn M, Himmelreich U, Kruttwig K, et al. Molecular and cellular MR imaging: Potentials and challenges for neurological applications [J].Journal of Magnetic Resonance Imaging,2008,27(5):941-954
- [27] Arosio D, Manzoni L, Araldi EM, et al. Cyclic RGD Functionalized Gold Nanoparticles for Tumor Targeting [J].Bioconjug Chem,2011: Doi:10.1021/bc100448r
- [28] Melancon M, Lu W, Li C. Gold-Based Magneto/Optical Nanostructures: Challenges for In Vivo Applications in Cancer Diagnostics and Therapy[J].Mater Res Bull,2009,34(6):415-421
- [29] Hubbell JH, Seltzer SM. Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV for Elements Z= 1 to 92 and 48 Additional Substances of Dosimetric Interest[DB/OL].Online.2009.Available from URL:<http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>
- [30] Boisselier E, Astruc D. Gold nanoparticles in nanomedicine: preparations, imaging, diagnostics, therapies and toxicity[J].Chemical Society Reviews,2009,38(6):1759-1782
- [31] Popovtzer R, Agrawal A, Kotov NA, et al. Targeted gold nanoparticles enable molecular CT imaging of cancer [J].Nano Lett,2008,8(12):4593-4596
- [32] Patra CR, Bhattacharya R, Mukhopadhyay D, et al. Fabrication of gold nanoparticles for targeted therapy in pancreatic cancer [J].Adv Drug Deliv Rev,2010,62(3):346-361
- [33] Byrne JD, Betancourt T, Brannon-Peppas L. Active targeting schemes for nanoparticle systems in cancer therapeutics [J].Adv Drug Deliv Rev,2008,60(15):1615-1626
- [34] Huang XH, Peng XH, Wang YQ, et al. A Reexamination of Active and Passive Tumor Targeting by Using Rod-Shaped Gold Nanocrystals and Covalently Conjugated Peptide Ligands [J].ACS Nano,2010,4(10):5887-5896
- [35] Kim D, Park S, Lee JH, et al. Antibiofouling polymer-coated gold nanoparticles as a contrast agent for in vivo x-ray computed tomography imaging[J].Journal of the American Chemical Society,2007,129(24):7661-7665
- [36] Xu CJ, Tung GA, Sun SH. Size and concentration effect of gold nanoparticles on X-ray attenuation as measured on computed tomography [J].Chemistry of Materials,2008,20(13):4167-4169
- [37] Alric C, Taleb J, Le Duc G, et al. Gadolinium chelate coated gold nanoparticles as contrast agents for both X-ray computed tomography and magnetic resonance imaging[J].Journal of the American Chemical Society,2008,130(18):5908-5915
- [38] Li J, Chaudhary A, Chmura SJ, et al. A novel functional CT contrast agent for molecular imaging of cancer[J].Physics in Medicine and Biology,2010,55(15):4389-4397
- [39] Shi XY, Wang SH, Sun HP, et al. Improved biocompatibility of surface functionalized dendrimer entrapped gold nanoparticles [J].Soft Matter,2007,3(1):71-74

(上接第 1895 页)

- [20] Fiore AC, Ruzmetov M, Huynh D, et al. Comparison of bovine jugular vein with pulmonary homograft conduits in children less than 2 years of age [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2010, 38(3):318-325
- [21] Ando M, Takahashi Y. Ten-year experience with handmade trileaflet polytetrafluoroethylene valved conduit used for pulmonary reconstruction [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009, 137(1):124-131
- [22] Yuan SM, Mishaly D, Shinfeld A, et al. Right ventricular outflow tract reconstruction: valved conduit of choice and clinical outcomes [J]. J Cardiovasc Med (Hagerstown), 2008, 9(4):327-337
- [23] Loukanov T, Sebening C, Springer W, et al. Replacement of valved right ventricular to pulmonary artery conduits: an observational study with focus on right ventricular geometry.[J]. Clin Res Cardiol, 2008, 97(3):169-175