

脑死亡心脏供体的评估和管理方法探索

周巍, 孔祥荣, 王凯, 柴军武, 陈洪磊, 薛奋龙, 王维铁 (天津市第一中心医院心外科, 天津 300192)

【摘要】 目的 总结分析天津市第一中心医院 37 例脑死亡器官捐献供者供心的评估及维护经验。方法 回顾性分析 2013 年 1 月—2017 年 6 月天津市第一中心医院心外科完成的 37 例脑死亡器官捐献供心的评估、获取及移植手术的临床资料。供心来源于器官获取组织主导的公民器官捐献, 脑死亡供者根据《中国脑死亡判定标准(成人)》进行判定。结果 手术方法均采用双腔静脉法原位心脏移植术。冷缺血时间 45 ~ 370 分钟, 阻断时间 55 ~ 110 分钟, 体外循环时间 125 ~ 190 分钟。36 例患者手术过程顺利, 1 例供体体重小于受体体重 30%, 术后出现心功能不全, 术后通过体外膜肺氧合(ECMO)联合主动脉内球囊反搏(IABP), 肾脏替代治疗(CRRT)1 周后恢复。结论 对于供体及受体的综合评估, 有效的心脏供体管理措施, 可以提高心脏供体利用率, 改善心脏移植远期生存率。

【关键词】 器官捐献; 评估标准; 供者维护; 心脏移植

Evaluation and management of donor hearts from brain death

Zhou Wei, Kong Xiangrong, Wang Kai, Chai Junwu, Chen Honglei, Xue Fenlong, Wang Weitie. Cardial Surgery, Tianjin First Center Hospital, Tianjin 300192, China.

Corresponding author: Kong Xiangrong, Email: kongxiangrong001@163.com

【Abstract】 Objective To summarize the experience of donor heart evaluation and function maintenance from 37 cases of donation after brain death in our hospital. **Methods** From January 2013 to June 2017, 37 cases of heart donation after brain death were evaluated in cardial surgery department, Tianjin First Center Hospital. Donor hearts were from organ donation from organ procurement organization (OPO), and the diagnoses of brain death were based on the *China brain death criteria (adult)*. **Results** Transplantations were all performed with a double lumen venous anastomosis manner. The cold ischemia time was (45 ~ 370) min, aorta cross-clamping time was (55 ~ 110) min and cardiopulmonary bypass time was (125 ~ 190) min. The operations were successful in 36 patients. A cardiac dysfunction occurred after operation in 1 case whose body weight was 30% less than the donor. The patient recovered after treated with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), intra-aortic balloon pump (IABP) and continuous renal replacement therapy (CRRT) 1 week later. **Conclusion** We can improve the utilization of donor hearts and the long-term survival of heart transplantation recipients by a comprehensive evaluation of the donor and recipient.

【Key words】 Organ donation; Evaluation criteria; Donor maintenance; Heart transplantation.

原位心脏移植是目前治疗终末期心衰患者最有效的方法^[1-2], 然而供体匮乏严重限制了心脏移植数量的增加, 在器官捐献供者利用方面, 与肝脏

和肾脏相比, 心脏的利用率明显偏低^[3], 心脏供体没有得到最佳的利用使问题更加复杂, 相当比例的心脏供体没有用于移植^[4], 当前急需一个系统的器官捐献供心评估标准和心功能维护的有效方法。自 2013 年 1 月起天津市第一中心医院共完成 37 例心脏及心肾联合移植, 供体均为脑死亡患者

供体器官的获取及维护均于本院完成，现将我中心供心的评估及维护经验总结如下。

1 资料与方法

1.1 供者资料：2013年1月—2017年6月，本院共完成37例脑死亡器官捐献供心的评估、获取及移植手术。供心来源于器官获取组织（organ procurement organization, OPO）主导的公民器官捐献，脑死亡供者根据《中国脑死亡判定标准（成人）》进行判定^[5]。37例供者中男性34例，女性3例；平均年龄（30.1 ± 4.5）岁，体重48 ~ 90 kg，平均（65.5 ± 3.2）kg；供者原发病分别为脑外伤29例，脑出血8例。供心的冷缺血时间为45 ~ 370分钟。

1.2 受体资料：供者维护阶段持续时间在24 ~ 78小时。受者中男性34例，女性3例；平均年龄（47.2 ± 3.5）岁，供体体重45 ~ 90 kg，平均（62.6 ± 5.4）kg，37例供者的心脏均全部成功获取，并顺利完成心脏/心-肾联合移植手术。受体原发病分别为扩张性心肌病24例；肥厚性心肌病1例；缺血性心肌病9例；冠脉搭桥术后冠脉移植血管及冠脉再狭窄及闭塞，频发心绞痛无法行冠脉支架及常规手术2例；1例终末期瓣膜病。12例合并慢性肾功能不全，血肌酐180 ~ 230 μmol/L。淋巴细胞毒抗体试验阳性率均 < 10%，1例供、受体体重差大于20%且小于30%，其余体重相差均在20%以内。

1.3 供心选择：在判定供者为脑死亡状态后，供者家属有捐献意向开始，对供者心脏进行评估。

1.3.1 供体评估内容（表1）：① 一般情况；② 体检结果；③ 实验室检查结果；④ 影像学检查结果；⑤ 心电图检查结果；⑥ 超声心动图检查结果；⑦ 冠脉造影。

1.3.2 供心选取标准（表2）：我们的供心选取标准除供、受者血型相同，细胞毒性试验阴性等基本要求以外，根据文献提出的标准进行了相应调整^[6]：① 年龄 < 50岁；② 体重差 < 20%；③ 没有心脏病；④ 没有持续性低血压和低氧血症；⑤ 血流动力学稳定：平均动脉压 > 60 mmHg（1 mmHg = 0.133 kPa），中心静脉压8 ~ 12 mmHg，

血管活性药物（多巴胺或多巴酚丁胺）用量 < 10 μg /（kg · min）；⑥ 正常心电图；⑦ 正常超声心动图；⑧ 正常心脏冠脉造影（没有冠脉造影的供体，术中需要再次探查，评估冠脉情况）；⑨ 输血全项阴性（乙型肝炎表面抗原、丙型肝炎病毒和人类免疫缺陷病毒）。

表1 供体评估的主要内容

项目	内容
一般情况	年龄、身高、体重
	死亡原因
	心脏血管活性药物用量
	既往史：高血压、冠心病及糖尿病史等
体格检查	心脏查体
实验室检查	心肌酶
	血肌酐
	血液传播疾病筛查
影像学检查	胸部X线片
	胸部CT（如情况允许）
超声心动图	左室收缩功能
	左心室室壁厚度
	瓣膜功能
心电图	多导心电图
冠脉造影	（条件允许）评估冠脉情况

表2 供体评估标准

项目	标准
年龄	< 50岁
病史	无广泛胸部损伤，没有心脏病
实验室检查	心肌酶正常
	血液传播疾病筛查阴性
影像学检查	胸部X线片
	胸部CT（如情况允许）
超声心动图	左室收缩功能正常
	左心室室壁厚度不超过1.4 cm
	心脏结构基本正常，无严重瓣膜病
心电图	多导心电图无明显缺血改变
冠脉造影	（条件允许）评估冠脉情况，无严重冠心病

1.4 供心维护：经初步评估认为供心有可能采用后，即进入供心功能维护流程，主要包括两方面内容。

1.4.1 在体维护：① 维持循环稳定，合理使用血管活性药物（多巴胺、多巴酚丁胺、肾上腺素及去甲肾上腺素），血压平稳后减量或停用正性肌力

药物,长期辅助多巴胺不超过 $5\text{ }\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$,肾上腺素不超过 $0.01\text{ }\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$;②控制心率、体温(包括物理降温、冬眠疗法);③维持内环境稳定,纠正酸碱平衡紊乱,积极补钾;④维持相对合适的容量负荷,出入量平衡,营养支持。维持中心静脉压 $8\sim 12\text{ mmHg}$,红细胞比容 $> 30\%$,血清白蛋白 $> 25\text{ g/L}$;⑤积极查找感染证据,一旦发现感染,使用广谱抗菌药物抗感染治疗;⑥激素治疗,对合并尿崩症患者使用垂体后叶素。

1.4.2 离体维护:①主动脉阻断后灌注 4°C HTK 心肌保护液,同时冰泥心肌保护,初次灌注 $2\ 000\text{ ml}$ HTK 保护液,3小时灌注一次。心脏取出后置于 HTK 保护液与冰水混合物中保存;②尽量减少转运时间;③预计转运时间长,保存液中添加广谱抗菌药物。

2 结 果

手术方法均采用双腔静脉法原位心脏移植术。冷缺血时间 $45\sim 370$ 分钟,阻断时间 $55\sim 110$ 分钟,体外循环时间 $125\sim 190$ 分钟。36例患者手术过程顺利,移植心脏心功能良好,常规关胸返重症监护病房(intensive unit care, ICU);1例供体体重小于受体体重的 30% ,患者术后出现心功能不全,术后通过体外膜肺氧合(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)联合主动肺内球囊反搏(intra-aortic balloon pump, IABP)及肾脏替代治疗(continuous renal replacement therapy, CRRT)1周后恢复,ICU 治疗时间 15 天,住院 55 天后出院。4例术后出现急性肾衰,其中 3 例经床旁血滤 $7\sim 20$ 天无效,患者死亡。32 例患者于术后第 1 天拔除气管插管,ICU 治疗时间 $6\sim 7$ 天。术后随访 $1\sim 66$ 个月,1 例术后 2 个月脑血管意外死亡,1 例术后 2 个月合并曲霉菌感染,1 例术后 3 年患者自行减量免疫抑制剂,出现急性排斥反应,经激素冲击治疗后好转,患者已康复出院。

3 讨 论

3.1 供心的评估:供体特点直接影响到心脏移植手术的成功与否,但是目前对于以往所认为的危险因素仍存有争议。国际心肺移植协会(International

Society of Heart and Lung Transplantation, ISHLT)数据显示^[7],逐渐增大的年龄因素是心脏移植术后病死率的高风险因素。在美国,目前所使用的的心脏捐赠者年龄中位数为 35 岁,而在欧洲,这个年龄中位数为 43 岁。如果供体和受体都是老年患者,心脏移植术后患有冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病)的风险会加大。此外,对于危重状态的受体使用高龄供心,与使用年轻供心相比将带来更高的病死率,但仍比不接受移植手术要强。最近两项欧洲的回顾性研究显示,接受年轻的供心和接受年老的供心相比,生存率没有显著差异,但接受年老的供心发生冠心病的风险增大^[8-9]。我们中心最初的供体选择年龄 < 45 岁,但是随着冠脉评估手段的丰富,及术中检测手段的不断完善,我们将评估无冠心病 50 岁以内的供体都纳入选择范围。

根据 ISHLT 的指南,供体与受体质量相比不应相差超过 30% ^[10]。研究表明,较小的供心,仍能很好地适应受体的循环要求^[11]。大规模的研究也表明,体重差异不预测生存率差异,比体重更重要的是心脏的大小。与体重相匹配组相比,那些体重相差超过 30% ,但患者超声心动图检查中左室舒张末期内径参数匹配,受体术后的血流动力学、排斥反应、生存期和总生存期结果相似^[12]。我们的标准是供、受者体重相差不超过 20% ,兼顾超声心动图检查证据,同时评估供、受体心脏大小。但是如果受体处于濒危状态,而此时有体重相差在 $20\%\sim 30\%$ 的供体,我们的经验是这种供体选择是可行的,较小的供体术后可能会出现心功能不全,术后需要立即采取心脏辅助装置如 ECMO 和 IABP,仍可以取得较好的疗效。

我们主要考虑心功能或心输出量。男性、供体心脏大小、年龄和肌肉质量都是供体心脏功能的积极预测因子^[13]。一个能够维持较高血压的心脏供体,没有显著的左心室肥厚,可以更好地适应心脏移植术中及术后所增加的后负荷。对于一些肥胖或者既往有哮喘,但是病情控制良好的供体,由于右心室经过“训练”而能够迅速适应受体较高的肺动脉压环境。

我们并不是特别在意左心室射血分数 $<45\%$ 的供体心脏,脑死亡器官捐献(donation after brain death, DBD)患者由于交感神经兴奋后,受体耗竭导致心功能下降,通过给予血管活性药物辅助可以提高心脏功能^[14-15]。补充神经激素如甲状腺素、加压素(抗利尿激素)和类固醇24小时后,左心室收缩功能仍没有恢复,则排除其作为供体的可能^[16]。

左心室肥厚程度在供者选择中也存在争议。斯坦福大学的一项单中心研究发现,左室壁厚度 $>1.4\text{ cm}$ 与存活率显著相关^[17],而另一些研究发现轻度和中度左心室肥厚(最多 1.7 cm)对生存无不良影响^[18]。美国器官共享联合网络(UNOS)数据的后续分析显示,左心室壁厚度正常,轻度左室肥厚($1.1\sim 1.3\text{ cm}$),中度和重度左室肥厚($\geq 1.4\text{ cm}$)3组远期生存率并无差异^[19]。然而,老年供者(55岁)伴有左室肥厚的,以及冷缺血时间超过4小时的同时伴有左室肥厚,这两种情况对生存率有负面影响^[19]。我们中心的经验是,对于超声心动评估的左室肥厚的供心,只要不存在左室流出道梗阻,都应该被使用,尤其是对于受体既往有高血压病史,拥有肥厚左心室的供心可能更适应受体较高的后负荷状态。

3.2 供心的维护:供体管理的目标应包括良好的平均动脉压、心室容量、射血分数和心输出量,纠正酸中度、贫血及低钠血症,良好的气体交换,并使用单一的血管活性药物。

3.2.1 在体维护:大多数心脏供体来自于脑死亡器官捐献(donation after brain death, DBD)患者的捐献。脑死亡过程本身可能导致供体心脏损伤^[20]。早期干预可能减少供心由于脑死亡导致的不断损伤而出现功能下降。首先,脑死亡导致交感神经兴奋,使得自主神经紊乱(心动过速和高血压),之后迅速耗竭出现乏力状态(低血压)。心脏损伤的过程与循环中儿茶酚胺有直接和明确的关系^[21],负荷条件的改变(包括前负荷和后负荷)也可能是心功能下降的一个重要因素,右心室似乎比左心室更易受肺血管阻力增加的影响。此外,异常分泌的垂体前叶激素及垂体后叶激素加速了包括促肾上腺皮质

激素、促甲状腺素及抗利尿激素等激素的耗竭。

脑死亡后由于交感神经张力散失导致全身血管阻力降低,必须外源性补充 α 受体激动剂和 β 激动剂来抵消交感神经张力的损失,而不能仅靠补充循环容量来纠正休克^[22]。在供体中使用去甲肾上腺素可能减少心脏移植术后患者1年生存率^[23]。供体管理中使用低剂量的多巴胺($4\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$)辅助可以明显增加心脏移植患者的3年生存率^[24]。除了血流动力学的改善,多巴胺也可能防止炎症和缺血损伤^[25]。在临床上也经常使用垂体后叶激素来缓解血管麻痹并减少其他血管活性药物的使用^[26-27]。

脑死亡患者出现内分泌功能障碍,导致甲状腺功能减退,肾上腺皮质功能减退、尿崩症^[28]。目前,特别是在左心功能不全的供体心脏中,可以考虑激素替代疗法。尿崩症应用去氨加压素或垂体后叶素注射治疗^[29]。在大多数指南中推荐使用大剂量皮质类固醇激素,即使是低剂量给药也会减少其他血管活性药物的需求^[30],类固醇有可能减少供体炎性反应的激活^[31],然而,有文献报道,激素的使用并没有导致心脏功能的改善或器官恢复率的提高^[32-33]。

大样本回顾性分析显示,甲状腺激素的使用使心脏恢复率更高^[34-36],甚至改善移植后的效果^[37]。从理论上讲,这是以减少无氧代谢为基础的。然而,系统回顾并不支持甲状腺激素的常规治疗^[38]。另外,大多数供体只是患有正常甲状腺功能病态综合征而非甲状腺功能减退。甲状腺激素在临床中的作用尚不清楚,大多与其他激素相关。

3.2.2 离体维护:DBD供体心脏保存的金标准仍然是使用冷晶体液顺行灌注,然后将移植物置于冰屑中保存^[39]。脑死亡过程中的儿茶酚胺风暴和炎症因子引起损伤之后,合适的供体管理可以改善器官功能^[40-41]。利用顺行冷灌注保存方法,可以放慢新陈代谢,保持细胞完整性,不同保存方法如细胞内保存液UW液、HTK液、St Thomas液、和细胞外保存液Celsior液均已证明能很好地保护DBD患者的供心^[42-43]。同样,冷血的停搏液

也被成功使用^[44]。抗氧化添加剂可能通过降低线粒体膜损伤从而改善移植植物功能^[45]。虽然这些保存液已成功应用于临床,但并没有证据表明一次灌注可以使冷缺血时间超过4小时。

一种新型的晶体溶液称为 Somah 液,旨在亚低温(21℃)条件下保存而代替冷保存。实验结果是非常有希望的,24小时后仍可以保持心脏功能^[46]。其中一个原因是它可以在低温下保持线粒体呼吸循环^[43]。

心脏死亡器官捐献(donation after cardiac death, DCD)被认为是增加腹部移植供体池的有效策略^[47]。然而,出于对停循环后心脏功能恢复后果的担忧。使用 DCD 后的供心数量却非常有限。

DCD 的心脏保护策略必须是供体重新获得氧供,并且恢复有氧代谢,从而减少持续性的损伤。已经开发了几种策略,包括使用丰富的灌注液和不同的连续灌注方法;在这种情况下,冷静态保存显然是不够的。在猪的动物实验中,DCD 供心在结合冷静态保存液和亚低温去白细胞血液再灌注结合保存下,移植获得了成功并存活^[48-49]。

供心的评估及维护旨在发现适合移植的潜在供心,提高捐献器官的使用率,改善心脏移植术后的远期生存率;同时发现不适合作为潜在供心的证据,避免盲目扩大边缘供心影响移植的近期及远期效果,减少医疗资源浪费。在这个过程中需要我们的 OPO 团队、ICU 团队、心脏移植团队及护理小组等共同协作,提高边缘供心的利用率。

参考文献

- [1] 孙晓叶,沈中阳,康永振.体外膜肺氧合技术在实体器官移植领域中的应用[J].中国中西医结合急救杂志,2016,23(4):439-441.
- [2] 刘蕾,刘懿禾,沈中阳,等.4例心脏移植患者术后的早期处理[J].中华危重病急救医学,2007,19(7):438-439.
- [3] 董念国.婴幼儿心脏移植临床经验总结[J].中国循环杂志,2016,31(z1):109-110.
- [4] Zaroff JG, Rosengard BR, Armstrong WF, et al. Consensus conference report: maximising use of organs recovered from the cadaver donor: cardiac recommendations [J]. Circulation, 2002, 106(7): 836-841.
- [5] Ding ZY, Zhang Q, Wu JW, et al. A Comparison of Brain Death Criteria between China and the United States [J]. Chin Med J (Engl), 2015, 128(21): 2896-2901.
- [6] Kilic A, Emani S, Sai-Sudhakar CB, et al. Donor selection in heart transplantation [J]. Thorac Dis, 2014, 6(8): 1097-1104.
- [7] Lund LH, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The registry of the international society for heart and lung transplantation: thirty-first official adult heart transplant report—2014; focus theme: Retransplantation [J]. J Heart Lung Transplant, 2014, 33(10): 996-1008.
- [8] Prieto D, Correia P, Baptista M, et al. Outcome after heart transplantation from older donor age: Expanding the donor pool [J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2015, 47(4): 672-678.
- [9] Roig E, Almenar L, Crespo-Leiro M, et al. Heart transplantation using allografts from older donors: Multicenter study results [J]. J Heart Lung Transplant, 2015, 34(6): 790-796.
- [10] Mehra MR, Canter CE, Hannan MM, et al. The 2016 International Society of Heart Lung Transplantation listing criteria for heart transplantation: a 10-year update [J]. J Heart Lung Transplant, 2016, 35(1): 1-23.
- [11] Mather PJ, Jeevanandam V, Eisen HJ, et al. Functional and morphologic adaptation of undersized donor hearts after heart transplantation [J]. J Am Coll Cardiol, 1995, 26(3): 737-742.
- [12] 张海波,孟旭,韩杰,等.脑死亡器官捐献心脏移植供体保护性治疗与功能评价[J/CD].实用器官移植电子杂志,2016,4(5):270-276.
- [13] Bassi N, Uriel N, Jeevanandam V, et al. Similar post heart transplant outcomes with undersized or oversized donors when left ventricular end diastolic dimension (LVEDD) is within range [J]. J Heart Lung Transplantation, 2016, 35(4): S61.
- [14] Zaroff JG, Babcock WD, Shiboski SC, et al. Temporal changes in left ventricular systolic function in heart donors: results of serial echocardiography [J]. J Heart Lung Transplant, 2003, 22(4): 383-388.
- [15] Venkateswaran RV, Townend JN, Wilson IC, et al. Echocardiography in the potential heart donor [J]. Transplantation, 2010, 89(7): 894-901.
- [16] Novitsky D, Cooper DKC, Rosendale JD, et al. Hormonal therapy of the brain-dead organ donor: experimental and clinical studies [J]. Transplantation, 2006, 82: 1396-1401.
- [17] Kuppahally SS, Valentine HA, Weisshaar D, et al. Outcome in cardiac recipients of donor hearts with increased left ventricular wall thickness [J]. Am J Transplant, 2007, 7(10): 2388-2395.
- [18] Goland S, Czer LS, Kass RM, et al. Use of cardiac allografts with mild and moderate left ventricular hypertrophy can be safely used in heart transplantation to expand the donor pool [J]. J Am Coll Cardiol, 2008, 51(12): 1214-1220.
- [19] Wever Pinzon O, Stoddard G, Drakos SG, et al. Impact of donor left ventricular hypertrophy on survival after heart transplant [J]. Am J Transplant, 2011, 11(12): 2755-2761.
- [20] Smith M. Physiologic changes during brain stem death: lessons for management of the organ donor [J]. J Heart Lung Transplant, 2004, 23(9 Suppl): S217-S222.
- [21] Leone O, Potena L, Foa A, et al. Donor selection criteria clinical and pathological insights. In: Leone O, Angelini A, Brunevald P, Potena L, editors. The pathology of cardiac transplantation [J]. Springer Nature, 2017, 115-136.

- [22] Citerio G, Cypel M, Dobb GJ, et al. Organ donation in adults : a critical care perspective [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42 (3): 305–315.
- [23] Stoica SC, Satchithananda DK, White PA, et al. Noradrenaline use in the human donor and relationship with load-independent right ventricular con-tractility [J]. *Transplantation*, 2004, 78 (8): 1193–1197.
- [24] Benck U, Hoeger S, Brinkkoetter PT, et al. Effects of donor pretreatment with dopamine on survival after heart transplantation : a cohort study of heart transplant recipients nested in a randomized controlled multicenter trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2011, 58 : 1768–1777.
- [25] Lutz J, Thurmel K, Heemann U. Anti-inflammatory treatment strategies for ischemia/reperfusion injury in transplantation [J]. *J Inflamm (Lond)*, 2010, 7 : 27.
- [26] Plurad DS, Bricker S, Neville A, et al. Arginine vasopressin significantly increases the rate of successful organ procurement in potential donors [J]. *Am J Surg*, 2012, 204 (6) : 856–860.
- [27] Kotloff RM, Blosser S, Fulda GJ, et al. Society of Critical Care Medicine/American College of Chest Physicians/Association of Organ Procurement Organizations Donor Management Task Force. Management of the potential organ donor in the ICU : Society of Critical Care Medicine/American College of Chest Physicians/ Association of Organ Procurement Organizations Con-sensus Statement [J]. *Crit Care Med*, 2015, 43 (6) : 1291–1325.
- [28] Greer DM, Valenza F, Citerio G. Improving donor management and trans-plantation success : more research is needed [J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41 (3) : 537–540.
- [29] McKeown DW, Bonser RS, Kellum JA. Management of the heartbeating brain-dead organ donor [J]. *Br J Anaesth*, 2012, 108 (Suppl 1) : i96–i107.
- [30] Pinsard M, Ragot S, Mertes PM, et al. Interest of low-dose hydrocortisone therapy during brain-dead organ donor resuscitation : the CORTICOME study [J]. *Crit Care*, 2014, 18 (4) : R158.
- [31] McLean KM, Duffy JY, Pandalai PK, et al. Glucocorticoids alter the balance between pro- and anti-inflammatory mediators in the myocardium in a porcine model of brain death [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2007, 26 (1) : 78–84.
- [32] Venkateswaran RV, Dronavalli V, Lambert PA, et al. The proinflammatory environment in potential heart and lung donors : prevalence and impact of donor management and hormonal therapy [J]. *Transplantation*, 2009, 88 (4) : 582–588.
- [33] Dupuis S, Amiel JA, Desgroseilliers M, et al. Corticosteroids in the manage-ment of brain-dead potential organ donors : a systematic review [J]. *Br J Anaesth*, 2014, 113 (3) : 346–359.
- [34] 马明坤. 甲状腺激素在心血管疾病中应用的研究进展[J]. *实用检验医师杂志*, 2009, 1 (1) : 51–53.
- [35] 陈群清, 莫文魁, 陈丽萍, 等. 甲状腺激素的应用对风湿性心脏病二尖瓣置换术后早期房颤复律作用的随机研究[J/CD]. *中华临床医师杂志 (电子版)*, 2013, (24) : 11153–11156.
- [36] Novitzky D, Mi Z, Collins JF, et al. Increased procurement of thoracic donor organs after thyroid hormone therapy [J]. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 27 (2) : 123–132.
- [37] Rosendale JD, Kauffman HM, McBride MA, et al. Aggressive pharmacologic donor management results in more transplanted organs [J]. *Transplantation*, 2003, 75 (4) : 482–487.
- [38] Macdonald PS, Aneman A, Bhonagiri D, et al. A systematic review and meta-analysis of clinical trials of thyroid hormone administration to brain dead potential organ donors [J]. *Crit Care Med*, 2012, 40 (5) : 1635–1644.
- [39] Southard JH, Belzer FO. Organ preservation [J]. *Annu Rev Med*, 1995, 46 : 235–247.
- [40] Ritschl PV, Ashraf MI, Oberhuber R, et al. Donor brain death leads to differential immune activation in solid organs but does not accelerate ischaemia-reperfusion injury [J]. *J Pathol* 2016, 239 (1) : 84–96.
- [41] Borbely XI, Krishnamoorthy V, Modi S, et al. Temporal changes in left ventricular systolic function and use of echocardiography in adult heart donors [J]. *Neurocrit Care*, 2015, 23 (1) : 66–71.
- [42] Demertzis S, Wippermann J, Schaper J, et al. University of Wisconsin versus St. Thomas' Hospital solution for human donor heart preservation [J]. *Ann Thorac Surg*, 1993, 55 (5) : 1131–1137.
- [43] Lund IH, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The registry of the international society for heart and lung transplantation : thirty-second official adult heart transplantation report—2005 ; focus theme : early graft failure [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2015, 34 (10) : 1244–1254.
- [44] Luciani GB, Faggian G, Montalbano G, et al. Blood versus crystalloid cardioplegia for myocardial protection of donor hearts during transplantation : a prospective, randomized clinical trial [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1999, 118 (5) : 787–795.
- [45] Minasian SM, Galagudza MM, Dmitriev YV, et al. Preservation of the donor heart : from basic science to clinical studies [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2015, 20 (4) : 510–519.
- [46] Lowalekar SK, Lu XG, Thatte HS. Further evaluation of Somah : long-term preservation, temperature effect, and prevention of ischemia-reperfusion injury in rat hearts harvested after cardiocirculatory death [J]. *Transplant Proc*, 2013, 45 (9) : 3192–3197.
- [47] Cao Y, Shahrestani S, Chew HC, et al. Donation after circulatory death for liver transplantation : a meta-analysis on the location of life support withdrawal affecting outcomes [J]. *Transplantation*, 2016, 100 (7) : 1513–1524.
- [48] Martin J, Lutter G, Ihling C, et al. Myocardial viability twenty-four hours after orthotopic heart transplantation from nonheart-beating donors [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2003, 125 (6) : 1217–1228.
- [49] White CW, Hasanally D, Mundt P, et al. A whole blood-based perfusate provides superior preservation of myocardial function during ex vivo heart perfusion [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2015, 34 (1) : 113–121.

(收稿日期: 2017-07-18)