

· 临床研究 ·

甲氧明对心肺转流冠状动脉搭桥后老年低血压患者冠脉血流的影响

卜心怡 王亭亭 葛亚力 魏海燕 施韬 苏中宏 史宏伟

【摘要】 目的 探讨静脉泵注甲氧明和去氧肾上腺素对老年冠状动脉搭桥术患者心肺转流停机经容量治疗后仍低血压的疗效及对冠脉血流的影响。**方法** 择期行冠状动脉搭桥心肺转流停机经容量治疗后低血压(MAP 低于基础血压的 70%)的老年患者 40 例,男 27 例,女 13 例,年龄>65 岁,ASA II 或 III 级,随机分为甲氧明组(M 组)和去氧肾上腺素组(P 组),每组 20 例。患者出现低血压后开始静脉泵药, M 组起始速度为 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, P 组起始速度为 $0.24 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, 根据患者血压调整泵药速度, 单次递增、递减速度均为起始的 1/3, 使 MAP 波动幅度不超过基础值的 20%。分别在泵药前、泵药后 3、5、10、15、30 min 经食管超声心动图(TEE)测量冠脉窦收缩期血流速度时间积分(SVTI)和舒张期血流速度时间积分(DVTI), 并计算冠脉窦血流量(CSBF)。**结果** P 组 1 例患者因未能获得理想 TEE 切面而退出研究。与泵药前比较, 泵药后不同时间点 M 组和 P 组 SVTI、DVTI、CSBF 明显升高($P < 0.01$)。与 P 组比较, 泵药后 5、10、15、30 min M 组 DVTI 和 CSBF 明显升高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。M 组术后发生心房颤动 2 例, 频发室性早搏 1 例; P 组术后发生心动过缓 1 例, 频发室性早搏 1 例。**结论** 静脉泵注甲氧明和去氧肾上腺素均可纠正老年冠状动脉搭桥患者心肺转流后低血压状态, 但甲氧明增加冠脉血流量更明显, 可能对冠心病患者更有利。

【关键词】 冠状动脉搭桥术; 低血压; 甲氧明; 去氧肾上腺素; 心肺转流

Effects of methoxamine on coronary artery blood flow in elderly patients with post volume treatment hypotension after cardiopulmonary bypass undergoing coronary artery bypass grafting BU Xinyi, WANG Tingting, GE Yali, WEI Haiyan, SHI Tao, SHU Zhonghong, SHI Hongwei. Department of Anesthesiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, China
Corresponding author: GE Yali, Email: ge_yl@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the effects of intravenous infusion of methoxamine and phenylephrine on blood pressure and coronary artery blood flow in elderly patients with post volume treatment hypotension after cardiopulmonary bypass (CPB) undergoing coronary artery bypass grafting (CABG). **Methods** Forty patients, physical status ASA II or III, >65 years old, undergoing CABG, following CPB, with a mean arterial pressure (MAP) < 70% of baseline, despite adequate volume replacement (based on achieving a normal CVP), were randomly assigned to methoxamine group (group M, $n=20$) or phenylephrine group (group P, $n=20$). The initial infusion rate was $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ in group M and $0.24 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ in group P, respectively. The rate was increased or decreased by one third of initial dose in order to maintain the MAP at the target level ($\pm 20\%$ of baseline MAP). Coronary sinus (CS), systolic blood flow velocity time integral (SVTI), diastolic velocity time integral (DVTI), CS blood flow (CSBF) were recorded before administration, at 3, 5, 10, 15, 30 min after administration. **Results** Compared with pre-administration, SVTI, DVTI, CSBF were increased at each point in the two groups ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). SVI was increased at 15 min and 30 min in group M ($P < 0.05$). Compared with group P, DVTI and CSBF at 10, 15 min and 30 min was higher in group M ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). There were 2 cases of atrial fibrillation and 1 case of frequent ventricular premature beat after operation in group M; 1 case of bradycardia and 1 case of frequent ventricular premature beats after operation in group P. **Conclusion** Intravenous infusion of methoxamine and phenylephrine both can correct post volume treatment hypotension after CPB in elderly patients undergoing CABG, but methoxamine increases coronary blood flow more significantly and may be more beneficial to patients with coronary heart disease.

DOI:10.12089/jca.2018.05.005

作者单位: 210006 南京医科大学附属南京医院 南京市第一医院麻醉科

通信作者: 葛亚力, Email: ge_yl@163.com

【Key words】 Coronary artery bypass; Hypotension; Methoxamine; Phenylephrine; Cardio-pulmonary bypass

冠状动脉搭桥 (coronary artery bypass grafting, CABG) 患者心肺转流 (cardiopulmonary bypass, CPB) 停机经容量治疗后仍低血压的情况在临床上并不少见。纠正 CPB 后低血压的方法之一是可以加强心、增加心排血量来提高血压, 但过度依赖正性肌力药导致的心肌耗氧增加可能会对冠心病患者不利。此时需使用 α_1 受体激动药提升血压, 增加心脏灌注, 改善患者预后^[1]。甲氧明和去氧肾上腺素虽然同为 α_1 受体激动药, 但与 α_1 受体亚型的亲和力不同。甲氧明主要激动 α_{1A} 、 α_{1B} 受体, 去氧肾上腺素除激动 α_{1A} 、 α_{1B} 受体, 也激动 α_{1D} 受体^[2]。在冠状动脉上 α_{1D} 受体分布占优势^[3], 刺激 α_{1D} 受体可以收缩冠脉^[4]。本研究观察 CABG 患者 CPB 停机经容量治疗后仍低血压时, 静脉泵注甲氧明和去氧肾上腺素能否有效纠正低血压状态, 维持循环稳定, 心排血量是否因左心后负荷的增加而减少, 并结合经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography, TEE) 观察冠脉血流的变化。

资料与方法

一般资料 本研究已获南京市第一医院医学伦理委员会批准, 患者均签署知情同意书。选择 2017 年 5~10 月择期行 CABG 患者, 性别不限, 年龄 >65 岁, ASA II 或 III 级, 在 CPB 停机经容量治疗使 CVP 达到基础值后, MAP 仍低于基础血压的 70% (基础血压以患者处于镇静状态下有创动脉血压为准)。排除标准: (1) 同时合并先天性心脏病、瓣膜性心脏病、室壁瘤等病变; (2) 存在严重的左主干病变 (狭窄 $\geq 90\%$); (3) 左室射血分数 $\leq 50\%$; (4) 重度肺动脉高压 (PASP ≥ 70 mmHg) 或重度三尖瓣返流; (5) 明显肝肾肾功能损害; (6) 有置入 TEE 禁忌证。剔除标准: (1) 研究过程中血压不能达到目标值需使用其他血管活性药物或心脏指数进行性下降 $< 2.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$; (2) 不能获得理想 TEE 切面。采用随机数字表法将患者随机分为两组: 甲氧明组 (M 组) 和去氧肾上腺素组 (P 组)。

麻醉方法 术前 30 min 肌注苯巴比妥钠 2 mg/kg 和东莨菪碱 0.3 mg/kg。患者入室后开放静脉通路, 多功能监护仪连续监测 ECG、HR、 SpO_2 , 静脉注射咪达唑仑 1 mg、舒芬太尼 5 μg , 局

麻下行桡动脉穿刺监测有创动脉压 (MAP), 局麻下经右颈内静脉穿刺置入 Swan-Ganz 导管监测 CVP, 连接心排量仪监测每搏量指数 (stroke volume index, SVI)、外周血管阻力指数 (systemic vascular resistance index, SVRI) 和肺血管阻力指数 (pulmonary vascular resistance index, PVRI)。分次缓慢静脉注射咪达唑仑 0.05 mg/kg、丙泊酚 1.5 mg/kg、舒芬太尼 0.6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、罗库溴铵 0.8 mg/kg 进行麻醉诱导。5 min 后气管插管行机械通气, V_T 6~8 ml/kg, RR 12 次/分, I:E 1:2, FiO_2 70%, 维持 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$ 35~45 mmHg。麻醉维持采用全凭静脉麻醉, 丙泊酚 2~4 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ 、瑞芬太尼 0.2~0.4 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、顺式阿曲库铵 0.1~0.2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, 于切皮、劈胸骨、CPB 前静脉注射舒芬太尼 0.3 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 维持 BIS 值 45~60。

药液的配制及使用方法 为达到双盲要求, 药液的配置、提供由同一麻醉护士完成, 药液的使用由另一位麻醉医师完成。M 组: 甲氧明注射液 (批号: 160901) 20 mg 用生理盐水稀释至 40 ml, 即 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 静脉泵注起始速度为 3 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。P 组: 去氧肾上腺素注射液 (批号: 07160801) 1.6 mg 用生理盐水稀释至 40 ml, 即 40 $\mu\text{g}/\text{ml}$, 静脉泵注起始速度为 0.24 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。患者在 CPB 停机经容量治疗 CVP 达到基础值后仍存在低血压时, 先给予负荷剂量 1 ml (30 s 内匀速泵入) 后, 按起始速度泵入血管收缩药。两药单次递增、递减速度均为起始速度的 1/3, 目标值使 MAP 波动幅度不超过基础值的 20%。

TEE 全麻诱导气管插管后将 TEE 探头 (X7-2t, PHILIPS, 日本) 经口腔置入食管。通过成像系统 (EPIQ7C, PHILIPS, 日本) 和多平面 TEE 探头 (4.5~6.5 MHz) 进行监测, 同步将 TEE 的体表心电图连接患者。冠脉窦直径 (coronary sinus diameter, CSD) 的测量: 将 TEE 探头置于 0~10° 食管中段四腔心切面, 适当加深探头深度显露冠脉窦, 于冠脉窦开口内约 1 cm 处描记 CSD (图 1)。冠脉窦血流流速的测量: 将 TEE 探头置于 90~110° 食管中段双腔静脉切面, 适当右旋显露冠脉窦和双心房, 将取样点置于冠脉窦开口内约 1 cm 处, 使取样线与血流夹角 $< 30^\circ$, 测量冠脉窦收缩期血流速度时间积分 (systolic velocity time integral,

SVTI)、舒张期血流速度时间积分(diastolic velocity time integral, DVTI)和心房收缩期血流速度时间积分(atrium velocity time integral, AVTI)(图 2)。计算冠脉窦血流量参数:根据冠脉窦截面是椭圆形的假设,上下内径为 CSD,前后内径为 CSD/2,计算平均截面积($A_a=3.14/8 \times CSD^2$),根据公式计算冠脉窦血流量(coronary sinus blood flow, CSBF)= $A_a \times (SVTI+DVTI)$ ^[4]。

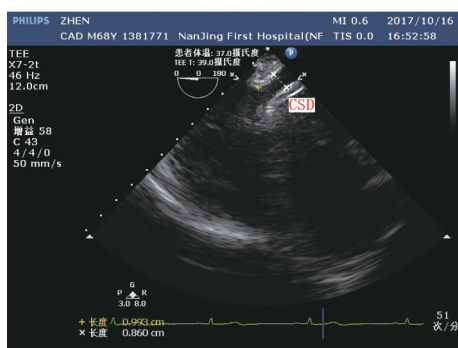


图 1 TEE 测量 CSD 示意图

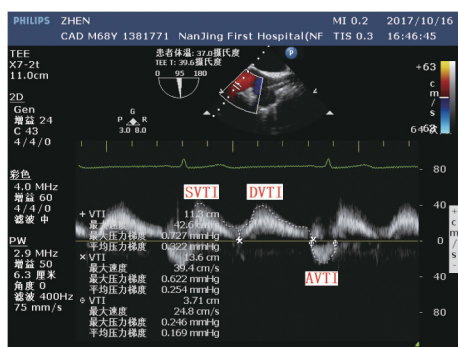


图 2 TEE 监测冠脉窦血流示意图

观察指标 记录泵药前、泵药后 3、5、10、15、30 min 的血流动力学指标: MAP、HR、CVP、SVI、

SVRI、PVRI;记录由 TEE 测量的冠脉窦血流指标: SVTI、DVTI、CSBF,并记录 CSD;记录手术相关情况以及术后不良反应。

统计分析 采用 SPSS 22.0 统计学软件进行分析。正态分布计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验,不同时间点比较采用重复测量方差分析;偏态分布计量资料以中位数(M)和四分位数间距(IQR)表示,组间比较采用秩和检验。计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

研究期间有 145 例患者行 CABG,其中 40 例(27.6%)患者在容量治疗后仍有低血压。P 组有 1 例患者因 TEE 不能获得满意切面退出。两组患者性别、年龄、身高、体重和体表面积等一般资料差异无统计学意义(表 1)。

两组患者主动脉阻断时间、CPB 时间、手术时间、ICU 滞留时间和搭桥支数等手术相关情况差异无统计学意义(表 2)。

与泵药前比较,泵药后 3、5、10、15、30 min 两组 MAP 和 SVRI 均明显升高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);泵药后 15、30 min M 组 SVI 明显升高($P < 0.05$);两组 HR、PVRI 组间组内差异无统计学意义(表 3)。

M 组 CSD 为(0.8 ± 0.8)cm, P 组 CSD 为(0.8 ± 0.5)cm,两组 CSD 差异无统计学意义。与泵药前比较,泵药后 3、5、10、15、30 min 两组 SVTI、DVTI 和 CSBF 均明显升高($P < 0.01$);与 P 组比较,泵药后 10、15、30 min M 组 DVTI 和 CSBF 明显升高($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)(表 4)。

表 1 两组患者一般情况的比较

组别	例数	男/女(例)	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	体表面积(m ²)
M 组	20	13/7	68.3±1.7	168.3±5.4	69.4±6.1	1.79±0.12
P 组	19	14/5	67.5±1.8	169.8±6.3	70.5±9.2	1.80±0.13

表 2 两组患者手术相关情况的比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	主动脉阻断时间 (min)	CPB 时间 (min)	手术时间 (min)	ICU 滞留时间 (h)	搭桥支数 (支)
M 组	20	53.7±6.2	91.4±9.9	224.5±21.2	22.5±8.3	3.0±0.5
P 组	19	66.2±13.1	101.7±15.0	240.3±19.8	23.4±7.9	2.9±0.5

表 3 两组患者不同时点血流动力学指标的比较($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	泵药前	泵药后 3 min	泵药后 5 min	泵药后 10 min	泵药后 15 min	泵药后 30 min
MAP	M 组	20	55.2±6.9	62.9±10.5 ^a	67.6±10.6 ^a	71.6±11.9 ^a	74.9±11.5 ^a	82.6±9.6 ^a
(mmHg)	P 组	19	56.4±6.7	69.9±9.4 ^a	69.6±9.5 ^a	72.9±8.6 ^a	76.0±9.5 ^a	83.4±7.8 ^a
HR	M 组	20	80.9±13.5	78.4±13.4	80.4±11.6	80.1±11.1	79.8±11.8	80.6±9.8
(次/分)	P 组	19	83.9±8.9	84.3±7.2	83.4±5.7	82.1±7.3	83.9±5.3	81.8±8.3
CVP	M 组	20	7.8±1.8	8.3±2.3	8.5±2.2	8.4±2.6	8.5±2.6	8.5±1.8
(mmHg)	P 组	19	7.6±1.3	8.0±1.4	8.0±1.9	8.3±2.3	8.6±1.7	8.6±2.1
SVI	M 组	20	42.0±6.5	44.6±4.5	44.8±6.1	47.4±5.8	48.7±6.2 ^b	48.9±6.8 ^b
(l·beat ⁻¹ ·m ⁻²)	P 组	19	41.7±5.1	42.7±4.7	43.2±4.6	43.8±6.0	44.1±6.6	45.1±6.1
SVRI	M 组	20	986.4±269.7	1 253.3±283.1 ^b	1 426.3±384.8 ^b	1 603.9±521.4 ^a	1 633.0±483.8 ^a	1 798.0±496.4 ^a
(dyn·s·cm ⁻⁵ ·m ⁻²)	P 组	19	1 138.4±184.4	1 310.2±214.7 ^b	1 481.4±375.7 ^a	1 551.8±557.3 ^a	1 703.8±521.7 ^a	1 828.4±492.1 ^a
PVRI	M 组	20	244.6±110.6	263.4±86.5	247.4±69.7	279.3±128.2	269.4±109.2	266.8±89.1
(dyn·s·cm ⁻⁵ ·m ⁻²)	P 组	19	265.6±71.2	266.0±54.1	298.5±82.0	261.5±55.3	275.7±83.3	270.5±74.6

注:与泵药前比较,^a $P < 0.01$,^b $P < 0.05$

表 4 两组患者不同时点冠脉血流的比较[M(IQR)]

指标	组别	例数	泵药前	泵药后 3 min	泵药后 5 min	泵药后 10 min	泵药后 15 min	泵药后 30 min
SVTI	M 组	20	6.7(5.3~8.1)	8.4(7.7~9.1) ^a	10.5(8.6~12.4) ^a	11.5(9.3~13.7) ^a	12.3(10.8~13.8) ^a	13.2(10.6~15.8) ^a
(cm)	P 组	19	7.6(6.9~8.3)	9.0(7.4~10.6) ^a	10.6(9.1~12.1) ^a	11.2(10.1~12.3) ^a	12.4(10.9~13.9) ^a	13.1(11.2~15.0) ^a
DVTI	M 组	20	6.7(6.0~7.4)	8.0(6.8~9.2) ^a	8.8(7.3~10.3) ^{ab}	10.1(8.2~12.0) ^{ab}	10.2(8.0~12.4) ^{ac}	10.2(8.5~11.7) ^{ac}
(cm)	P 组	19	6.7(5.7~7.7)	7.3(6.3~8.3) ^a	7.7(6.9~8.5) ^a	8.4(7.9~8.9) ^a	8.6(8.1~9.1) ^a	8.7(8.1~9.3) ^a
CSBF	M 组	20	3.5(2.9~4.1)	4.4(3.8~5.0) ^a	5.2(4~6.4) ^a	6.3(5.3~7.3) ^{ac}	7.1(5.9~8.3) ^{ac}	7.8(6.5~9.0) ^{ac}
(ml)	P 组	19	3.5(3.1~3.9)	4.0(3.6~4.4) ^a	4.8(4.1~5.5) ^a	5.2(4.5~5.9) ^a	5.3(4.7~5.8) ^a	5.2(1.2) ^a

注:与泵药前比较,^a $P < 0.01$;与 P 组比较,^b $P < 0.05$,^c $P < 0.01$

M 组术后发生心房颤动 2 例,频发室性早搏 1 例;P 组术后发生心动过缓 1 例,频发室性早搏 1 例。两组不良反应发生率差异无统计学意义。

讨 论

CABG 术后 CPB 停机后患者常有不同程度低血压,发生的原因可能为低血容量、血管紧张性降低、心肌收缩力低下等^[6]。严重的低血压会导致重要脏器有效灌注不足,影响器官功能^[7-8]。因此及时纠正 CPB 后低血压对于患者围术期管理尤为重要。结合前期预实验结果,本研究应用前述药液的配制方法,将血压维持在目标范围所需的药物体积近似,可实

现双盲。故本研究采用甲氧明 $3 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 与去氧肾上腺素 $0.24 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 为起始速度,随后按血压维持情况调整泵药速度。本研究结果表明,两组患者经容量治疗后 CVP 达到基础水平,说明此时患者低血压状态主要与外周血管张力不足有关。此时提升血压的治疗应以增加外周阻力维持灌注压为主。若滥用正性肌力药物,通过增强心肌收缩力来提升血压,会造成心肌兴奋性增高,心肌耗氧量增加,诱发心肌缺血,增加心律失常发生率^[9-10]。甲氧明和去氧肾上腺素均为 α_1 受体激动药,收缩外周血管,迅速升高血压,可以有效纠正与血管紧张性降低有关的 CPB 停机后低血

压状态,维持循环稳定。

本研究结果显示,静脉泵注甲氧明或去氧肾上腺素后,患者 MAP、SVRI 明显上升,SVI 并没有因为外周阻力的增加而下降,也呈上升趋势,原因可能是:(1)血压上升,冠脉灌注压升高,心肌氧供更多。我们也通过 TEE 观察到泵药后两组冠脉血流量明显上升。(2)有大量的动物及临床实验证明,激动心肌 α_1 受体有重要的心脏保护作用,包括:适应性肥大、正性收缩力、缺血预处理、促进蛋白合成、增加细胞糖代谢、防止心肌凋亡等^[11]。 α_1 受体激动剂可能通过其心肌保护作用增加了泵血功能。由此可见,CPB 停机后主要由外周阻力降低导致的低血压,使用 α_1 受体激动药升高血压,SVI 并不会因为后负荷的增加而下降,反而可能因为心肌灌注提高、心脏功能改善而上升。

α_1 受体分为 α_{1A} 、 α_{1B} 、 α_{1D} 三种亚型。甲氧明和去氧肾上腺素与 α_1 受体亚型的亲和力不同。甲氧明主要作用于心肌细胞上的 α_{1A} 、 α_{1B} 受体发挥心脏保护作用。去氧肾上腺素不仅作用于心肌细胞上的 α_{1A} 、 α_{1B} 受体,亦作用于冠脉上的 α_{1D} 受体^[3]。对于正常冠脉,儿茶酚胺作用于 α_{1D} 受体,仅产生细微的收缩作用,但是当冠脉内皮受损时,刺激 α_{1D} 受体可以明显收缩冠脉^[4]。故本研究结合 TEE 观察不同的 α_1 受体激动药是否会对冠脉血流产生不同的影响。相比于冠状动脉,冠脉窦较粗大、位置固定,易于 TEE 下准确测定;且通过冠脉窦回右心房的血流包括室间隔、左心室、双侧心房和部分右心室的静脉血流^[12],CSBF 基本可以反映整个冠状动脉循环的血流量^[13]。经 TEE 测量的冠脉窦血流由三个部分组成:SVTI、DVTI 为心室收缩期、舒张期产生的前向血流;AVTI 为心房收缩产生的微小反向血流,且成像欠稳定,因此计算时常将其忽略^[5]。本研究中 CSD 均于心动周期同一时间点(收缩中期)进行测量^[5]。结果表明,使用 α_1 受体激动药后,随着血压升高冠脉血流量也增加,但不同的 α_1 受体激动药会对冠脉血流产生不同影响。去氧肾上腺素可能因为作用于冠脉 α_{1D} 受体,一定程度上限制了冠脉血流的增加,而甲氧明的冠脉收缩作用较弱,对冠脉血流的负面影响可能较小,有利于维持心肌灌注。

综上所述,静脉泵注甲氧明和去氧肾上腺素均可以纠正老年冠状动脉搭桥患者心肺转流后低血

压状态,但甲氧明增加冠脉血流量更明显,可能对冠心病患者更有利。

参 考 文 献

- [1] 杨亚琴,李淑霞. 盐酸甲氧明及多巴胺对老年患者全麻诱导期间血流动力学及心脏泵功能影响的对比研究. 河南医学研究, 2017, 26(1): 100-101.
- [2] Thiele RH, Nemergut EC, Lynch C. The physiologic implications of isolated alpha(1) adrenergic stimulation. *Anesth Analg*, 2011, 113(2): 284-296.
- [3] Heusch G. The paradox of α -adrenergic coronary vasoconstriction revisited. *J Mol Cell Cardiol*, 2011, 51(1): 16-23.
- [4] Methven L, Simpson PC, McGrath JC. Alpha1A/B-knockout mice explain the native alpha1D-adrenoceptor's role in vasoconstriction and show that its location is independent of the other alpha1-subtypes. *Br J Pharmacol*, 2009, 158(7): 1663-1675.
- [5] 钟治球,史宏伟,葛亚力,等. 经食管超声心动图监测冠状动脉旁路移植术前后冠状静脉窦血流动力学变化. 临床麻醉学杂志, 2014, 30(3): 248-250.
- [6] 张冬生,张转,史宏伟,等. 垂体后叶素对心肺转流后严重低血压患者血流动力学的影响. 临床麻醉学杂志, 2011, 27(5): 458-460.
- [7] Rettig TCD, Peelen LM, Geuzebroek GSC, et al. Impact of intraoperative hypotension during cardiopulmonary bypass on acute kidney injury after coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2017, 31(2): 522-528.
- [8] van Waes JA, van Klei WA, Wijeyesundera DN, et al. Association between intraoperative hypotension and myocardial injury after vascular surgery. *Anesthesiology*, 2016, 124(1): 35-44.
- [9] Nielsen DV, Algotsson L. Outcome of inotropic therapy: is less always more? *Curr Opin Anaesthesiol*, 2015, 28(2): 159-164.
- [10] Nielsen DV, Hansen MK, Johnsen SP, et al. Health outcomes with and without use of inotropic therapy in cardiac surgery: results of a propensity score-matched analysis. *Anesthesiology*, 2014, 120(5): 1098-1108.
- [11] Jensen BC, O'Connell TD, Simpson PC. Alpha-1-adrenergic receptors in heart failure: the adaptive arm of the cardiac response to chronic catecholamine stimulation. *J Cardiovasc Pharmacol*, 2014, 63(4): 291-301.
- [12] Ng DW, Vlachonasios K, Nimalasuriya AR, et al. Usefulness of transthoracic echocardiography in demonstrating coronary blood flow after coronary artery bypass grafting. *Am J Cardiol*, 2004, 93(7): 923-925.
- [14] D'Cruz IA, Shala MB, John C. Echocardiography of the coronary sinus in adults. *Clin Cardiol*, 2000, 23(3): 149-154.

(收稿日期:2017-12-26)